

MARIA GABRIELA VERNAZA LEORO

**Macarrão instantâneo funcional obtido pelos processos
de fritura convencional e a vácuo**

CAMPINAS

2011



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Tecnologia de Alimentos



Macarrão instantâneo funcional obtido pelos processos de fritura convencional e a vácuo

Maria Gabriela Vernaza Leoro

Engenheira de Alimentos

Mestre em Tecnologia de Alimentos

Prof. Dr. Yoon Kil Chang

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas, para a obtenção
do título de Doutor em Tecnologia de
Alimentos

Campinas - SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

V594d Vernaza Leoro, Maria Gabriela.
Desenvolvimento de macarrão instantâneo funcional por processos de fritura convencional e a vácuo / Maria Gabriela Vernaza Leoro. -- Campinas, SP: [s.n], 2011.

Orientador: Yoon Kil Chang
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Macarrão instantâneo. 2. Amido resistente. 3. Isolado proteico de soja. 4. Fritura. 5. Fritura a vácuo. I. Chang, Yoon Kil. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

cars/bibfea

Título em inglês: Development of functional instant noodles using atmospheric and vacuum frying

Palavras-chave em inglês (Keywords): Instant noodles, Resistant starch, Soy protein isolate, Frying, Vacuum frying

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Yoon Kil Chang

Jaime Amaya Farfán

Caroline Joy Steel

Elizabeth Harumi Nabeshima

Maria Teresa Pedrosa da Silva

Data da defesa: 25/02/2011

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

**Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida em ___/___/___
por Maria Gabriela Vernaza Leoro aprovado pela Comissão Julgadora em
___/___/___.**

Prof. Dr. Yoon Kil Chang
(Orientador)

Prof^a. Dra. Caroline Joy Steel
(Membro)

Dra. Elizabeth Harumi Nabeshima
(Membro)

Prof. Dr. Jaime Amaya Farfán
(Membro)

Prof^a. Dra. Maria Teresa Pedrosa da Silva
(Membro)

Prof^a. Dra. Célia Maria Landi Franco
(Membro)

Prof. Dr. Ahmed Atia Mahmoud El-Dash
(Membro)

Prof. Dr. Marcelo Cristianini
(Membro)

DEDICATORIA

Dedico este trabalho especialmente a Mateo, aos meus pais, Medardo e Sonia, aos meus irmãos, Steve e Roberto, e à minha avó, Lolita.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por mais esta conquista.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Yoon Kil Chang pela orientação, amizade e dedicação dada a mim durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões e correções que contribuíram para a finalização desta tese.

Aos meus pais, irmãos e avôs, pelo amor incondicional, apoio e pelo exemplo de vida.

A Mateo, pela compreensão, paciência e carinho em todos estes anos.

Aos fornecedores das matérias-primas utilizadas: Empresa Bunge, pela doação da farinha de trigo; Empresa National Starch e Tate and Lyle, pelas doações dos amidos resistentes; Empresa Solae, pela doação do isolado protéico de soja, Empresa Agropalma, pela doação da gordura de palma e Empresa Master Sense, pela doação da goma guar.

À CAPES, pela bolsa de estudos PEC-PG concedida.

À FAPESP, pelo auxílio à pesquisa, processo no. 2008/02474-1.

À FEA, DTA e UNICAMP pelo suporte institucional.

À Alessandra, técnica do Laboratório de Cereais, pela atenção, ajuda nos momentos de dúvida e pela amizade.

Ao Cosme, pela eficiência e dedicação.

Aos Funcionários da Padaria e do Departamento de Tecnologia de Alimentos, sempre prestativos e dispostos a ajudar.

Aos colegas do laboratório, Eliza, Marcio, Leandra, Eveline, André, Patrícia, Simone, Noelia e Alessandra, pelo companheirismo e agradável convivência.

Aos estagiários, Juliana Atilio, Juliana Alves e Thiago Araújo, pela ajuda durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação do DTA e do DEA, e a todas as pessoas que de formas diversas me apoiaram e contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Success is the ability to go
from one failure to another
with no loss of enthusiasm

Sir Winston Churchill

(1864-1965)

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL	xiii
RESUMO	xix
ABSTRACT	xxiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1: Revisão bibliográfica	5
1. ALIMENTOS FUNCIONAIS	5
1.1. Amido resistente	6
1.1.1. Classificação do amido resistente	7
1.1.2. Propriedades tecnológicas do amido resistente.....	8
1.2. A soja	9
1.2.1. Produção, consumo e mercado da soja	10
1.2.2. Composição química da soja	10
1.2.3. Compostos bioativos da soja.....	11
1.2.4. Derivados da soja.....	13
2. MASSAS ALIMENTÍCIAS.....	13
2.1. <i>Noodles</i>.....	14
2.2. <i>Noodles</i> instantâneos (<i>Macarrão instantâneo</i>)	14
2.3. Matérias-primas utilizadas na formulação do macarrão instantâneo.....	15
2.3.1. Farinha de trigo	15
2.3.2. Água	16
2.3.3. Sal.....	16
2.3.4. Goma Guar.....	17
3. PROCESSO DE FRITURA	18
3.1. Fritura convencional	18
3.2. Fritura a vácuo.....	20
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPITULO 2: Estudo da adição de goma guar e sal na produção de macarrão instantâneo.....	29
Resumo.....	29

1. INTRODUÇÃO	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1. Material	31
2.2. Métodos	32
2.2.1. Caracterização da matéria-prima	32
2.2.1.1. Composição centesimal.....	32
2.2.1.2. Fibra alimentar total	32
2.2.1.3. Cor.....	32
2.2.2. Propriedades físicas e reológicas da farinha de trigo	33
2.2.2.1. Granulometria.....	33
2.2.2.2. Calorimetria diferencial de varredura (DSC).....	33
2.2.2.3. Farinografia.....	34
2.2.2.4. Alveografia.....	34
2.2.2.5. Viscosidade de pasta	34
2.2.2.6. <i>Falling number</i>.....	35
2.2.2.7. Teores e índice de glúten.....	35
2.2.3. Processamento para obtenção do macarrão instantâneo.....	35
2.2.3.1. Planejamento experimental	36
2.2.3.2. Adição de água na produção de macarrão instantâneo	37
2.2.3.3. Metodologias utilizadas na caracterização do macarrão instantâneo.....	37
2.2.4. Forma de análise dos resultados	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.1. Caracterização da matéria-prima	38
3.1.1. Composição centesimal.....	38
3.1.2. Cor.....	39
3.2. Propriedades físicas e reológicas da farinha de trigo	40
3.2.1. Granulometria.....	40
3.2.2. Calorimetria diferencial de varredura (DSC).....	41
3.2.3. Farinografia	42
3.2.4. Alveografia.....	43
3.2.5. Propriedades viscoamilográficas.....	44
3.2.6. <i>Falling number</i> (Número de queda)	45
3.2.7. Teores e índice de glúten.....	45

3.3. Delineamento experimental	46
3.3.1. Absorção de água	46
3.3.2. Água adicionada à formulação	49
3.3.3. Teor de umidade do produto final	50
3.3.4. Absorção de gordura do produto final	51
3.3.5. Firmeza	53
4. CONCLUSÕES	56
5. AGRADECIMENTOS	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

CAPÍTULO 3: Adição de 3 fontes diferentes de amido resistente em macarrão instantâneo: propriedades reológicas e tecnológicas

Resumo	61
1. INTRODUÇÃO	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	65
2.1. Material	65
2.2. Métodos	65
2.2.1. Composição centesimal das matérias-primas	65
2.2.2. Propriedades físicas e físico-químicas	65
2.2.3. Propriedades reológicas	67
2.3. Processamento para obtenção do macarrão instantâneo	67
2.3.1. Metodologias utilizadas na caracterização do macarrão instantâneo	68
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.1. Composição centesimal	69
3.2. Teor de amido resistente	71
3.3. Cor	72
3.4. Microscopia de luz polarizada	74
3.5. Propriedades viscoamilográficas	75
3.6. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)	81
3.7. Propriedades reológicas	83
3.7.1. Farinografia	83
3.7.2. Extensografia	86
3.8. Macarrão instantâneo	90

3.8.1. Perda de umidade e absorção de gordura na produção de macarrão instantâneo.....	90
3.8.2. Perda do amido resistente na produção de macarrão instantâneo	97
3.8.3. Cor.....	100
3.8.4. Textura	102
4. CONCLUSÕES	104
5. AGRADECIMENTOS	104
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

CAPÍTULO 4: Estudo da adição de amido resistente AR3 e de isolado protéico de soja na produção de macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional e fritura a vácuo

Resumo.....	111
1. INTRODUÇÃO	112
2. MATERIAL E MÉTODOS	116
2.1. Materiais.....	116
2.2. Métodos	116
2.2.1. Caracterização das matérias-primas	116
2.2.1.1. Composição centesimal.....	116
2.2.1.2. Cor.....	117
2.2.1.3. Teor de amido resistente (AR).....	117
2.2.1.4. Propriedades térmicas (DSC)	117
2.2.1.5. Determinação de isoflavonas	118
2.2.1.6. Determinação de aminoácidos totais.....	118
2.2.1.7 Caracterização da gordura de palma	119
2.2.2. Obtenção do macarrão instantâneo.....	119
2.2.2.1. Absorção e adição de água na produção de macarrão instantâneo	120
2.2.2.2. Produção dos macarrões.....	121
2.2.2.3. Caracterização do macarrão instantâneo	122
2.2.3. Escolha do ponto ótimo.....	122
2.2.3.1. Caracterização do ponto ótimo	122
2.2.3.2. Caracterização da gordura de palma após os processos de fritura	123
2.2.4. Forma de análise dos resultados	123

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	123
3.1. Caracterização da matéria-prima	123
3.1.1. Composição centesimal.....	123
3.1.2. Cor.....	125
3.1.3. Teor de Amido Resistente	126
3.1.4. Propriedades térmicas (DSC)	127
3.1.5. Teor de isoflavonas.....	128
3.1.6. Perfil de aminoácidos totais	130
3.1.7. Caracterização da gordura de palma	131
3.2. Caracterização dos macarrões instantâneos	132
3.2.1. Absorção de água	135
3.2.2. Água adicionada à formulação.....	137
3.2.3. Tempo de cozimento.....	139
3.2.4. Teor de umidade.....	141
3.2.5. Absorção de gordura	143
3.2.5.1. Absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido por processo de fritura convencional.....	143
3.2.5.2. Absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido por processo de fritura a vácuo	145
3.2.6. Teor final de amido resistente.....	150
3.2.6.1. Teor final de amido resistente após o processo de fritura convencional	150
3.2.6.2. Teor de amido resistente final após o processo de fritura a vácuo.....	151
3.2.7. Firmeza.....	154
3.2.7.1. Firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional	154
3.2.7.2. Firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo.....	155
3.3. Caracterização dos pontos ótimos	157
3.3.1. Composição centesimal dos pontos ótimos	158
3.3.2. Propriedades térmicas (DSC) dos pontos ótimos.....	159
3.3.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	160
3.3.4. Teor de isoflavonas nos pontos ótimos	163
3.3.5. Perfil de aminoácidos totais dos pontos ótimos.....	164
3.3.6. Caracterização da gordura de palma após os processos de fritura.....	166

3.3.7. Validação dos modelos matemáticos nos níveis escolhidos para os pontos ótimos dos dois processos de fritura	166
4. CONCLUSÕES	169
5. AGRADECIMENTOS	170
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	170
CONCLUSOES GERAIS	177
ANEXO A.....	179
ANEXO B.....	183

RESUMO

A demanda por produtos com melhor qualidade nutricional e funcional tem aumentado nos últimos anos. O mercado de alimentos funcionais está aumentando no Brasil apresentando um crescimento superior a 50 % desde 2002. A soja e seus derivados apresentam grande potencial no mercado de alimentos funcionais, especialmente devido à presença das isoflavonas e ao alto teor protéico. Por outro lado, o amido resistente, considerado como um componente da fibra alimentar, não é digerido pelas enzimas presentes no sistema digestório dos seres humanos, mas pode ser fermentado pelas bactérias presentes no cólon, produzindo ácidos graxos de cadeia curta, trazendo benefícios à saúde das pessoas.

O mercado mundial de macarrão instantâneo vem crescendo a taxas relativamente altas, maior do que o índice apresentado por sua própria categoria (massas alimentícias). O macarrão instantâneo, por ser um produto frito, contém uma alta porcentagem de óleo. Atualmente existe uma grande preocupação relacionada à saúde e ao consumo de alimentos com alto teor de gordura. Por isso, existe a necessidade de desenvolver produtos com melhor valor nutricional e a importância na utilização de novas tecnologias. A fritura a vácuo é uma forma alternativa de cozimento, a qual aumenta a qualidade dos alimentos desidratados.

O objetivo geral deste trabalho visou o desenvolvimento de macarrão instantâneo funcional pela adição de amido resistente e isolado protéico de soja obtidos pelos processos de fritura convencional e a vácuo.

Para alcançar o objetivo geral, o trabalho foi realizado em 3 etapas: i) Estudo da adição de sal (0-3 %) e de goma guar (0-1,5 %) na produção de macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional, otimizando-se a formulação através da Metodologia de Superfície de Resposta, para obter um produto com características tecnológicas adequadas (baixo teor de gordura e boa firmeza); ii) Estudo da adição de 10 % de três amidos resistentes comerciais diferentes (*Hi Maize* 260, Promitor e farinha de banana verde) para estudar as propriedades reológicas e escolher a melhor formulação para obtenção de macarrão instantâneo funcional obtido pelos processos de fritura convencional e a vácuo, visando-se a obtenção de um produto com baixo teor de gordura, boa textura e alto teor final de amido resistente, e por último; iii) Estudo da adição de amido resistente tipo 3 (AR3) (0-16 %) e de isolado protéico de soja (0-16 %) na produção

de macarrão instantâneo obtido pelos processos de fritura convencional e a vácuo, visando-se a otimização da formulação através da Metodologia de Superfície de Resposta, com intuito de obter um produto com melhores características tecnológicas (baixo teor de gordura e boa firmeza), funcionais e nutricionais (alto teor de fibra e de proteína).

Na primeira etapa, os resultados mostraram que a adição de goma guar e sal à formulação de macarrão instantâneo alteraram as propriedades da massa e a qualidade do produto final. Os maiores valores de absorção de gordura e os menores valores de firmeza foram obtidos quando utilizados valores médios das duas variáveis, enquanto que os menores valores foram alcançados ao utilizar os níveis extremos, ou seja, altos níveis de uma variável e baixos da outra, ou vice versa.

Analisando os resultados obtidos no delineamento central composto rotacional (DCCR) foi possível escolher uma formulação adequada para dar continuidade ao estudo. Portanto, foi escolhido como ponto ótimo uma formulação com 0,22 % de goma guar e 2 % de sal para obter macarrões instantâneos de boa qualidade, com um teor de gordura moderadamente mais baixo e uma firmeza intermediária.

Na segunda etapa, as misturas de farinha de trigo com 10 % de *Hi Maize* (HM10) (AR2) e Promitor (Prom10) (AR3) não afetaram significativamente as propriedades reológicas da massa, quando comparados com a mistura com 10 % de farinha de banana verde (Ban10) que alterou significativamente a estabilidade da massa e o índice de tolerância à mistura.

Os macarrões instantâneos Prom10 apresentaram as melhores propriedades tecnológicas, sendo que foram obtidos os menores valores de absorção de gordura e os maiores valores de firmeza, quando comparados com os macarrões instantâneos HM10 e Ban10. De uma forma geral, as amostras obtidas pelo processo de fritura a vácuo apresentaram menor teor de gordura, quando comparados aos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional. Concluindo, foi possível obter macarrões instantâneos funcionais com as três formulações diferentes estudadas, pois as amostras apresentaram um teor de amido resistente maior que 3 %, podendo ser declarados como fonte de fibra pela legislação brasileira.

Na terceira etapa, as superfícies de resposta mostraram que a adição de amido resistente AR3 e de isolado protéico de soja diminuiu a absorção de gordura quando utilizados os dois processos de fritura (convencional e vácuo). No entanto, os macarrões

instantâneos obtidos pelo processo de fritura convencional apresentaram teores de gordura maiores (18,28 - 25,09 %) do que os obtidos pelo processo de fritura a vácuo (18,08 e 22,26 %). Em ambos os processos foi possível obter macarrões instantâneos com um teor de amido resistente significativo (acima de 3 % para todos os ensaios).

Na análise de textura, os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional apresentaram uma firmeza maior do que os obtidos pelo processo de fritura a vácuo. As superfícies de resposta mostraram que a adição de amido resistente e de isolado protéico de soja afetaram a firmeza dos macarrões devido à diluição das proteínas do glúten, apresentando macarrões menos firmes.

Finalmente, independente do processo de fritura utilizado, ao adicionar 12 % de AR3 e 8 % de IPS foi possível desenvolver um produto funcional com alto teor de fibras, alto teor de proteínas, presença de isoflavonas e com um perfil de aminoácidos melhorado.

Palavras-chave: 1. Macarrão instantâneo. 2. Amido resistente. 3. Isolado protéico de soja. 4. Fritura convencional. 5. Fritura a vácuo.

ABSTRACT

A higher demand for products with better quality has increased the use of new ingredients and new technologies. Therefore, nowadays, there is a greater demand for functional foods. The functional food market is growing in Brazil, showing a 50 % increase since 2002. Soybean and its derivatives present good potential in the functional food market, especially due to the presence of isoflavones and the quality of its protein and polypeptides. On the other hand, resistant starch, considered as a food fiber component, is poorly digested by the enzymes present in the human digestive system, but can be fermented by bacteria present in the colon, producing short chain fatty acids that provide health benefits to the consumer.

The world instant noodle market has been growing at relatively high rates, higher than the rate presented by the category as a whole. Since they are fried products, instant noodles contain high levels of residual oil. Currently, there is a considerable concern about health with respect to the consumption of high fat foods. Therefore, there is a need to develop products with enhanced nutritional value and the use of new technologies. The vacuum frying process is an alternative way of cooking, which increases the quality of dehydrated foods when compared to the conventional deep-frying process.

The objective of the present work was to develop instant noodles with functional properties, using both conventional and vacuum frying processes to reduce oil absorption and hence caloric content, by the partial substitution of wheat flour with soy protein isolate and resistant starch.

To achieve the overall objective, the work was divided into three stages: i) Study of the addition of salt (0-3 %) and guar gum (0-1.5 %) in the production of instant noodles optimizing the formulation by Response Surface Methodology to obtain a product with appropriate technological characteristics (low in fat and good texture); ii) Study of the addition of 10 % of three different commercial resistant starches, such as *Hi Maize* (HM) (RS2), Promitor (Prom) (RS3) and green banana flour (GBF) to analyze the rheological properties to produce the best formulation of functional instant noodles obtained by both conventional and vacuum frying, in order to obtain a product with adequate technological properties (low in fat, good texture and high content of resistant starch), and finally, iii) Study of the addition of type 3 resistant starch (RS3) (0-16 %) and soy protein isolate (0-16 %) in the production of instant noodles obtained by conventional and vacuum frying, in

order to optimize the formulation by Response Surface Methodology with the objective of obtaining a product with adequate technological properties (low fat and good texture) and high nutritional value (high fiber and protein).

In the first stage, the results showed that the addition of guar gum and salt to instant noodles formulation changed the properties of the dough and the final product quality. The highest values of fat absorption and the lowest values of firmness were obtained when intermediate levels of the two variables were used, whereas the lowest values were achieved when using the extreme levels, i.e. high levels of one variable and low of the another, or vice versa.

Analyzing the results obtained from the central composite rotational design (CCRD) it was possible to choose a suitable formulation to continue the next stages. Therefore, the instant noodles considered optimum in this stage contained 0.22 % guar gum and 2 % salt, resulting in a product of good quality, with significant lower fat content and intermediate firmness.

In the second stage, mixtures of wheat flour with 10 % Hi Miaze 260 (HM10) (RS2) and Promitor (Prom10) (RS3) did not significantly affect dough's rheological properties when compared to the mixture with 10 % green banana flour (Ban10), that changed drastically the dough stability and the mixing tolerance index. Prom10 noodles presented the best technological properties, obtaining the lowest values of fat absorption and the highest values of firmness. In general, samples obtained by the vacuum frying process had lower fat content, compared to the samples obtained by the conventional frying process. Using the three different formulations, it was possible to obtain functional instant noodles because all samples presented a resistant starch content higher than 3 %, being possible to be claimed as source of fiber according to the Brazilian Legislation.

In the third stage, the response surfaces showed that the addition of both resistant starch and soy protein isolate decreased fat absorption when using both frying processes (conventional and vacuum). However, instant noodles obtained by the conventional frying process presented higher levels of fat than those obtained by vacuum frying. In both cases there was a decrease in resistant starch content. In the texture analysis, noodles obtained by the conventional frying process presented higher firmness values than those obtained with the vacuum frying process. The response surfaces showed that resistant starch and soy protein isolate addition affected the firmness of noodles because of the dilution of gluten proteins, showing noodles with lower firmness.

In conclusion, regardless of the frying process used in this study, when added 12 % of RS3 and 8 % of soy protein isolate, it was possible to develop a functional product with high fiber content (close to 8 %), high protein content (close to 11 %), isoflavones and with an improved amino acid profile.

Key-words: 1. Instant noodles. 2. Resistant starch. 3. Soy protein isolate. 4. Deep-frying. 5. Vacuum frying

INTRODUÇÃO GERAL

Cada vez está mais claro que existe uma forte ligação entre dieta e saúde. O aumento dos conhecimentos científicos sobre o papel benéfico de vários ingredientes ou nutrientes para a prevenção e tratamentos de doenças específicas resultam no desenvolvimento de produtos alimentícios chamados funcionais. Os alimentos funcionais são aqueles que desempenham alguma função de promover benefício à saúde, além das funções nutricionais conhecidas. Possuem substâncias que atuam no organismo, modulando funções bioquímicas e fisiológicas, e ajudam na prevenção de certas doenças e na manutenção da saúde (SGARBIERI e PACHECO, 1999).

O amido resistente (AR) possui uma fração que não fornece glicose ao organismo, que varia de acordo com o tipo, que resiste à digestão enzimática no intestino delgado, mas que é fermentado no colón pela microflora bacteriana para produzir gases e ácidos graxos de cadeia curta, principalmente. Devido a esta característica, o amido resistente pode ser considerado como um componente da fibra alimentar (CHAMP e FAISANT, 1996). O consumo de amido resistente tem um papel importante na prevenção de alguns males como a hiperlipidemia, constipação, diabetes, obesidade e doenças cardiovasculares e câncer (JENKINS et al, 1988, YUE e WANG, 1998, SAJILATA et al., 2006; FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010).

Têm sido identificados quatro tipos de amido resistente (AR): o AR1 representa os grânulos fisicamente inacessíveis encapsulados na matriz do alimento; o AR2 representa grânulos nativos, que são altamente resistentes à digestão; o AR3 é formado após a retrogradação do amido formando uma estrutura resistente à digestão enzimática (ENGLYST et al., 1992; GRAY, 2006).; e o AR4 é o amido modificado quimicamente (GRAY, 2006). Em comparação com as fibras tradicionais, o amido resistente apresenta várias vantagens nas propriedades tecnológicas, pois modifica menos as características tecnológicas e sensoriais dos produtos (SANZ et al., 2008, BAIXAULI et al., 2008).

A soja atualmente tem sido muito utilizada como alimento funcional, pois tem efeitos positivos na prevenção e tratamento de várias doenças. Atualmente o Brasil ocupa o segundo lugar em produção de soja, produzindo aproximadamente 25 % do total de soja produzida no mundo (PEREIRA e OLIVEIRIA, 2004).

A soja apresenta na sua composição compostos bioativos, como a lunasina e isoflavonas, cujas propriedades funcionais têm sido largamente estudadas em relação à

atividade estrogênica, antiestrogênica, anticarcinogênica e hipocolesterolemizante (MURPHY, 1982, POTTER, 1998, ANTHONY, 1996).

O mercado mundial de macarrão instantâneo está ainda em crescimento. No Brasil, esse segmento vem crescendo a taxas de 5 % ao ano. O aumento na produção e no consumo de macarrão instantâneo deve-se ao fato de ser um produto barato, além de ser de fácil e rápido preparo (HOU, 2001).

Por tanto, deve-se dar atenção ao consumo de macarrão instantâneo que é um produto frito e com alto teor de óleo. Atualmente, existe uma grande preocupação relacionada à saúde em relação ao consumo de alimentos com alto teor de gordura.

A fritura é um dos processos mais comuns e populares utilizados na indústria de alimentos, que consiste em imergir e cozinhar alimentos em óleo quente, proporcionando características sensoriais únicas. Além de diminuir o teor de água no alimento (<10 %), a fritura promove a destruição térmica de microorganismos e a inativação de enzimas (REYNES e AYMARD, 1997). No entanto, os produtos fritos são expostos a mudanças físicas e químicas que podem produzir a degradação de compostos, que afetarão a qualidade funcional, sensorial e nutricional (GUPTA et al., 2004).

A fritura a vácuo é uma forma alternativa de cozimento, que aumenta a qualidade dos alimentos desidratados. Os produtos são aquecidos sob vácuo, o que provoca a diminuição do ponto de ebulição da água presente no produto. Além disso, a ausência de ar durante a fritura inibe algumas reações, como a oxidação lipídica e o escurecimento não enzimático, preservando a cor e os nutrientes presentes nos alimentos fritos (FAN et al., 2005).

O objetivo geral deste trabalho visou o desenvolvimento de macarrão instantâneo funcional pela adição de amido resistente com isolado protéico de soja obtido pelos processos de fritura convencional e a vácuo.

Para alcançar o objetivo geral, dividiu-se o trabalho nas seguintes etapas e objetivos específicos:

Na primeira etapa, o objetivo foi otimizar por Metodologia de Superfície de Resposta a formulação de macarrão instantâneo adicionando sal e goma guar, para obter um produto com características tecnológicas adequadas (baixo teor de gordura e boa firmeza).

Na segunda etapa, o objetivo foi estudar a mistura de farinha de trigo com três amidos resistentes comerciais diferentes: *Hi Maize 260* (AR2, amido resistente isolado industrialmente), Promitor (AR3) e farinha de banana verde (AR2, amido resistente presente na forma natural) nas propriedades físicas, físico-químicas e reológicas. Também objetivou-se o estudo da produção de macarrões instantâneos funcionais com adição de 10 % dos três tipos diferentes de amido resistente, obtidos pelo processos de fritura convencional (a pressão atmosférica) e a vácuo, quanto à absorção de gordura, firmeza, cor instrumental e teor de amido resistente.

Na última etapa, o objetivo principal foi desenvolver um macarrão instantâneo com propriedades funcionais e nutricionais visando-se a redução calórica, tanto proveniente do óleo como dos carboidratos utilizando os processos de fritura convencional e a vácuo. Para atingir esse objetivo foi estudada a adição do amido resistente AR3 e de isolado protéico de soja visando a otimização da formulação através da Metodologia de Superfície de Resposta, com o intuito de obter um produto com melhores características tecnológicas (baixo teor de gordura e boa firmeza) e nutricionais (alto teor de fibra e de proteína).

CAPÍTULO 1: Revisão bibliográfica

1. ALIMENTOS FUNCIONAIS

A demanda por produtos com melhor qualidade nutricional e funcional tem aumentado nos últimos anos. Vários fatores têm influenciado nesta mudança, incluindo a preocupação com a saúde (colesterol, câncer, obesidade, etc.) assim como as mudanças nas características demográficas (como idade, falta de tempo, etc.), por isso, atualmente, uma consideração importante é outorgada aos alimentos funcionais (FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010).

O termo “alimentos funcionais” foi inicialmente proposto no Japão, em meados de 1980, principalmente em função de uma população sempre crescente de idosos e da preocupação, tanto da população em geral como do governo, com a prevenção das doenças crônicas e degenerativas (SGARBIERI e PACHECO, 1999). A categoria desses alimentos foi regulamentada, recebendo a denominação de *Foods for Specified Health Use* (FOSHU). Nos Estados Unidos, esses alimentos são regulamentados e definidos pela *Food and Drug Administration* (FDA) e, no Brasil, pela ANVISA, com as Resoluções nº 18 e 19/1999, RDC nº 02/02 e Informe Técnico nº 09/2004 (ANVISA, 2008).

Uma definição abrangente de alimento funcional seria qualquer alimento natural ou preparado pelo homem, que contenha uma ou mais substâncias, classificadas como nutrientes ou não-nutrientes, capazes de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos à saúde, retardando, inclusive, processos patológicos que conduzem a doenças crônicas e/ou degenerativas, melhorando a qualidade e a expectativa de vida das pessoas. São efeitos que vão além da função simplesmente nutricional há muito tempo conhecida, que é a de fornecer energia e nutrientes essenciais em quantidades equilibradas, sendo que as substâncias funcionais devem estar presentes nos alimentos em concentrações adequadas (SGARBIERI e PACHECO, 1999). Assim, a portaria nº 398 de 30/04/99, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde no Brasil fornece a definição legal de alimento funcional: "todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos á saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica." (ANVISA 1999).

Dentre os componentes dos alimentos com funcionalidade fisiológica pode-se citar, entre os nutrientes: os polissacarídeos, como a fibra (amido resistente); ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-3, como o EPA (ácido eicosapentaenóico) e o DHA (ácido docosahexaenóico); algumas vitaminas; minerais essenciais; proteínas e peptídeos, e, entre os não-nutrientes: os oligossacarídeos; os flavonóides, como as isoflavonas da soja; os carotenóides, como o licopeno do tomate; os fitosteróis; as bactérias lácticas; compostos organosulfurados; compostos fenólicos; limonóides e substâncias indólicas (SGARBIERI e PACHECO, 1999; LAJOLO, 2001).

1.1. Amido resistente

O amido resistente (AR) é a fração de amido que não fornece glicose ao organismo, aquele que resiste à digestão enzimática no intestino delgado, mas que é fermentado no cólon pela microflora bacteriana para produzir gases e ácidos graxos de cadeia curta, principalmente. Devido a esta característica, considera-se que os efeitos do amido resistente sejam, em alguns casos, comparáveis aos da fibra alimentar e, por este motivo, normalmente é considerado como um componente desta (CHAMP e FAISANT, 1996).

Após alcançarem o intestino grosso, as frações de amido resistente são fermentadas pela microbiota do cólon, produzindo ácidos graxos de cadeia curta. A redução do pH do cólon causada pela produção de ácidos impede o crescimento de bactérias patogênicas, representando um importante papel na proteção contra o câncer de cólon, além de favorecer a absorção de minerais e inibir a absorção de compostos potencialmente tóxicos ou carcinogênicos (SAJILATA et al., 2006). Outros benefícios do amido resistente estão relacionados com a reduções nos níveis do colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) e de triglicerídios na hiperlipidemia (JENKINS et al., 1988). Adicionalmente, o amido resistente contribui para o aumento do volume fecal, modificação da microflora do cólon, pois atua como prebiótico, e redução do risco de câncer de cólon (YUE e WANG, 1998). A digestão lenta do amido resistente ajuda no controle de liberação de glicose, especialmente em pessoas diabéticas. O período de digestão acima de 5 a 7 h reduz a glicemia e insulinemia pósprandial, além de aumentar o período de sensação de saciedade (SAJILATA et al., 2006; FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010).

1.1.1. Classificação do amido resistente

Vários tipos de amido resistente têm sido identificados. De acordo com Englyst et al. (1992), o amido resistente pode ser classificado dependendo da natureza do amido e do tipo de alimento. Desta forma, o amido resistente pode ser classificado em quatro tipos: AR1, AR2, AR3 e AR4. O amido resistente tipo 1 (AR1) representa os grânulos fisicamente inacessíveis encapsulados na matriz do alimento, presentes em sementes e leguminosas parcialmente triturados. As leguminosas constituem uma das principais fontes de AR1 por conterem uma espessa parede celular que torna o amido inacessível às enzimas. O cozimento e processamento dos alimentos podem desintegrar a parede celular, o que pode tornar o amido mais disponível para a digestão (GRAY, 2006; FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010).

O amido resistente tipo 2 (AR2) representa os grânulos nativos, que são altamente resistentes à digestão pela enzima α -amilase, presentes especialmente na batata crua e na banana verde. Ao contrário da banana verde, a batata sempre é consumida depois de cozida e quase todos os processos de cozimento promovem a gelatinização do amido (ENGLYST et al. 1992; GRAY, 2006). Portanto, a banana verde é um produto natural com o maior teor de amido resistente (FAISANT et al., 1995). No entanto, a quantidade de AR2 na banana depende de seu grau de maturação. Outra categoria de AR2 é constituída pelos amidos ricos em amilose, fontes freqüentes de amido resistente industrial (GRAY, 2006).

O amido resistente tipo 3 (AR3) consiste em polímeros de amido retrogradados, principalmente amilose. Após a retrogradação do amido, devido ao resfriamento e envelhecimento do gel, uma estrutura parcialmente cristalina é formada, sendo insolúvel e resistente à digestão enzimática, porém diferente da conformação inicial. O AR3 é o mais comum e o mais importante do ponto de vista tecnológico, está presente em pães, batatas cozidas e resfriadas e cereais matinais, nos quais o amido é cozido e retrogradado no processamento e é completamente resistente à digestão pela amilase pancreática (HARALAMPU, 2000).

O amido resistente do tipo 4 (AR4) é o amido quimicamente modificado que inclui éteres e ésteres do amido, amidos com ligações cruzadas e amidos pirodextrinados. As modificações químicas são as razões para a redução da digestibilidade do amido no intestino delgado, e, portanto para a formação de AR4 (GRAY, 2006).

1.1.2. Propriedades tecnológicas do amido resistente

Em comparação com as fontes de fibras tradicionais, como as presentes em grãos inteiros, farelos e frutas, o amido resistente apresenta várias vantagens nas propriedades tecnológicas, pois modifica menos as características tecnológicas dos produtos devido a sua cor branca, sabor suave, partículas pequenas e baixa capacidade de retenção ou absorção de água, obtendo-se produtos com melhores propriedades sensoriais e mais aceitos pelos consumidores (SANZ et al., 2008, BAIXAULI et al., 2008). Vários pesquisadores têm utilizado diferentes amidos resistentes para melhorar o valor nutricional de diferentes tipos de alimentos, como por exemplo, massas alimentícias (SOZER et al., 2007; HERNÁNDEZ-NAVA et al., 2009; OVANDO-MARTINEZ, et al., 2009), porém, não foram encontrados estudos de adição de amido resistente na produção de macarrão instantâneo.

Aparecido-Sanguilán et al. (2007) estudaram o efeito da adição de amido resistente preparado de amido de banana autoclavada na formulação de *cookies* à base de farinha de trigo, utilizando uma proporção farinha:amido resistente de 15:85. Eles observaram que a adição de amido resistente reduziu significativamente o índice glicêmico dos *cookies* (60,53) quando comparados aos *cookies* controles (77,62), concluindo que o amido resistente de banana poderia ser utilizado em produtos de panificação contendo carboidratos de lenta digestão.

Sozer et al. (2007) utilizaram amido resistente do tipo 3 (AR3) para enriquecer a formulação de espaguete e verificaram que, quando comparado com o espaguete enriquecido com farelo, apresentou melhores características de textura. O espaguete enriquecido com amido resistente apresentou menor pegajosidade e menores perdas no cozimento quando comparado com o espaguete contendo farelo e os valores de firmeza foram bastante parecidos com os da amostra padrão.

Ovando-Martínez et al. (2009) estudaram a substituição de farinha de trigo por farinha de banana verde (15, 30 e 45 %) na produção de espaguetes para estudar o efeito desse ingrediente na velocidade de digestão dos carboidratos, teor final do amido resistente e teores de antioxidantes. Os autores concluíram que a adição de farinha de banana verde aumentou a fração não digerível e o teor de compostos fenólicos nos espaguetes.

Outros pesquisadores têm avaliado a formação de amido resistente em alimentos que sofreram processamentos térmicos. Namratha et al. (2002) avaliaram o efeito do armazenamento no teor de amido resistente de vários alimentos fritos “prontos para o consumo” (*ready-to-eat*) típicos da Índia. Após quatro meses de armazenamento dos produtos, os pesquisadores observaram um aumento no teor de amido resistente, concluindo que o tempo de armazenamento poderia ser um fator importante na formação do mesmo e que o tipo encontrado nos produtos armazenados poderia estar relacionado aos complexos moleculares do amido com as proteínas ou lipídeos, diminuindo assim, a sua susceptibilidade enzimática na digestão.

Dhital et al. (2010) estudaram a formação de amido resistente durante o processamento e armazenamento de macarrão instantâneo. Eles concluíram que ao processar macarrão instantâneo a base de farinha de trigo, o teor de amido resistente aumentou. Na etapa de cozimento a vapor e após o processo de fritura, o teor de amido resistente aumentou. O amido resistente formado durante o processamento de macarrão instantâneo se deve à re-associação e re-cristalinização da amilose gelatinizada e fragmentada durante os processos térmicos. No amido gelatinizado, quando resfriado, as moléculas de amido dispersas sofrem uma lenta re-associação formando uma estrutura mais compacta e fechada.

1.2. A soja

A soja é originária da China, seu cultivo começou pelo ano 2800 a.C., e a semente era considerada sagrada como o arroz, o trigo, a cevada e o painço (HAN et al., 2001). Foi difundida nos países ocidentais, principalmente por se tratar de uma fonte importante de óleo para o consumo humano e animal. Apresenta-se como importante fonte de proteínas, embora seja ainda subaproveitada na dieta humana e em produtos industrializados. Há uma grande quantidade de produtos que se pode conseguir a partir da soja, como por exemplo, farinha, óleo, farelo, estrato solúvel, proteína texturizada (HAN et al., 2001).

A versatilidade da soja possibilita utilizar a proteína na forma texturizada ou concentrados e isolados protéicos como os “extensores”. Esses produtos são os que fazem parte da massa utilizada no aumento de volume para substituir parte da proteína animal nos embutidos. Com a farinha obtêm-se todos os produtos panificáveis e pastificáveis, funciona como fator de ligamento e textura, para retenção de umidade, evita

ou potencializa a retenção de gordura e deixa as massas mais macias e menos quebradiças (PEREIRA e OLIVEIRA, 2004).

1.2.1. Produção, consumo e mercado da soja

A soja chegou em 1882 ao Brasil vindo dos Estados Unidos. O primeiro registro de cultivo de soja no Brasil data de 1914 no município de Santa Rosa, RS. Entretanto, foi somente a partir dos anos 40 que ela adquiriu alguma importância econômica, merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do RS. No entanto, foi a partir da década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando a auto-suficiência, que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. Nessa década, a sua produção multiplicou-se por cinco (passando de 206 mil toneladas, em 1960, para 1.056 milhão de toneladas, em 1969) (EMBRAPA, 2004).

Atualmente, o Brasil ocupa o segundo lugar mundial na produção de soja, com aproximadamente 25 % do total de soja cultivada no mundo, atingindo cerca de 57 milhões de toneladas no ano 2009, ficando apenas atrás dos EUA, com 91 milhões de toneladas. Outros grandes produtores mundiais são Argentina, China, Índia, Paraguai e Canadá (FAO, 2009).

1.2.2. Composição química da soja

A soja é um alimento rico em proteínas (35-45 %) e gorduras (18-20 %), além de conter carboidratos (30 %), fibras (6-7 %), vitaminas e minerais. Os grãos de soja se caracterizam por conter muito pouco amido, mas apresentam 30 % de carboidratos totais, dos quais 8 % correspondem aos açúcares, sendo 60 % deles sacarose, 36% estaquiose e 4 % rafinose. A rafinose e a estaquiose, devido à complexidade de suas moléculas, são de difícil digestão e causam flatulência (PEREIRA e OLIVEIRA, 2004). Além dos açúcares, a soja apresenta na sua composição galactanas, pentosanas, hemicelulose, celulose e lignina (ERICKSON, 1995)

O conteúdo de fibras da soja pode variar de 6,13 a 7,06 %. A casca da soja contém em torno de 87 % de fibras, sendo 40 a 53 % de celulose, 14 a 33 % de hemicelulose e 1 a 3 % de lignina (ERICKSON, 1995).

O teor de óleo presente na soja encontra-se em torno de 20 %. Os ácidos graxos insaturados representam 86 % o total de lipídeos e 60 % destes são constituídos pelos ácidos graxos essenciais, como o linoléico e linolênico (PEREIRA e OLIVEIRA, 2004).

O cálcio e o fósforo são os minerais de maior significância na soja. Do total de cálcio contido no grão de soja cozido (0,16-0,47 %), apenas 10 % é efetivamente utilizado pelo homem. Em relação ao fósforo, os compostos que contribuem com este mineral na soja são: fósforo inorgânico, fitina, diferentes fosfolipídios e ácidos nucleicos (MORALES, 1985).

A soja é conhecida por ser uma excelente fonte de proteína para a alimentação humana e animal, sendo mais rica em proteína que qualquer outro cereal ou leguminosa. A quantidade de proteínas que a soja contém está em torno de 30 a 45 % e são consideradas de alto valor nutritivo (ASA, 2000), sendo cerca de 90 % das proteínas do tipo globulinas. As proteínas da soja apresentam um bom balanceamento de aminoácidos, quando comparadas às dos outros vegetais. Entretanto, como é comum nas leguminosas, as proteínas da soja apresentam um teor reduzido de aminoácidos sulfurados, como a metionina e a cistina, mas com um teor elevado de lisina. As proteínas dos cereais apresentam esta composição de aminoácidos em situação inversa. Portanto, é aconselhável a combinação de leguminosas, como a soja, com produtos de cereais, como milho, arroz, trigo, etc., para permitir a complementação dos aminoácidos essenciais (PEREIRA e OLIVEIRIA, 2004).

1.2.3. Compostos bioativos da soja

Vários autores reportaram a presença de compostos bioativos na soja. Os compostos bioativos podem se dividir em protéicos como a lunasina, e em não protéicos como as isoflavonas.

Os peptídeos bioativos apresentam pesos moleculares reduzidos de proteínas ou cadeias curtas de aminoácidos produzidas pela digestão enzimática no intestino ou pelo processamento da soja, especialmente quando fermentada ou hidrolisada. Já têm sido identificados vários peptídeos com diferentes funções bioativas como atividade antihipertensiva, antitrombótica e antioxidativa. Um dos peptídeos mais estudados nos últimos anos tem sido a Lunasina, apresentando atividade anticarcinogênica (DE MEJÍA, 2006).

Produtos de soja encontrados no mercado como concentrado protéico de soja (60-76 % proteína), isolado protéico de soja (84-88% proteína) e proteína hidrolisada de soja (82 % proteína) contém $2,8 \pm 0,3$; $3,8 \pm 0,4$ e $4,4 \pm 0,6$ g de lunasina cada 100 g de farinha, respectivamente (DE MEJÍA et al., 2004). A lunasina é estável ao processamento

térmico, suportando temperaturas acima dos 100 °C por 10 minutos. Vários estudos com animais têm demonstrado que a lunasina resiste à digestão, é absorvida e atinge os tecidos alvos (DE MEJÍA et al., 2003).

Além de a soja ser uma fonte rica em proteínas, apresenta substâncias fitoquímicas biologicamente ativas consideradas importantes na prevenção de certas doenças (ASA, 2000). Por isso, a soja e seus derivados apresentam grande potencial no mercado de alimentos funcionais, especialmente devido à presença das isoflavonas. As isoflavonas pertencem à família dos polifenóis, uma grande classe de componentes sintetizados pelas plantas, com atividade antioxidante (PEREIRA e OLIVEIRIA, 2004). Suas propriedades funcionais têm sido largamente estudadas em relação à atividade estrogênica, antiestrogênica, anticarcinogênica e hipocolestorêmica (MURPHY, 1982, POTTER, 1998, ANTHONY, 1996).

O teor de isoflavonas presentes na soja depende de vários fatores, como as condições de cultivo, armazenamento, maturação da soja, entre outras (SETCHELL e COLE, 2003). O isolado protéico de soja, pelo fato de ser um produto processado apresenta um teor de isoflavonas reduzido, tanto na forma aglicona, como dos conjugados glicosídeos, quando comparados com a farinha de soja desengordurada, porém ainda apresentando teores consideráveis de isoflavonas (ACHOURI et al., 2005).

Em 1999, a FDA (*Food and Drugs Administration*) emitiu um documento para oficializar o potencial terapêutico da soja na prevenção de doenças do coração. As alegações de saúde aprovadas pela FDA podem ser usadas em rótulos e embalagens de alimentos para alertar o consumidor sobre a relação da alimentação e a prevenção de doenças. A FDA determinou que a ingestão diária de 25 gramas de proteínas de soja reduz significativamente as taxas do colesterol sanguíneo total, do LDL-colesterol e, também, aumentam os valores de HDL presentes no sangue, reduzindo assim os riscos de doenças cardiovasculares, como o infarto, a trombose e a aterosclerose. Porém, um produto à base de soja deve cumprir com os seguintes requisitos para oferecer os benefícios saudáveis da soja: conter 6,25 g ou mais de proteína de soja, conter baixo teor de gordura, gordura saturada e colesterol (FDA, 1999). A legislação brasileira também permite a alegação da soja como alimento funcional, confirmando que o consumo diário de no mínimo 25 g de proteína de soja pode ajudar a reduzir o colesterol. Porém, o consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis (ANVISA, 2005).

1.2.4. Derivados da soja

Há uma grande quantidade de produtos que se pode conseguir a partir da soja. A farinha de soja desengordurada, também conhecida como torta de soja tem sido a principal forma de utilização da proteína de soja na indústria de alimentos. O concentrado protéico é obtido pela remoção de componentes solúveis como a sacarose, rafinose, estaquiose, minerais e outros, elevando o conteúdo de proteína até 70 % ou mais.

O isolado protéico de soja contém pelo menos 88 % de proteína (N x 6,25), apresentando como principais componentes as frações glicitina e β -conglucina, sendo praticamente livre de lipídeos e carboidratos (SGARBIERI, 1996). Os isolados de soja são tradicionalmente preparados a partir da farinha de soja desengordurada utilizando meio aquoso neutro ou alcalino (pH 7-10) para extração da proteína e carboidratos solúveis. Os resíduos insolúveis, compostos em sua maioria por carboidratos, são removidos por centrifugação seguida pela precipitação da proteína da soja no ponto isoelétrico (pH em torno de 4,5). A proteína precipitada é separada por decantação mecânica, lavada, e neutralizada a pH em torno de 6,8. Em seguida, realiza-se a secagem ou desidratação da proteína isolada. O isolado protéico de soja é frequentemente utilizado em formulações e em aplicações nutricionais (LIU, 1997).

2. MASSAS ALIMENTÍCIAS

As massas alimentícias são o segundo produto derivado do trigo mais consumido no mundo, ficando atrás apenas do pão. Sua popularidade se deve ao baixo custo, facilidade e rapidez de preparo, diversidade de formatos, tamanhos e sabores, qualidades nutricionais, atributos sensoriais e longo tempo de armazenamento (BRENNAN et al., 2004).

A produção brasileira de massas alimentícias vem aumentando a cada ano. Segundo a ABIMA, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de massas alimentícias com uma produção de 1,5 milhões de toneladas anuais, ficando atrás apenas da Itália e dos Estados Unidos, com produções de 3,1 e 2 milhões de toneladas anuais, respectivamente. Com relação ao consumo de massas alimentícias, o Brasil está em 13º lugar, apresentando um consumo per capita anual de 6,7 quilos, enquanto que a Itália e a Venezuela se situam no primeiro e segundo lugar com 26,0 e 12,9 quilos per capita anuais, respectivamente (ABIMA, 2010).

A Legislação Brasileira define as massas alimentícias como “qualquer produto obtido da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L. e ou de outras espécies do gênero *Triticum*) e ou derivados do trigo *durum* (*Triticum durum* L.) e ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e ou de tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação” (ANVISA, 2005).

Além da classificação oficial, as massas alimentícias podem ser categorizadas de acordo com o processamento, que divide os produtos geralmente comercializados em três grupos: massas extrusadas sólidas, como por exemplo, o espaguete e o vermicelli; massas extrusadas ocas como o macarrão tipo concha e massa cilindrada e cortada conhecidas como *noodles* (CIACCO e CHANG, 1986).

2.1. Noodles

Os *noodles* são um tipo de massas alimentícias altamente consumidas nos países orientais. A história dos *noodles* pode ser datada dos anos 206 a 220 a.C. na China e gradualmente espalhada pelos países asiáticos. Os *noodles* foram introduzidos na Europa por Marco Pólo no século XIII, tornando-se no que hoje conhecemos como pasta, sendo uma das formas mais antigas de alimentos processados consumidos na Ásia e considerados o maior componente na dieta diária dos asiáticos (HOU, 2001).

Embora os *noodles* sejam similares à pasta, existem várias diferenças nos ingredientes utilizados, no processo envolvido e no estilo de consumo. As pastas são elaboradas com semolina de trigo durum (*Triticum durum*), água, e, às vezes, ovos. A massa é extrusada através de uma matriz de metal sob pressão. Por outro lado, os *noodles* são caracterizados por serem tiras delgadas obtidas de uma lâmina de massa, geralmente de farinha de trigo *Triticum aestivum*, água e sal (HOU, 2001; BAIK e LEE, 2003).

2.2. Noodles instantâneos (Macarrão instantâneo)

Os noodles instantâneos, também conhecidos como macarrão instantâneo, foram desenvolvidos no Japão pelo empresário Momofuku Ando no ano de 1958. O primeiro produto lançado por Momofuku Ando foi conhecido como Chicken Ramen tendo uma boa aceitação dos consumidores logo depois do lançamento. A produção diária do macarrão instantâneo cresceu de 300 para 6 mil porções em menos de um ano (ABIMA, 2009).

Atualmente, o mercado do macarrão instantâneo no mundo apresenta uma alta taxa de crescimento, sendo que o total desse produto consumido no mundo inteiro foi de 53,2 bilhões de porções em 2001 e aumentou para 85,6 bilhões em 2005, sendo a China o maior consumidor, seguida de Indonésia e Japão (ABIMA, 2009).

As indústrias brasileiras de massas alimentícias têm demonstrado interesse no segmento de macarrão instantâneo, que vem se apresentando como um dos mais promissores dessa categoria (ABIMA, 2009). Segundo levantamento da ABIMA (2009), esse segmento vem crescendo a taxas de 5% ao ano, apresentando um índice superior ao da própria categoria. O aumento na produção e consumo de macarrão instantâneo deve-se ao fato dele ser um produto barato e por apresentar um preparo fácil e rápido.

2.3. Matérias-primas utilizadas na formulação do macarrão instantâneo

As principais matérias-primas utilizadas na produção de macarrão instantâneo são: farinha de trigo comum (*Triticum aestivum*), água, sal, e, opcionalmente, sais alcalinos e goma guar.

2.3.1. Farinha de trigo

A farinha de trigo é o ingrediente principal na produção de macarrão instantâneo. O conteúdo de proteína (8-10 %), conteúdo de cinzas (0,35-0,5 %), temperatura de pasta, tempo de estabilidade do farinograma, perfil do extensógrafo e sedimentação, são as principais especificações para a farinha requerida para a produção de macarrão instantâneo (HOU, 2001).

O conteúdo de cinzas está relacionado com a cor final dos noodles, enquanto que a temperatura de pasta está relacionada com a gelatinização do amido da farinha de trigo. A relação de amilose-amilopectina determina as características de pasta, e geralmente uma farinha contendo de 22 a 24 % de amilose é necessária para a produção dos noodles (HOU, 2001).

O tempo de estabilidade do farinograma tem sido relacionado com a textura dos macarrões. Os parâmetros do extensógrafo medem a elasticidade e extensibilidade da massa. Muita extensibilidade resulta numa massa de glúten com pouca força, enquanto que muita elasticidade dificulta o controle da espessura dos macarrões. É importante saber que a massa de macarrão requer menos absorção de água que a massa de pão (28-36 % vs. 58-64 %). As análises reológicas desenvolvidas para avaliar o

desenvolvimento da massa de pão não são recomendáveis para avaliar as massas de macarrão, precisando de adaptação das análises para caracterizar as farinhas adequadas para massas (HOU, 2001).

O conteúdo de proteína tem um papel importante na absorção de óleo nos alimentos durante a fritura. Os macarrões instantâneos produzidos com farinha de trigo com baixo teor de proteína absorvem uma maior quantidade de óleo do que os preparados com farinha com alto teor de proteína (WU et al., 2006).

2.3.2. Água

Para a indústria de massas alimentícias, a água é de interesse sob dois aspectos importantes: como matéria-prima para a fabricação de massa e para preparar-la. (HOU 2001).

A água deve ser limpa, inodora, incolor e neutra. Os sais que pode conter são de natureza diversa como, sais de cálcio e magnésio, sob forma de carbonatos e bicarbonatos, cuja característica principal é a alcalinidade. Quando estes sais estão em excesso, originam produtos de gosto desagradável e, ao mesmo tempo, de coloração escura. As águas ricas em substâncias orgânicas são danosas, pois tendem a escurecer o produto. Devem ser evitadas águas superficiais sujeitas à infiltração de resíduos de substâncias de origem animal e vegetal (ANTOGNELLI, 1980; CIACCO e CHANG, 1982).

As funções da água são: dissolver os ingredientes solúveis, hidratar os componentes da farinha assegurando a formação do glúten e controlar a consistência da massa. Ao adicionar a água na farinha de trigo e ao amassá-la ou laminá-la, a rede de glúten se desenvolver, o que contribui para a estrutura dos *noodles*. A adição da água contribui para as propriedades viscoelásticas da massa, além de melhorar a superfície dos *noodles* (KUBOMURA, 1998).

2.3.3. Sal

A formulação de macarrão instantâneo também é adicionado sal comum (cloreto de sódio). A adição de 1-3 % de sal à massa dos *noodles* ajuda a melhorar as propriedades viscoelásticas da massa (melhora a textura) e acelera a absorção de água durante o cozimento, diminuindo o tempo de cozimento (HOU, 2001, KUBOMURA, 1998). O sal também ajuda na estrutura interna da massa proporcionando uma aparência mais

uniforme e macia. Com o aumento de sal, a massa do macarrão torna-se mais seca e sem elasticidade (HOU, 2001).

No entanto, outros tipos de sais, como os sais alcalinos (*kan sui*) também podem ser adicionados na formulação de macarrão instantâneo. Os sais alcalinos podem estar na forma líquida ou sólida, e geralmente são adicionados misturas de Na_2CO_3 e K_2CO_3 , Na_2CO_3 e NaHCO_3 , NaHCO_3 e NaOH ou somente NaOH . A relação desses sais pode variar dependendo da formulação, porém o pH das soluções deve estar na faixa de 8,5 a 12, por isso, geralmente a quantidade de sais alcalinos se situa na faixa de 0,5-1 % do peso da farinha (HOU, 2001).

A solução alcalina afeta o *flavor*, a cor e textura dos macarrões. A mudança na cor e no *flavor* é devido à alteração em meio alcalino das moléculas das flavonas presentes na farinha de trigo, deixando a massa com uma cor amarela e com sabor característico. A tonalidade da cor amarela depende do pH da massa, sendo mais intensa em valores de pH maiores. Já os macarrões com sais alcalinos são mais rígidos devido à gelatinização e, conseqüentemente, à retrogradação do amido em meio álcali (HOU, 2001)

2.3.4. Goma Guar

A indústria de alimentos é o maior mercado de aplicação para hidrocolóides, também conhecidos como polissacarídeos ou gomas, que apresentam propriedades espessantes ou gelificantes e funções tecnológicas secundárias, como por exemplo, melhoram a textura e corpo de alimentos, servem como agentes de clarificação, são utilizados como emulsificantes, estabilizantes entre outras (GLICKSMAN, 1991).

A goma guar é um hidrocolóide extraído do endosperma das sementes de *Cyanopsis tetragonolobus* (GLICKSMAN, 1991). Apresenta alta viscosidade final. Em dosagem de 1 % solução com água, resulta em média em 5000 cp (centipoise), enquanto a goma xantana apresenta 100 cp nas mesmas condições.

Atualmente, no Brasil, várias indústrias de macarrão instantâneo adicionam outros ingredientes à formulação, como por exemplo, hidrocolóides (goma guar, goma xantana), corantes (urucum), etc. para melhorar a cor e a qualidade dos produtos. Vários pesquisadores têm reportado a utilização de goma guar em diferentes estudos para melhorar as propriedades tecnológicas dos alimentos (YU e NGADI, 2004, AKDENIZ et al., 2006).

Akdeniz et al. (2006) avaliaram os efeitos da adição de 1 % de diferentes hidrocolóides (metilcelulose, goma guar e goma xantana) na formulação de coberturas para cenouras fritas. Os pesquisadores reportaram que as gomas foram efetivas no controle da perda de umidade e absorção de óleo no processo de fritura, além de produzir um produto poroso e crocante.

Yu e Ngadi (2004) estudaram a influência da adição de água (27,3 - 40,7 %), goma guar (0 - 0,37 %) e amido de batata (0 - 9,2 %) na textura e re-hidratação de macarrão instantâneo. A dureza aumentou constantemente ao elevar os níveis de umidade com níveis intermediários de goma guar. Porém, o efeito da adição de goma guar diminuiu consideravelmente em níveis altos de amido de batata, indicando que tanto o amido, como a goma, se complementam para melhorar a qualidade da textura do macarrão instantâneo.

3. PROCESSO DE FRITURA

O processo de desidratação na obtenção de macarrões instantâneos comuns é realizado por processo de fritura em óleo quente.

3.1. Fritura convencional

A fritura é um dos processos mais comuns e populares utilizados na indústria de alimentos e consiste em imergir e cozinhar alimentos em óleo quente. A fritura envolve a transferência de massa e calor, e inclui uma série de interações entre o alimento e o meio de fritura. Do ponto de vista do consumidor, alimentos submetidos ao processo de fritura apresentam características sensoriais muito agradáveis, devido a o óleo utilizado na fritura ser introduzido no produto, ocupando parte do espaço deixado pela água, sendo que o óleo na fritura apresenta dupla função, por um lado, atua como um meio transmissor de calor, e, por outro, chega a ser um novo ingrediente do produto frito (SAGUY e DANA, 2003). Além de diminuir o teor de água no alimento (<10 %), a fritura promove a inativação de enzimas responsáveis pela degradação e a destruição térmica de microorganismos.

Absorção de óleo

Hoje em dia, existe uma grande preocupação relacionada à saúde e ao consumo de alimentos com alto teor de gordura, especialmente nas formas saturadas e trans. A

absorção de óleo nos alimentos pode ser descrita por dois mecanismos (SAGUY e DANA, 2003):

- 1) *Água substituída pelo óleo no alimento*: as mudanças na estrutura celular do alimento e a formação de micro-canais (formação de uma estrutura esponjosa) devido à evaporação da água permitem o óleo penetrar facilmente no alimento.
- 2) *Absorção de óleo durante a etapa de resfriamento*: dentro do alimento, devido à evaporação da água, existe um aumento na pressão interna do produto. Quando termina o processo de fritura, e no momento do resfriamento, existe uma diminuição na pressão de vapor interna do produto, devido à condensação, criando um “efeito a vácuo”. Esse efeito resulta num aumento na absorção do óleo.

O macarrão instantâneo é bem aceito pelos consumidores devido ao seu sabor particular e fácil preparo (WU et al., 2006). No entanto, por ser um produto frito, contém alto grau de óleo residual e produtos de sua degradação. O consumo excessivo de gordura, especialmente gordura saturada, está relacionado com problemas de obesidade, doenças cardiovasculares e outros problemas relacionados à saúde (GOEL, 1999; SAGUY e DANA, 2003).

A absorção de óleo durante a fritura aumenta os custos de produção, assim como também, diminui a vida de prateleira devido à rancidez oxidativa do óleo presente nos macarrões. O conteúdo de gordura de macarrões instantâneos comerciais se encontra na faixa de 16-24 % (WU et al., 2006).

No entanto, a proteína não é o único fator que influencia na absorção de óleo. Vários pesquisadores têm reportado que existe uma relação inversa entre o conteúdo de amilose e a absorção de óleo na produção de noodles instantâneos (PARK e BAIK, 2004; WU et al., 2006).

Yu e Ngadi (2004) estudaram a influência da adição de água (27,3 – 40,7 %), goma guar (0 -0,37 %) e amido de batata (0 -9,2 %) na absorção de óleo de macarrão instantâneo. Eles concluíram que a goma guar, por ser um hidrocolóide, reduz a absorção de óleo a baixos teores de umidade (<35 %), enquanto que ao aumentar os níveis de água, eles observaram um efeito contrário. Os autores também reportaram que ao aumentar os níveis de amido, quando utilizados baixos teores de goma, houve também uma diminuição na absorção de óleo, enquanto que ao aumentar os níveis de goma, observaram um aumento na absorção de óleo.

3.2. Fritura a vácuo

A fritura a vácuo é uma forma alternativa de cozimento, que aumenta a qualidade dos alimentos desidratados. Os produtos são aquecidos sob vácuo, o que provoca a diminuição do ponto de ebulição da água presente no produto e permite a utilização de menores temperaturas de processo. Além disso, a ausência de ar durante a fritura inibe algumas reações, como a oxidação lipídica e o escurecimento não enzimático, preservando de melhor maneira a cor e os nutrientes presentes no alimento frito (FAN et al., 2005).

Vários estudos têm demonstrado uma diminuição na absorção de óleo, conservação de propriedades dos alimentos e na redução de compostos de degradação do óleo indesejáveis em alimentos ao serem fritos sob vácuo. Os trabalhos científicos encontrados na literatura sobre fritura a vácuo tratam sobre chips de batatas ou de frutas, visando a redução de óleo e conservação da aparência e nutrientes no produto final, enquanto que trabalhos sobre macarrão instantâneo produzidos com fritura a vácuo não foram encontrados na literatura.

Garayo e Moreira (2002) utilizaram a fritura a vácuo como uma técnica alternativa no desenvolvimento de batatas chips com baixo teor de óleo. O efeito da temperatura (118, 132 e 144 °C) e da pressão de vácuo (16,661, 9,888 e 3,115 kPa) na taxa de secagem e na absorção de óleo dos produtos foi estudado. O ensaio processado a 3,115 kPa e 144 °C apresentou as melhores características. Esse ensaio também foi comparado com um produto frito em condições atmosféricas (165 °C). Ao comparar a absorção de óleo, observou-se que o ensaio processado sob vácuo reportou 10 % a menos do que o processado sob condições atmosféricas. Os pesquisadores concluíram que a fritura a vácuo é um processo adequado na produção de chips com baixo teor de óleo.

Fan et al. (2005) estudaram os efeitos das condições de processo, como temperatura, tempo de fritura (80 - 120 °C, e 5 - 30 min, respectivamente), assim como a pressão de vácuo utilizada (0,040 - 0,0050 MPa), nas propriedades de chips de cenouras. Após analisar os resultados pela Metodologia de Superfície de Resposta, os autores observaram que o teor de óleo dos chips de cenoura aumentou com o incremento da temperatura e tempo de processo e diminuiu com a redução da pressão de vácuo.

Absorção de óleo

A absorção de óleo tem sido explicada como um fenômeno relacionado à superfície resultante da concorrência entre a drenagem e sucção na crosta porosa do alimento, uma vez retirado do óleo e começa a resfriar.

Existem várias teorias da absorção de óleo em produtos fritos sob vácuo. Garayo e Moreira (2002) propuseram um mecanismo de absorção de óleo explicado pela transferência de massa que está dividida em três estágios: fritura, pressurização e resfriamento. No começo do período de fritura, a temperatura de ebulição da água diminui para níveis abaixo de 100 °C. Então, a água no produto evapora mais rapidamente sob condições a vácuo. A pressão capilar, entre o óleo e o gás durante este período é insignificante. Assim, nenhum óleo é absorvido nesta fase. A crosta do alimento no processo de fritura a vácuo começa a ser formada logo que o alimento é imerso no óleo quente. O segundo estágio é a pressurização de vácuo às condições atmosféricas. Esta fase começa quando o alimento é removido do óleo de fritura e é mantido ainda sob as condições a vácuo e de temperatura, onde ainda o sistema está fechado. Nesta fase, quando o sistema é aberto, a pressão nos poros do alimento aumenta rapidamente para níveis atmosféricos, sendo que o ar e o óleo migram rapidamente dentro do espaço dos poros vazios até que a pressão chegue a níveis atmosféricos. No entanto, devido à baixa pressão, o gás se difunde mais rapidamente no espaço poroso, obstruindo, assim, a entrada do óleo nos poros do produto. O terceiro estágio, a fase de resfriamento, começa quando o produto é retirado do sistema. Lá, uma parte do óleo aderido continua a penetrar nos poros, no entanto, uma vez que menos óleo é aderido na superfície do produto durante a fritura a vácuo, o óleo é menos absorvido durante o resfriamento.

Fan et al. (2005) explicaram que a diminuição na absorção de óleo se deve à diferença de pressão interna do produto. Quando o produto é colocado no óleo quente sob baixa pressão, a água livre é rapidamente perdida na forma de bolhas. Com o transcorrer da fritura, a camada externa do produto se seca, aumentando e melhorando a hidrofobicidade, deixando que o óleo adira à superfície. Quando o produto é removido do sistema, o vapor no interior dos poros se condensa e a diferença de pressão entre o tecido do produto e os poros causa a aderência do óleo na superfície e a absorção dentro do espaço poroso. No entanto, se o produto ainda contém algum teor de umidade, isso irá dificultar a entrada de óleo nos poros.

Além das teorias explicadas, vários autores também reportaram outros parâmetros que podem afetar na absorção de óleo quando utilizada a fritura a vácuo. Entre os fatores mais importantes encontrados na literatura encontram-se os mecanismos de desengorduramento (de-oiling) após a fritura a vácuo. Vários mecanismos têm sido utilizados, tais como, centrifugação antes da etapa de pressurização, absorção do excesso de óleo pela utilização de papel toalha, drenagem do excesso de óleo por vários segundos antes da pressurização (MOREIRA e DA SILVA 2009; NUNES e MOREIRA 2009). Outro fator que influencia na absorção de óleo é o tamanho da amostra a ser frita. Uma superfície de contato grande ou uma relação alta de superfície/ volume entre o produto e o óleo favorece a transferência de calor, acelerando o processo que degrada a topografia da superfície do alimento, permitindo que o óleo seja absorvido mais facilmente (PEDRESCHI et al., 2008; SALVADOR et al., 2009). A velocidade de quebra de vácuo e alguns pré-tratamentos como desidratação osmótica ou secagem da superfície do alimento antes da fritura a vácuo, podem também diminuir o teor final de óleo (SHYU e HWANG, 2001; FAN et al., 2005; SALVADOR et al., 2009; NUNES e MOREIRA 2009; DA SILVA et al. 2009; TRONCOSO e PEDRESCHI et al., 2009; MIR-BEL et al., 2009).

Finalmente os fatores mais conhecidos e mais estudados que afetam a absorção de óleo em produtos fritos a vácuo são: o nível de vácuo, a temperatura do óleo, e o tempo de processo. Ao utilizar pressões mais baixas de vácuo e temperaturas e tempos maiores de processo, o teor de óleo aumenta significativamente (SHYU e HWANG, 2001; GARAYO e MOREIRA, 2002; FAN et al., 2005; TRONCOSO e PEDRESCHI et al., 2009).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMA. Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias, 2002. Disponível em <http://www.abima.com.br/mercado03.asp>. Acesso em: 24 fev de 2009.

ABITRIGO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE TRIGO, 2006. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br>. Acesso em: 26 de fev de 2007.

ACHOURI, A.; BOYE, J.I. BELANGER, D. Soybean isoflavones: Efficacy of extraction conditions and the effect of food type on extractability. **Food Research International**, v.38, p. 1199-1204, 2005.

ANTOGNELLI, C. **The manufacture and application of pasta as food and as food ingredient: a review**. J. Food Technology. (15), 125-145, 1980.

ANTHONY, M.S.; CLARKSON, T.B.; BULLOCK, B.C. Soy protein versus soy phytoestrogens (isoflavones) in the prevention of coronary artery arteriosclerosis of cynomolus monkeys. **Circulation**, v.94: abstract, 1996.

AKDENIZ, N.; SAHIN, S.; SUMNU, G. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrots slices. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.522-526, 2007.

APARECIDO-SANGUILÁN, A.; SÁYAGO-AYERDI, S.; VARGAS-TORRES, J.T.; ASCENSO-OTERO, T.E.; BELLO-PÉREZ, L.A. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, p. 175-181, 2007.

ASA. AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION. Soy food, v,11, n.1, 2000.

BAIK, B.K.; LEE, M.R. Effects of starch amylase content of wheat on textural properties of white salted *noodles*. **Cereal Chemistry**, v.80, n.3, p.304-309, 2003.

BAIXAULI, R.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. **Journal of Cereal Science**, v.47, p.502-509, 2008.

BORNET, F. Technological treatments of cereals. Repercussions on the physiological properties of starch. **Carbohydrates Polymers**, v.21, p.195-203, 1993.

BRASIL. Ministério de Saúde. Resolução RDC nº18, de 30/04/1999. **Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>.

BRASIL. Ministério de Saúde. Resolução RDC nº19, de 30/04/1999. **Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>.

BRASIL. Ministério de Saúde. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>.

BRENNAN, C.S., KURI, V., TUDORICA, C.M. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation, **Food Chemistry**, v. 86. p.189–193, 2004.

CALDWELL, E.F.; FAST, R.B.; IEVOLELLA, J.; LAUFHOFF, C.; LEVINE, H.; MILLER, R.C.; SLADE, L. STRAMHM, B.S.; WHALEN, P.J. Cooking of ready-to-eat breakfast cereals. **Cereal Foods World**, v.45, n.2, p.245-252, 2000.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: Analytical and physiological aspects. **Bol SBCTA**, v.30, p.37-43, 1996.

CHEFTEL, J.C. **Proteínas alimentarias**, Ed. Acribia, Zaragoza, 1989, 347p.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Como fazer massas**. Icone Editora e Editora da Unicamp, 1986, 127p.

DE MEJIA, E.; BRADFORD, T.; HASLER, C. The anticarcinogenic potential of soybean lectin and lunasin. **Nutrition Reviews**, v.61, n.7, p.239-246, 2003.

DE MEJIA, E.; VASCONEZ, M.; DE LUMEN, B. O.; NELSON, R. Lunasin Concentration in different soybean genotypes, commercial soy protein and isoflavone products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p.5882-5887, 2004.

DE MEJIA, E. Soybean bioactive peptides: A new horizon in preventing chronic diseases. **Sexuality, Reproduction and Menopause**, v.4, n.2, p. 91- 95, 2006.

DHITAL, S; KATAWAL, S.B.; SHRESTHA, A.K. Formation of Resistant Starch During Processing and Storage of Instant *Noodles*. **International Journal of Food Properties**, v.13. p.454-463, 2010.

DUEIK, V.; ROBERT, P.; BOUCHON, P. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. **Food Chemistry**, v.119, p.1143–1149, 2010.

EMBRAPA SOJA. Sistema de produção No. 1. Tecnologias de produção da soja: Região central do Brasil, 2004. <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja>. Acesso em Outubro de 2010.

ENGLYST, H.N.; KINGMAN, S.M.; CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. **European Journal of Clinical Nutrition**, v,46. p.33-50, 1992.

Erickson, D.R. (Ed). Pratical handbook of soybean processing and utilization. Champaign. Illinois: **AOCS**, 584p., 1995.

FAISANT, N.; GALLANT, D.J.; BOUCHET, B.; CHAMP, M. Banana starch breakdown in the human small-intestine studied by electron microscopy. **European Journal Clinical Nutrition**, v.49, p.98-104, 1995.

FAN, L.P.; ZHANG, M.; XIAO, G.N. The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. **International Journal Food Science Technology**, v.40, p.911-919, 2005.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**. Disponivel em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 26 de março de 2007.

FDA. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **FDA Talk Paper**, 1999 Disponivel em <http://www.fda.gov/bbs/topics/ANSWERS/ANS00980.html>. Acesso em: 28 agosto de 2007

FUENTES-ZARAGOZA, E.; RIQUELME-NAVARRETE, M.J.; SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. Resistant starch as functional ingredient, a review. **Food Research International**, v. 43, p. 931-942, 2010.

GARAYO, J.; MORREIRA, R. Vacuum frying of potato chips. **Journal of Food Engineering**, v.55, p.181-191, 2002.

GRAY, J. Fibra Alimentar: Definição e análise, fisiologia e saúde in *ILSI Europe concise monograph series*. ILSI Europe, 2006, 52p.

GOEL, P.K.; SINGHAL, R.S.; KULKARMI, P.R. Deep-fat fried noodle-like products from model individual blends of corn starch with casein, soy protein or their hydrolysates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.1577-1582, 1999.

GRANDA, C.; MOREIRA, R.G. Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. **Journal of Food Process Engineering**, v.28, p.478-493, 2005.

GUPTA, M.K; WARNER, K.; WHITE, P. **Frying Technology and Practices**, Champaign, Illinois, 2004, 216p.

HAN, K.K.; KATI, L.M.; HAIDAR, M.A.; GIRÃO, M.J.B.C.; BARACAT, E.C.; YIM, D.K; CARRÃO-PANIZZI, M.C. **Efeito da isoflavona sobre os sintomas da síndrome de climatério**. In. Simpósio brasileiro sobre os benefícios da soja para a saúde humana. Londrina, PR: EMBRAPA, p.28-32, 2001.

HARALAMPU, S.G. Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS3. **Carbohydrate Polymers**, v.41, p.285-292, 2000.

HERNÁNDEZ-NAVA, R.G.; BERRIOS, J.; DE PAN, J.; OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PEREZ, L.A. Development and Characterization of Spaghetti with High Resistant Starch Content Supplemented with Banana Starch. **Food Science and Techlogy International**, v. 15, p. 73-78, 2009.

HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**, 2a Edição, St. Paul, Minnesota, American Association of Cereal Chemists, Inc, 1998, 273.

HOU, G.Q. Oriental *noodles*. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.43, p.141-193, 2001.

JENKINS, D.J. Starchy foods and glycemic index. **Diabetes Care**, v.11, n.2, p.149-159, 1988.

KUBOMURA, K. Instant *Noodles* in Japan. **Cereal Foods World**, v.43, n.4, p.194-197, 1998.

LAJOLO, F. Alimentos funcionales en América Latina. **Alimentación Latinoamericana**, n.238, p.22-24, 2001.

LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization**. New York: Chapman & Hall, p.1-24, 137-165, 1997.

MANDARINO, J.M.G. **Componentes de trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas**, Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1994, 36p.

MIR-BEL, J.; ORIA, R.; SALVADOR, M. L. Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. **Journal of Food Engineering**, v. 95, p. 416–422, 2009.

MORALES, J.J.Z. Aspectos Tecnológicos envolvidos na preparação de uma bebida protéica de girassol, soja e soro de queijo. **Dissertação (Mestrado)** - Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/UNICAMP) Campinas, 1985, p. 168.

MOREIRA, R.G.; DA SILVA, P.F.; GOMES, C. The effect of a de-oiling mechanism on the production of high quality vacuum fried potato chips. **Journal of Food Engineering**, v. 92, p. 297–304, 2009.

MURPHY, P.A. Phytoestrogen content of processed soybean products. **Food Technology**, v.36, n.1, p.60,64, 1982.

NAMRATHA, J.; ASNA, U.; PRASAD, N.N. Effect of storage on resistant starch content of processed ready-to-eat foods. **Food Chemistry**, v.79, p.395-400, 2002.

NUNES, Y.; MOREIRA, R.G. Effect of osmotic dehydration and vacuum-frying parameters to produce high-quality mango chips. **Journal of Food Science**, v.74, p. E355-E360, 2009.

OVANDO-MARTINEZ, M.; SÁYAGO-AYERDIB, S.; AGAMA-ACEVEDO, E.; GOÑI, I.; BELLO-PÉREZ, L.A. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta **Food Chemistry**, v.113, p.121-126, 2009.

PARK, C.S.; BAIK, B.K. Significance of amylase content of wheat starch on processing and textural properties of instant *noodles*. **Cereal Chemistry**, v. 81, n.4, p.521-526, 2004.

PEDRESCHI, F.; COCIO, C.; MOYANO, P.; TRONCOSO, E. Oil distribution in potato slices during frying. **Journal of Food Engineering**, v. 87, p.200-212, 2008.

PEREIRA, C.A.S.; OLIVEIRA, F.B. **Soja, alimento e saúde: valor nutricional e preparo**. Viçosa: UFV, 2004.

POTTER, S.M.; BAUNG, J.A.; TENGH, H.; STILLMAN, R.J.; SHAY, N.F.; ERDWAN, J.W. Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal woman. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, n.6, p.1375S-1379S, 1998.

RAINA, C.S.; SINGH, S.; BAWA, S.; SAXENA, D.C. Textural characteristics of pasta made from rice flour supplemented with proteins and hydrocolloids. **Journal of Texture Studies**, v.36, p.402-420, 2005.

- REYNES, M.; AYMARD, C.; AW, B. Production de chips d'ananas par le procede combine deshydratation osmotique-friture. **Récents progrès en génie des procédés**. v.11, n.59, p.139-150,1997.
- SAGUY I.S; DANA, D.; Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v.56, p.143-152, 2003.
- SAJILATA, M.G., SINGHAL, R.S. KULKARNI, P. R. Resistant Starch: A review. **Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety**, v. 5, p.1-17, 2006.
- SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S.M. Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit. **Food Hydrocolloids, Article in Press**, 2007.
- SETCHELL, K.D.R.; COLE, S.J. Variations in Isoflavone Levels in Soy Foods and Soy Protein Isolates and Issues Related to Isoflavona Databases and Food Labeling. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.4146-4155, 2003.
- SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. Livraria Varela Ltda, São Paulo, 1996.
- SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B. Revisão: Alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, n.12, p.7-19, 1999.
- SHYU, S.L.; HWANG, L.S. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. **Food Research International**, v. 34, p. 133-142, 2001.
- SOZER, N.; DALGIÇ, A.C.; KAYA, A. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. **Journal of Food Engineering**, v.18, p.476-484, 2007.
- THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, p.41-48, 1997.
- TRONCOSO, E.; PEDRESCHI F. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.1164-1173, 2009.
- WU, J.; ALUKO, R.E.; CORKE, H. Partial least-squares regression study of the effect of wheat flour composition, protein and starch quality characteristics on oil content of steamed-and-fried instant *noodles*. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.117-126, 2006.
- YU, L.J.; NGADI, M.O. Textural and other quality properties of instant fried *noodles* as affected by some ingredients. **Cereal Chemistry**, v.81, n.6, p. 772-776, 2004.
- YUE, P.; WANG, S. Resistant starch in food applications. **Cereal Food World**, v.43, n.9, p.690-695, 1998.

CAPITULO 2: Estudo da adição de goma guar e sal na produção de macarrão instantâneo

Maria Gabriela VERNAZA^{1*}; Yoon Kil CHANG¹

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - C.P. 6121 - CEP 13083-862 - Campinas-SP;

E-mails: gabriela.vernaza@gmail.com; yokic@fea.unicamp.br

*Autor para correspondência.

Resumo

O trigo é o único cereal que contém proteínas capazes de formar o glúten, complexo protéico que apresenta propriedades viscoelásticas importante na produção de massas alimentícias. Na produção de macarrão instantâneo, a adição de sal ajuda a melhorar as propriedades viscoelásticas, enquanto que a goma guar é adicionada para melhorar a qualidade dos produtos. Atualmente, todas as técnicas utilizadas para caracterizar a farinha de trigo são referentes ao processo de panificação sendo encontrados poucos dados específicos para a produção de macarrão instantâneo ou de massas alimentícias em geral. O farinógrafo é utilizado para medir a absorção de água ótima da farinha de trigo para produtos de panificação (aproximadamente 60 %). No entanto, para a produção de massas alimentícias, utiliza-se uma absorção de água muito menor (aproximadamente 30 %). O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da adição de sal e goma guar ingredientes nas propriedades tecnológicas de macarrão instantâneo, além de estudar uma relação entre a absorção de água obtida nos farinogramas e a absorção de água ótima para produção de macarrão instantâneo quando adicionados sal e goma guar. Para obtenção dos macarrões, foi utilizado um delineamento central composto rotacional (DCCR), permitindo a análise dos resultados pela Metodologia de Superfície de Resposta. Os resultados mostraram que a adição de goma guar (0-1,5 %) e sal (0-3 %) à formulação de macarrão instantâneo alteraram as propriedades da massa e a qualidade do produto final. Os maiores valores de absorção de gordura (25 %) e os menores valores de firmeza (84 g) foram obtidos quando utilizados valores nos níveis intermediários das duas variáveis. Foi possível encontrar uma relação entre a absorção de água obtida no farinógrafo com a adição de água ótima necessária para a produção de macarrão instantâneo de boa qualidade. As superfícies de resposta indicaram que a absorção de água da massa foi menor quando utilizados valores baixos de goma guar e

altos de sal. Analisando os resultados obtidos no DCCR foi possível escolher uma formulação com 0,22 % de goma guar e 2 % de sal para obter macarrões instantâneos de boa qualidade, com um teor de gordura moderadamente baixo e uma firmeza intermediária.

1. INTRODUÇÃO

A história do macarrão teve início nos anos 206 a 220 a.C. na China e foi gradualmente difundida pelos países asiáticos. O macarrão, também conhecido como *noodles* foi introduzido na Europa por Marco Pólo no século XIII, tornando-se, no que hoje se conhece como pasta ou massa alimentícia, sendo uma das formas mais antigas de alimentos processados consumidos na Ásia e considerados o maior componente na dieta diária dos asiáticos (Hou, 2001).

Embora os *noodles* sejam similares às pastas, existem várias diferenças nos ingredientes utilizados, no processo envolvido e no estilo de consumo. As pastas são elaboradas com semolina de trigo “durum” (*Triticum durum*), água, e, às vezes, ovos. A massa alimentícia é extrusada através de uma matriz de metal sob pressão. Por outro lado, os *noodles* são caracterizados por serem tiras delgadas obtidas de uma lâmina de massa, geralmente de farinhas de trigo *Triticum aestivum*, água e sal (Hou, 2001; Baik e Lee, 2003).

Os *noodles* instantâneos também conhecidos, como macarrão instantâneo, foram desenvolvidos no Japão pelo empresário Momofuku Ando em 1958. Atualmente, o mercado de macarrão instantâneo ainda está em crescimento, em 2001 o consumo total no mundo inteiro foi de 53,2 bilhões de porções e em 2005 foi de 85,6 bilhões em 2005, sendo a China o maior consumidor desse tipo de alimento (ABIMA, 2005).

A farinha de trigo é o principal componente da produção de massas alimentícias instantâneas. O trigo é o único cereal que contém proteínas capazes de formar o glúten, complexo protéico que apresenta propriedades viscoelásticas importante na produção de massas alimentícias. As proteínas responsáveis pelas propriedades viscoelásticas são conhecidas como gliadina e glutenina, compreendendo 85 % das proteínas presentes no trigo. O trigo também apresenta na sua composição um alto teor de amido. O grânulo de amido consiste de dois diferentes tipos de polímeros de glicose: amilose e amilopectina, responsáveis pelas propriedades de pasta, físico-químicas e tecnológico-funcionais das massas alimentícias (Hoseney, 1998).

A avaliação das características reológicas da farinha é utilizada para controlar a qualidade de farinhas de trigo e prever as características de processamento da massa e da qualidade dos produtos finais. Atualmente, todas as técnicas utilizadas para caracterizar a farinha de trigo são referentes ao processo de panificação sendo encontrados poucos dados específicos para a produção de macarrão instantâneo ou de massas alimentícias em geral (Hoseney, 1998). O farinógrafo é utilizado para medir a absorção de água ótima da farinha de trigo (aproximadamente 60 %) a ser adicionada à formulação de pão e mede a resistência da massa à mistura durante os sucessivos estágios do seu desenvolvimento. No entanto, para a produção de massas alimentícias, utiliza-se uma absorção de água muito menor (aproximadamente 30 %).

O sal também é um ingrediente muito utilizado na produção de *noodles* comuns e instantâneos. A adição de 1-3 % de sal à massa dos *noodles* ajuda a melhorar as propriedades viscoelásticas da massa e acelera a absorção de água durante o cozimento, diminuindo o tempo de cozimento (Hou, 2001, Kubomura, 1998). O sal também ajuda na estrutura interna da massa proporcionando uma aparência mais uniforme e macia. Com o aumento de sal, a massa do macarrão torna-se mais seca e sem elasticidade (Hou, 2001).

No Brasil, várias indústrias adicionam outros ingredientes à formulação de macarrão instantâneo, como por exemplo, hidrocolóides, corantes etc. Vários pesquisadores têm reportado a utilização de goma guar em diferentes estudos para melhorar a qualidade dos produtos, controlando a perda de umidade e a absorção de óleo no processo de fritura, além de produzir um produto poroso e crocante (Akdeniz et al., 2006; Raina et al., 2005; Yu e Ngadi, 2004).

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da adição de sal e goma guar ingredientes nas propriedades tecnológicas de macarrão instantâneo, além de estudar uma relação entre a absorção de água obtida nos farinogramas e a absorção de água ótima para produção de macarrão instantâneo quando adicionados sal e goma guar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Para a produção do macarrão instantâneo, as matérias-primas utilizadas foram: farinha de trigo (Propan 50), fornecida pela empresa Bunge (São Paulo, Brasil); gordura

de palma (370 F), fornecida pela empresa Agropalma (São Paulo, Brasil); goma guar (Grindsted® Guar 250), fornecido pela empresa Master Sense (Jundiaí, Brasil) e sal comum.

Nas determinações químicas, foram utilizados reagentes de pureza analítica e de acordo com as especificações requeridas pelos métodos empregados.

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterização da matéria-prima

2.2.1.1. Composição centesimal

As matérias-primas, farinha de trigo e goma guar, foram caracterizadas quanto a sua composição centesimal. Todas as análises foram realizadas em triplicata: (i) umidade, segundo o método oficial nº 44-15 da AACC (1995); (ii) gordura, segundo o método oficial nº 30-10 da AACC (1995); (iii) proteína, segundo o método oficial nº 46-13 da AACC (1995); (iv) cinzas, segundo o método oficial nº 08-10 da AACC (1995) e (vi) carboidratos por diferença (subtraindo os valores de umidade, gordura, proteínas e cinzas de 100).

2.2.1.2. Fibra alimentar total

O teor de fibra alimentar total das matérias-primas, farinha de trigo e goma guar, foi determinado por análise enzimática gravimétrica, de acordo com o método oficial nº 985.29 da AOAC (1995).

2.2.1.3. Cor

A cor das matérias-primas, farinha de trigo e goma guar, foi avaliada instrumentalmente utilizando-se um colorímetro, modelo COLOR QUEST II (HUNTERLAB). A determinação baseou-se nos sistemas CIEL*C*h (representação polar do sistema L*a*b*). No sistema CIEL*a*b*, L* indica luminosidade, que varia de zero (preto) a 100 (branco); enquanto a* e b* representam as coordenadas de cromaticidade, sendo que +a* indica tendência para o vermelho e -a* tendência para o verde; +b* indica tendência para o amarelo e -b* tendência para o azul. No sistema L*C*h, o croma (C*) e o ângulo de tonalidade (h) foram determinados pelas Equações 1 e 2, respectivamente. As condições de teste foram: iluminante D65, ângulo de visão de 10°, calibração "Reflectance Specular Included" (RSIN).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^* / a^*) \quad \text{(Equação 2)}$$

2.2.2. Propriedades físicas e reológicas da farinha de trigo

Além das análises citadas no item 2.2.1., a farinha de trigo foi caracterizada quanto às propriedades físicas (granulometria e calorimetria diferencial de varredura - DSC) e reológicas (farinografia, alveografia, viscosidade de pasta, Falling Number, teores e índice de glúten).

2.2.2.1. Granulometria

A granulometria da farinha de trigo foi determinada pelo método oficial nº 965.22 da AOAC (1995), modificando-se a série de peneiras. Alíquotas de 100 g de amostra foram submetidas à vibração por um período de 30 minutos em agitador de peneiras, modelo 2431 (PRODUTEST, Brasil). Utilizou-se um conjunto de peneiras de 20, 32, 60, 80, 100 mesh e fundo, de peso conhecido. Após o tempo estipulado, foi realizada a pesagem das peneiras com o material retido e foi determinada a distribuição do tamanho das partículas.

2.2.2.2. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

As propriedades térmicas da farinha de trigo foram determinadas, em triplicata, utilizando-se calorímetro diferencial de varredura (DSC SHIMADZU-TA60) (Kyoto, Japão) Foram pesados 3 mg de amostra em cápsulas de alumínio e foram adicionados 7 mL de água deionizada. As cápsulas foram seladas hermeticamente e após a pesagem foram mantidas em temperatura ambiente por 1 h antes da análise. Foi utilizada uma cápsula de alumínio vazia como referência. Empregou-se uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, varrendo uma faixa de temperatura de 30 °C a 95 °C. O sistema foi calibrado com indio (ΔH de fusão de 28,71 J/g e ponto de fusão de 156,6 °C) com elevada pureza (99,9 %) e água deionizada (ΔH de fusão de 335 J/g e ponto de fusão de 0,01 °C). Os valores de temperatura de início (T_o), temperatura de pico (T_p) e temperatura final de gelatinização (T_f), bem como os valores de entalpia (ΔH) foram obtidos a partir dos termogramas das amostras analisadas utilizando o *Universal Analyzer TA Software*.

2.2.2.3. Farinografia

A capacidade de absorção de água e as propriedades de mistura da farinha de trigo foram determinadas pelo farinógrafo Brabender (Duisburg, Alemanha), segundo método oficial nº 54-21 da AACC (1995). Os parâmetros obtidos a partir do farinograma foram: absorção de água (%), tempo de chegada (%), tempo de desenvolvimento da massa (min), tempo de saída (min), estabilidade (min) e índice de tolerância à mistura (UF).

2.2.2.4. Alveografia

As propriedades alveográficas da farinha de trigo foram determinadas em equipamento Chopin Alveograph (Villeneuve-la-Garenne, França) seguindo o método oficial nº 54-30A da AACC (1995). A alveografia determina as características viscoelásticas da farinha. Os parâmetros avaliados quantificam a energia necessária para a deformação da massa (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, a pressão máxima exercida na expansão da massa (P) expressa em milímetros e a extensibilidade (L), que mede o comprimento da curva (mm).

2.2.2.5. Viscosidade de pasta

As características de viscosidade de pasta da farinha de trigo foram determinadas com o analisador rápido de viscosidade (RVA - Rapid Visco Analyser), utilizando programa *Thermocline for Windows* versão 2.3. (Newport Scientific Pty. Ltd.) (Warriedwood, Austrália), segundo a metodologia oficial nº 162 proposta pelo ICC (1995), utilizando o programa Standard 1.

Foram adicionados 25 mL de água destilada em quatro gramas de farinha (corrigido para a base de 14 % de umidade). A mistura foi agitada a 960 rpm por 10 segundos e, a seguir, a 160 rpm até o término do processo. O perfil de temperatura padrão consistiu de uma temperatura inicial de 50 °C, mantida por 2 minutos sendo aumentada até a temperatura de 95 °C, permanecendo constante por 3 minutos. O resfriamento ocorreu até atingir a temperatura final de 50 °C. Os parâmetros avaliados foram: temperatura de pasta (°C), viscosidade máxima (cP), viscosidade mínima à temperatura constante (95 °C) (cP), viscosidade final (cP), breakdown (cP) e setback (cP).

2.2.2.6. *Falling number*

O *Falling Number* ou “número de queda” da farinha de trigo foi determinado no equipamento “Falling Number” da marca Perten Instruments, modelo 1800 (Huddinge, Suécia), de acordo com o método oficial nº 56-81B da AACC (1995), utilizando 7 gramas de farinha corrigido para 14 % de umidade.

2.2.2.7. Teores e índice de glúten

Os teores de glúten úmido e seco e o índice de glúten da farinha de trigo foram determinados no sistema Glutomatic e Glutork, marca Perten Instruments (Huddinge, Suécia), de acordo com o método oficial nº 38-12 da AACC (1995). As equações utilizadas foram as seguintes:

$$\text{Glúten úmido (\%)} = \text{glúten úmido (g)} * 100 / \text{amostra (g)} \quad \text{(Equação 3)}$$

$$\text{Glúten seco (\%)} = \text{glúten seco (g)} * 100 / \text{amostra (g)} \quad \text{(Equação 4)}$$

$$\text{Índice de glúten (\%)} = \text{glúten retido} * 100 / \text{glúten úmido total (g)} \quad \text{(Equação 5)}$$

2.2.3. Processamento para obtenção do macarrão instantâneo

Para obtenção dos macarrões instantâneos foi seguido o fluxograma apresentado na Figura 1. O sal e a goma guar foram dissolvidos na água e foram misturados com a farinha de trigo por 15 minutos no misturador do equipamento Piuno Nuova (Asti, Itália), sendo que após a mistura, a massa passou para um descanso de 5 minutos. Após o descanso, a massa foi laminada no cilindro do mesmo equipamento e, uma vez obtida a espessura desejada (1,2 mm), a lâmina da massa passou pelo cortador com largura 0,9 mm para obter o formato tipo talharim. Em seguida, os macarrões passaram para o processo de cozimento a vapor, que foi realizado em forno combinado da marca Prática, modelo EC-3 (Pouso Alegre, Brasil). Logo, os macarrões foram separados em porções de 50 g e fritos em fritadeira convencional da marca Gatromac (Caxias do Sul, Brasil), em óleo de palma a 150 ± 5 °C por 90 s.

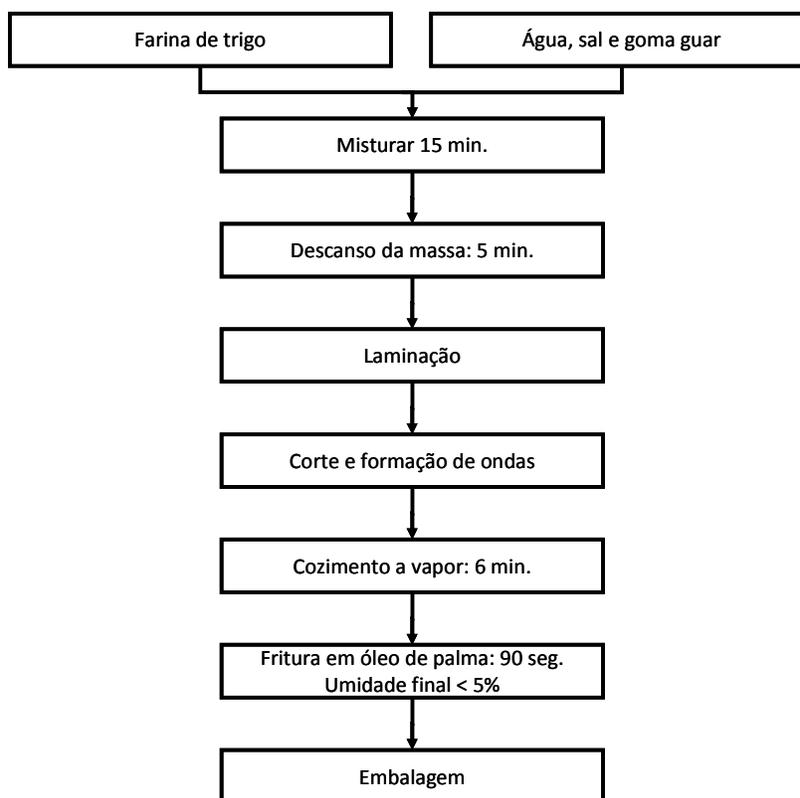


Figura 1. Fluxograma do processo para obtenção de macarrão instantâneo.

2.2.3.1. Planejamento experimental

Para obtenção dos macarrões foi seguido um Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) 2^2 para estudar os efeitos da adição de sal (0 - 3 %) e goma guar (0 - 1,5 %). Foram realizados, um total de 12 ensaios, sendo 4 fatoriais (combinações entre os níveis -1 e $+1$), 4 axiais (uma variável no nível $\pm \alpha$ e a outra em 0) e 4 centrais (as duas variáveis no nível 0). Os níveis das variáveis independentes, tanto codificados, como reais, e os ensaios realizados, encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Níveis das variáveis independentes

	- 1,4142 ($-\alpha$)	-1	0	+1	1,4142 ($+\alpha$)
Sal (%)	0	0,44	1,5	2,56	3
Goma Guar (%)	0	0,22	0,75	1,28	1,5

Tabela 2. Ensaio realizados de acordo com o Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) 2²

Ensaio	Sal (%)		Goma Guar (%)	
	vc	vr (%)	Vc	vr (%)
1	-1	0,44	-1	0,22
2	+1	2,56	-1	0,22
3	-1	0,44	+1	1,28
4	+1	2,56	+1	1,28
5	- α	0,00	0	0,75
6	+ α	3,00	0	0,75
7	0	1,50	- α	0,00
8	0	1,50	+ α	1,5
9	0	1,50	0	0,75
10	0	1,50	0	0,75
11	0	1,50	0	0,75
12	0	1,50	0	0,75

vc=valor codificado, vr=valor real
 $\alpha = 1,4142$

2.2.3.2. Adição de água na produção de macarrão instantâneo

Atualmente, todas as técnicas utilizadas para caracterizar a farinha de trigo são referentes ao processo de panificação sendo encontrados poucos dados específicos para a produção de macarrão instantâneo ou de massas alimentícias em geral. O farinógrafo é utilizado para medir a absorção de água ótima da farinha de trigo (aproximadamente 60 %) a ser adicionado a formulação de pão e mede a resistência da massa à mistura durante sucessivos estágios do seu desenvolvimento. No entanto, para a produção de massas alimentícias, se utiliza uma absorção de água muito menor (aproximadamente 30 %). Por isso, foi desenvolvida uma relação entre a absorção de água obtida nos farinogramas (método nº 54-21 da AACC (1995)) com a absorção de água ótima para a produção de macarrão instantâneo quando adicionados sal e goma guar.

2.2.3.3. Metodologias utilizadas na caracterização do macarrão instantâneo

Os macarrões obtidos foram caracterizados quanto ao teor de umidade (AACC 44-15), absorção de gordura (AACC 30-25), e textura (firmeza) com *probe* A/LKB, em

texturômetro TA-XT2i (SATBLE MICRO SYSTEMS, Inglaterra), com carga máxima de 50 kg, equipado com software TEXTURE EXPERT para a análise dos dados seguindo a metodologia oficial nº 16-50 da AACC (1995).

2.2.4. Forma de análise dos resultados

Os resultados obtidos na caracterização da matéria-prima, quando necessário, foram analisados estatisticamente por ANOVA e teste de Tukey, utilizando o programa Statistica 5.0 (Stat Soft, Inc., Tulsa, OK, EUA), objetivando a identificação da existência de diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras.

Para a análise dos resultados obtidos no DDCR foi utilizada a Metodologia de Superfície de Resposta. Os cálculos estatísticos foram feitos pelo erro padrão utilizando-se o software STATISTICA, versão 5.5 (Stat Soft, EUA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da matéria-prima

3.1.1. Composição centesimal

A composição centesimal das matérias-primas está apresentada na Tabela 3. Os resultados da composição centesimal da farinha de trigo apontam que a mesma apresenta um elevado teor de carboidratos, predominantemente amido e pouca fibra, um teor médio de proteína e teor baixo de cinzas. O teor de umidade da farinha de trigo foi de 12,61 %, estando dentro do limite estabelecido pela Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da Anvisa (Brasil, 2005) que determina que o teor de umidade da farinha não deve exceder 15 %, pois influencia na conservação da qualidade do produto, sendo um dos principais fatores de aceleração das reações químicas e enzimáticas e de crescimento de microrganismos.

A farinha de trigo analisada pode ser classificada em farinha de trigo Tipo 1 pois apresenta conteúdo de cinzas inferior a 0,8% e teor de proteínas acima de 7,5 %, que atende à Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005 (Brasil, 2005). Segundo Hosney (1998) a farinha de trigo apropriada para produção de macarrão instantâneo deve conter um teor de proteína considerável, entre 9,5 % e 12 %, pois teores muito altos proporcionaram uma textura muito dura, enquanto que teores de proteína muito baixos proporcionaram baixa tolerância ao cozimento. Logo, a farinha utilizada no

desenvolvimento deste trabalho está dentro das especificações para produção de macarrão instantâneo.

O teor de cinzas está diretamente relacionado com o grau de extração e o rendimento da farinha durante a moagem, que interfere no tamanho das partículas da farinha. Teores elevados tendem a proporcionar coloração mais escura, o que é inadequado para produção de massas alimentícias (Hoseney, 1998). Além disso, a presença de cinzas pode propiciar uma qualidade de cocção inferior (Ciacco e Chang, 1986). Sendo assim, o teor de cinzas da farinha de trigo apresenta um valor baixo, adequado para a produção de massas alimentícias.

Tabela 3. Composição química centesimal das matérias-primas*

Componente	Farinha (%)	Goma Guar (%)
Umidade*	13,04 ± 0,08	10,37 ± 0,09
Gordura*	0,77 ± 0,04	0,31 ± 0,04
Proteína*	10,74 ± 0,20	4,59 ± 0,09
Cinzas*	0,45 ± 0,01	0,99 ± 0,01
Carboidratos**	71,50	83,74
Fibra alimentar total*	2,44 ± 0,17	81,47 ± 0,15

*Média de três determinações.

**Calculados por diferença, incluem a fração de fibra alimentar

Médias com letras distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Tabela 3 pode ser observado que a goma guar apresenta um alto teor de fibra alimentar total e um baixo teor de gordura e cinzas. Segundo Informe Técnico nº 3, de 18 de janeiro de 2002, a utilização de goma guar, no Brasil, somente está autorizada para uso como aditivo alimentar nas funções de emulsificante, espessante e estabilizante, conforme estabelecido pela Resolução n.º 386, de 5 de agosto de 1999. Vários pesquisadores têm reportado a utilização de goma guar em diferentes estudos para melhorar as propriedades tecnológicas dos alimentos (Yu e Ngadi, 2004, Akdeniz et al., 2006).

3.1.2. Cor

As médias dos parâmetros de cor L^* , C^* e h_{ab} das matérias-primas estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros L*, C* e h_{ab}¹

	L*	C*	h _{ab}
Farinha	92,36 ± 0,46 ^a	9,34 ± 0,09 ^b	89,32 ± 0,26 ^b
Goma Guar	87,46 ± 0,12 ^b	10,77 ± 0,03 ^a	93,58 ± 0,06 ^a

¹Média de 4 determinações.

Médias com letras distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

A farinha de trigo apresentou uma cor mais clara (L*=92,36), com um ângulo de tonalidade (h_{ab}) menor (tendência à coloração branca-amarela) do que a goma guar, que apresentou uma cor mais escura (L*=87,46) e ângulo de tonalidade maior. Na produção de macarrão instantâneo, a farinha apropriada deve apresentar um baixo teor de pigmentos (valor de L* > 90), por isso, a farinha recomendada deve conter baixo teor de cinzas, o que geralmente se consegue com farinha de baixa extração.

3.2. Propriedades físicas e reológicas da farinha de trigo

A avaliação das características físicas e reológicas da farinha é utilizada para o controle de qualidade e para ajudar a prever as características do processamento da massa e a qualidade dos produtos finais.

É importante citar que as normativas que classificam a farinha de trigo se referem à farinha utilizada em panificação, sendo encontrados poucos dados específicos para a produção de macarrão instantâneo.

3.2.1. Granulometria

A Tabela 5 contém os dados referentes à granulometria da farinha de trigo. A análise dos resultados permite observar que aproximadamente 95 % das partículas da farinha de trigo apresentaram uma granulometria menor que 0,250 mm. A distribuição do tamanho das partículas influencia na capacidade da farinha em absorver água, sendo que as partículas menores da farinha absorvem mais rapidamente que as partículas maiores. A uniformidade na granulometria é mais importante que o próprio tamanho das partículas, pois favorece melhor distribuição da água pela massa (Hoseney e Rogers, 1990).

Tabela 5. Distribuição granulométrica*

Mesh	Abertura (mm)	Farinha de trigo (% retida)
14	1,19	0,92 ± 0,145
20	0,840	2,44 ± 0,076
32	0,500	3,04 ± 0,089
60	0,250	6,47 ± 2,68
80	0,177	52,57 ± 9,08
100	0,149	2,44 ± 1,44
Fundo	-	32,01 ± 9,78

*Média de 3 determinações.

A Instrução Normativa n° 8, de 02 de junho de 2005 (Brasil, 2005a), explica que quando mais que 95 % do produto passa pela peneira com abertura de malha de 0,250 mm o teor de cinza e proteína estão de acordo com o especificado na normativa (teor de cinzas <0,8 % e teor de proteína > 7,5 %), a farinha de trigo pode ser classificada como Tipo 1.

3.2.2. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

A análise de DSC mede o fluxo de calor em função da temperatura. Quando o amido é aquecido em excesso de água, um pico endotérmico é obtido, como pode ser observado na Figura 2. O começo do pico, onde a curva é desviada da linha base, corresponde ao começo da perda de birrefringência. A área sob a curva é uma medida de energia, conhecida nesta análise como entalpia, requerida para a transição de um estado ordenado para um desordenado, como por exemplo, no caso do amido, do estado cristalino para a fusão do mesmo (Hoseney, 1998).

Os valores da temperatura inicial (T_0), temperatura de pico (T_p) e temperatura final (T_f) de gelatinização e a variação da entalpia de gelatinização (ΔH) da farinha de trigo foram $54,42 \pm 0,38$ °C, $60,41 \pm 0,42$ °C, $66,08 \pm 0,14$ °C, $4,45 \pm 0,14$ J/g, respectivamente. Na Figura 2 se visualiza o termograma obtido na análise de DSC da farinha de trigo.

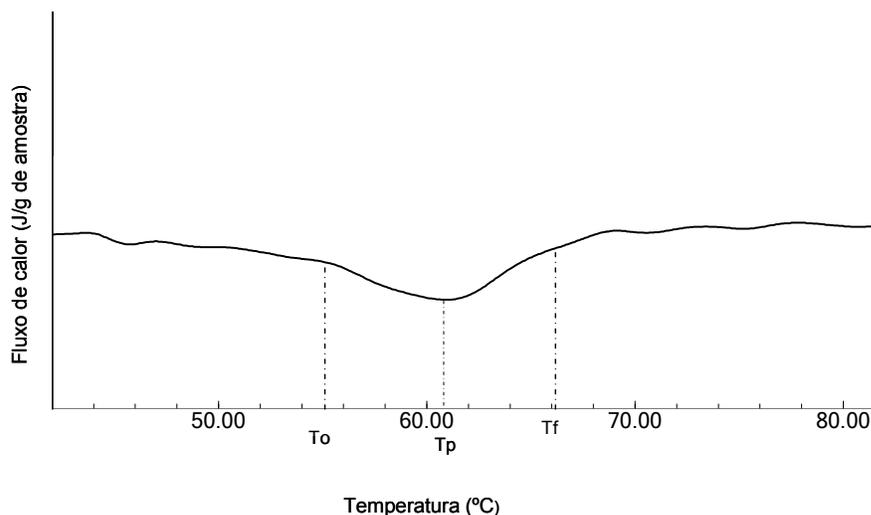


Figura 2. Termograma de calorimetria diferencial de varredura de farinha de trigo (To = Temperatura inicial de gelatinização, Tp = Temperatura de pico, Tf = Temperatura final de gelatinização).

Neste trabalho, a temperatura de gelatinização obtida da curvas do termograma do DSC foi definida como a temperatura de pico (Tp). Para a entalpia de gelatinização foi considerada a quantidade de energia requerida para a transição de estado. A curva apresentou uma única transição endotérmica onde observa-se claramente a faixa de gelatinização do amido da farinha de trigo que variou de 54,42 a 66,08 °C. Segundo Hosney (1998) a faixa de gelatinização do trigo encontra-se entre os 55 °C e 65 °C.

3.2.3. Farinografia

A Tabela 6 apresenta as características farinográficas da farinha de trigo. O farinógrafo mede a resistência da massa à mistura durante sucessivos estágios do seu desenvolvimento. Por meio de um processo de mistura brando e prolongado, a massa é formada, e é desenvolvida até atingir a consistência máxima e, finalmente, é sobremisturada.

Tabela 6. Características farinográficas da farinha de trigo

Parâmetros*	Farinha
Absorção de água (%)	61,47 ± 0,06
Tempo de chegada (min)	1,30 ± 0,17
Tempo de desenvolvimento (min)	8,50 ± 0,01
Tempo de saída (min)	12,17 ± 0,76
Estabilidade (min)	11,87 ± 0,90
Índice de tolerância à mistura (UF)	34,83 ± 0,29

*Medias de 3 determinações
UF= Unidades Farinográficas

Observa-se que a farinha de trigo utilizada é classificada como forte segundo a classificação de Pizzinatto (1999), com base na absorção, tempo de desenvolvimento, estabilidade e índice de tolerância à mistura obtidas neste estudo.

3.2.4. Alveografia

A Tabela 7 apresenta os parâmetros de alveografia da farinha de trigo. A alveografia determina as características viscoelásticas da farinha. O alveógrafo estende a massa em duas direções (extensão biaxial), o que está associado com a expansão da célula de gás (alvéolo) durante o crescimento da massa. Assim, a deformação da massa durante o teste assemelha-se muito à deformação que ocorre na massa durante a fermentação e crescimento no formo.

Tabela 7. Parâmetros do alveógrafo da farinha de trigo*

Parâmetros	Valores
P (mm)	95,33 ± 1,77
L (mm)	55,00 ± 2,65
P/L	1,74 ± 0,08
W (10 ⁻⁴ J)	268,50 ± 11,08

*Medias de 3 determinações

Segundo a Instrução Normativa nº 7 de 15 de Agosto de 2001 (Brasil, 2001) os valores obtidos no alveógrafo, classificam, com base no parâmetro W, o trigo utilizado para a extração da farinha, como trigo melhorador (que pode ser utilizado para melhorar farinhas mais fracas).

3.2.5. Propriedades viscoamilográficas

Os resultados obtidos para as propriedades viscoamilográficas da farinha de trigo estão apresentados na Tabela 8.

O RVA (Rapid Visco Analyser) é um equipamento que mede a mudança de viscosidade do amido, ou produtos à base de amido, sob condições padronizadas de água, agitação e temperatura. Os dados obtidos indicam um rápido aumento durante a fase de aquecimento devido ao inchamento do grânulo de amido, lixíviação da amilose e consequentemente a absorção de água. Com temperatura e agitação constante, ocorre uma queda da viscosidade em função do rompimento dos grânulos de amido e orientação da amilose no sentido da agitação. O resfriamento posterior promove a diminuição da energia do sistema e a formação de ligações de hidrogênio entre as cadeias de amido, resultando em aumento de viscosidade, também denominado de retrogradação (Huang e Rooney, 2001).

Tabela 8. Parâmetros obtidos no RVA

Parâmetros*	Farinha de trigo
Temperatura de pasta (°C)	71,22 ± 1,91
Viscosidade máx. (cP)	2264,00 ± 34,64
Viscosidade mín à temperatura constante 95°C (cP)	1344,08 ± 80,32
Viscosidade final (cP)	2750,00 ± 31,58
Breakdown (cP)	634,00 ± 89,40
Setback (cP)	1153,33 ± 40,67

* Média de 3 determinações

Segundo vários autores, as propriedades de pasta (viscosidade mínima, viscosidade final, breakdown e setback) são parâmetros do amido que influenciam na qualidade dos produtos. Por exemplo, em panificação, para obter um pão de boa qualidade, a farinha deve ter amido com as seguintes propriedades: alta viscosidade mínima, alta viscosidade final, pequeno breakdown, pequeno setback (Sahlstrøm et al., 2003). Já para *noodles* japoneses, os autores recomendam que as propriedades de pasta apresentem valores altos, mas para *noodles* tipos Cantonese ou instantâneos, as propriedades são menos críticas (Baik et al. 1994).

3.2.6. *Falling number* (Número de queda)

A atividade enzimática medida pelo *Falling Number* da farinha de trigo foi de $422,17 \pm 4,01$ segundos. O teste do Número de Queda fundamenta-se na rápida gelatinização do amido presente numa suspensão aquosa de farinha, quando submetido a tratamento térmico em banho-maria fervente e na subsequente liquefação do gel formado pela ação da α -amilase presente na amostra. Portanto, a atividade da α -amilase é determinada usando o amido da própria amostra como substrato. Segundo Pizzinatto (1999), farinhas que apresentam um valor superior a 300 segundos, possuem uma atividade enzimática baixa. Esta característica é importante na produção de macarrão instantâneo, pois é desejável uma atividade da enzima baixa para conseguir manter a qualidade do produto final, tanto em textura como em tolerância ao cozimento. Segundo a Instrução Normativa n°. 7 de 15 de agosto de 2001 (Brasil, 2001), a farinha usada neste trabalho pode ser classificada como melhoradora ou para outros usos, pois o *Falling Number* obtido foi maior que 300 segundos e o valor mínimo da força do glúten se aproxima de 300×10^{-4} J;

3.2.7. Teores e índice de glúten

Os teores de glúten úmido e seco e o índice de glúten (IG) da farinha de trigo foram $25,06 \pm 0,47$ %; $8,48 \pm 0,20$ % e $95,68 \pm 0,93$ %, respectivamente.

A qualidade da farinha de trigo depende da quantidade e da qualidade de suas proteínas, especialmente de duas proteínas insolúveis em água (gliadina e glutenina) que juntas recebem o nome de glúten. Esta análise consiste no isolamento do glúten mediante a lavagem da massa com solução salina (2 %) para a remoção das partes solúveis da farinha de trigo (amido, proteínas solúveis, etc.), depois passa por uma centrifugação para remoção do excesso de água e finalmente os resíduos da centrifugação são pesados para assim calcular os parâmetros desejados.

Segundo Pizzinatto (1999), a farinha de trigo pode ser classificada quanto à qualidade em muito boa (IG > 90), boa (IG entre 60-90), média (IG entre 40-60) e fraca (IG < 40) para panificação. Portanto, a farinha de trigo pode ser classificada como muito boa por apresentar o valor do índice de glúten superior a 90.

Segundo Pomeranz (1988) e Almeida (2006), o glúten da farinha de trigo apresenta uma capacidade relativamente constante de absorção de água

(aproximadamente 2,8 vezes o conteúdo de glúten seco). Isso também foi verificado na farinha de trigo, pois a relação glúten úmido/glúten seco foi de 2,9.

3.3. Delineamento experimental

Os resultados obtidos a partir do planejamento experimental composto central rotacional 2² para verificar os efeitos da adição de sal (%) e de goma guar (%) sobre a absorção de água, teor de água ideal para ser adicionado à formulação do macarrão instantâneo, teor de umidade, absorção de gordura e firmeza estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Resultados obtidos no DCCR

Ensaio	Sal (%)	Goma Guar (%)	Absorção de água (%)	Água adicionada à formulação (%)	Umidade (%)	Gordura (%)	Firmeza (gf)
1	-1	-1	63,50	36,00	2,28	22,49	106,81
2	1	-1	62,90	35,40	1,37	21,59	105,24
3	-1	1	64,10	36,60	1,66	22,35	114,42
4	1	1	63,80	36,30	1,95	24,20	115,58
5	- α	0	64,50	37,00	1,19	23,23	107,54
6	+ α	0	62,20	34,70	1,58	22,01	84,80
7	0	- α	62,60	35,10	2,25	21,94	91,20
8	0	+ α	64,70	37,20	1,81	23,54	110,03
9	0	0	62,60	35,10	1,73	24,85	89,13
10	0	0	62,50	35,00	1,25	25,07	90,92
11	0	0	62,60	35,10	1,67	25,41	96,10
12	0	0	62,55	35,05	1,55	25,11	90,72

$\pm\alpha = \pm 1,4142$

3.3.1. Absorção de água

Os resultados apresentados na Tabela 9 para a resposta absorção de água avaliado em farinógrafo são a média aritmética de 3 repetições. Estes valores foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a absorção de água. As diferentes misturas de farinha de trigo, sal e goma guar apresentaram valores de absorção de água entre 62,2 % e 64,7 %, como valores mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA)

obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,88 e um valor de $F_{\text{calculado}}$ 3 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes (Equação 6), que mostra a possibilidade da absorção de água ser estimada em função do sal e da goma guar adicionados na produção de macarrão instantâneo, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a absorção de água é quadrática, sendo o fator de interação não significativo e eliminado após o ajuste.

$$\text{Absorção de água (\%)} = 62,56 - 0,52 * S + 0,41 * S^2 + 0,56 * GG + 0,56 * GG^2 \quad \text{(Equação 6)}$$

onde:

S = Teor de sal (%)

GG= Teor de goma guar (%)

A partir do modelo obtido, foi possível gerar a superfície de resposta para a absorção de água, apresentada na Figura 3, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

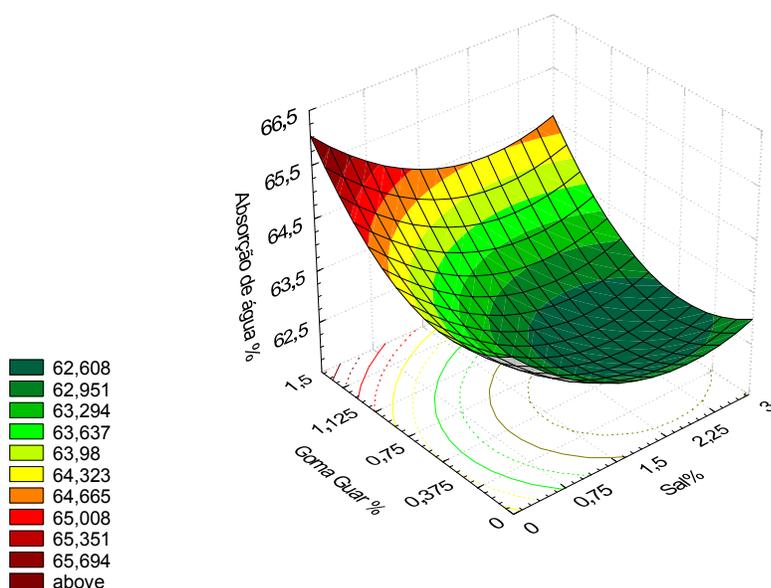


Figura 3. Superfície de resposta para a “absorção de água” em função do teor de sal e goma guar

O modelo matemático e a superfície de resposta da absorção de água obtidos através dos farinogramas demonstraram que existe uma relação inversa com a adição de sal e direta com a adição de goma guar. Ao utilizar altos níveis de sal e baixos de goma guar, a absorção de água diminuiu consideravelmente. Isto está relacionado a natureza da goma guar que apresenta uma alta capacidade de absorção de água.

Devido ao motivo do farinógrafo ser mais utilizado para panificação (p.ex.:pão, biscoitos e bolos), foi necessário determinar uma relação entre a absorção de água do farinógrafo com a adição de água necessária para a produção de massas alimentícias de boa qualidade. Por isso, foram testadas várias relações, obtendo-se a seguinte equação:

$$Q (\%) = (a - b) + c \quad \text{(Equação 7)}$$

Onde:

Q=quantidade de água a ser adicionado para obtenção de massas (%);

a= Absorção de água de cada ensaio do DCCR no farinógrafo

b= Absorção de água da farinha pura obtida no farinógrafo → 61,5%

c= Adição de água ótima da farinha pura utilizada neste estudo para obtenção de macarrão → 34%

Com esta relação foi possível alcançar uma umidade ótima para produção de massas alimentícias laminadas tipo *noodles* ou talharim. A adição de água na produção de massas alimentícias laminadas é muito importante, pois a qualidade final dos produtos depende da qualidade da massa. O nível de umidade ou água adicionada depende da quantidade e qualidade das proteínas, quantidade de amido, especialmente do teor de amido danificado, granulometria da farinha e pentosanas. Baixo nível de adição de água produz uma massa listrada e, às vezes, modifica a superfície da lâmina de massa deixando a massa fragmentada (não lisa), obtendo-se de tiras fracas e fáceis de quebrar na hora da secagem devido à ausência de zonas não coesivas. Por outro lado, o excesso de água causa problemas na lâmina da massa resultando numa massa coesiva e pegajosa (Hou, 2001).

3.3.2. Água adicionada à formulação

A quantidade de água adicionada à massa na produção de macarrão instantâneo variou de 34,7 % a 37,2 %, para as 12 diferentes formulações de farinha de trigo, sal e goma guar. Estes valores foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a água adicionada na formulação de macarrão instantâneo. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,88 e um valor de $F_{\text{calculado}}$ 3 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes (Equação 8), que mostra a possibilidade da água adicionada à formulação ser estimada em função do sal e da goma guar adicionados na produção de macarrão instantâneo, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a adição de água é quadrática, sendo o fator de interação não significativo e eliminado após o ajuste.

$$\text{Água adicionada à formulação (\%)} = 35,06 - 0,52 * S + 0,41 * S^2 + 0,56 * GG + 0,56 * GG^2$$

(Equação 8)

onde:

S = Teor de sal (%)

GG= Teor de goma guar (%)

Como a resposta água adicionada à formulação foi calculada a partir da Equação 7, o modelo matemático da resposta água adicionada à formulação (Equação 8) apresenta os mesmos coeficientes de regressão que a resposta absorção de água, diferenciando-se unicamente na média da equação. Além disso, a superfície de resposta obtida para a resposta água adicionada à formulação apresenta as mesmas tendências que a superfície de resposta obtida para resposta “absorção de água” (Figura 3), como pode ser observado na Figura 4.

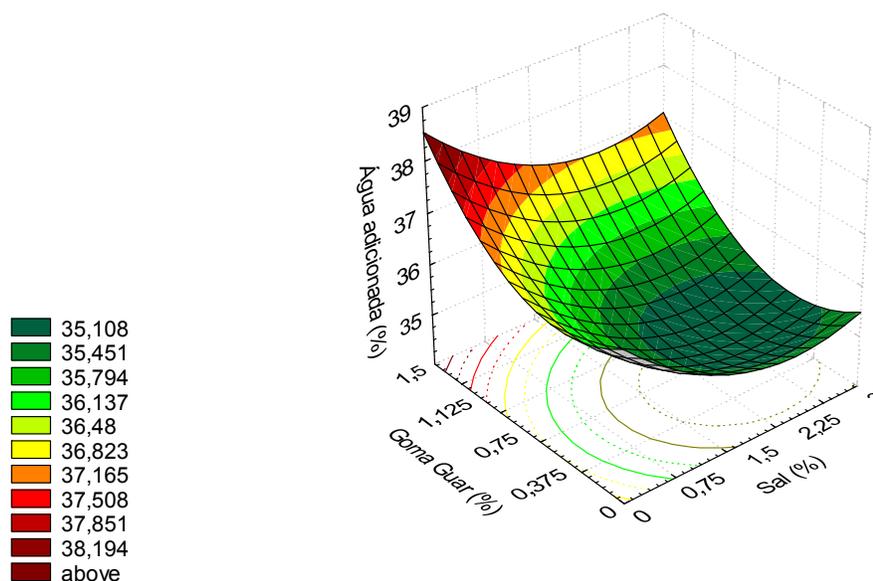


Figura 4. Superfície de resposta para resposta “água adicionada à formulação” em função do teor de sal e goma guar

3.3.3. Teor de umidade do produto final

Os resultados apresentados na Tabela 9 para o teor de umidade são a média aritmética de 3 repetições. Estes valores foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre o teor final de umidade nos macarrões. As diferentes misturas de farinha de trigo, sal e goma guar apresentaram teores de umidade entre 1,19 % e 2,28 %, como valores mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. No entanto, não foi possível obter um modelo matemático desta resposta, pois os erros padrão de todos os efeitos apresentaram-se elevados. Por isso, o modelo matemático e as superfícies de resposta não foram

considerados para esta resposta, já que ao eliminar da análise estatística os efeitos não-significativos, o coeficiente de variação (R^2) apresentou um valor muito baixo (0,72) e os resíduos apresentaram valor alto. Este comportamento se deve ao fato dos macarrões apresentarem valores de umidade muito próximos entre si (Tabela 9), independente das quantidades adicionadas de sal, e goma guar, considerando as faixas de valores avaliados neste estudo.

O processo de fritura na produção de macarrão instantâneo é utilizado como processo de desidratação rápida. O objetivo desta desidratação é obter produtos com umidade final menor que 10 %, o que foi conseguido neste estudo, pois a faixa em que se encontram todos os ensaios é menor que 5 %. Geralmente, o conteúdo de umidade dos noodles instantâneos deve estar abaixo de 10 % e a atividade de água deve-se encontrar na faixa de 0,5 a 0,6, fornecendo uma melhor estabilidade microbiana (Kubomura, 1996).

A perda de umidade na obtenção de macarrão instantâneo é muito importante, pois a evaporação da água pelo processo de fritura produz a estrutura particular do macarrão instantâneo, já que o processo de secagem por fritura é um processo de desidratação rápida. A água da superfície dos noodles evapora rapidamente quando submersos no óleo quente (135-160 °C). A desidratação na superfície provoca a migração da água do interior rapidamente para a superfície formando uma estrutura porosa devido à rapidez com que a água é evaporada (Rho, Seib, Chung, 1986). A água evaporada é substituída pelo óleo da fritura, formando-se pequenos micro-canais que servem para que a água entre com maior rapidez no cozimento (re-hidratação) (Hou, 2001).

3.3.4. Absorção de gordura do produto final

Os resultados apresentados na Tabela 9 para a absorção de gordura são a média aritmética de 3 repetições. Estes valores foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a absorção de gordura. As diferentes misturas de farinha de trigo, sal e goma guar apresentaram valores de absorção de gordura entre 21,59 % e 25,41 %, como valores mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,95 e um valor de $F_{\text{calculado}}$ 9,52 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes

(Equação 9), que mostra a possibilidade da absorção de gordura ser estimada em função do sal e da goma guar adicionados na produção de macarrão instantâneo, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a absorção de gordura é quadrática, sendo o fator da adição de sal linear não significativo e eliminado após o ajuste.

$$\text{Absorção de gordura (\%)} = 25,11 - 1,25 \cdot S^2 + 0,59 \cdot GG - 1,19 \cdot GG^2 + 0,69 \cdot S \cdot GG$$

(Equação 9)

onde:

S = Teor de sal (%)

GG= Teor de goma guar (%)

A partir do modelo obtido, foi possível gerar a superfície de resposta para a absorção de gordura, apresentada na Figura 5, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

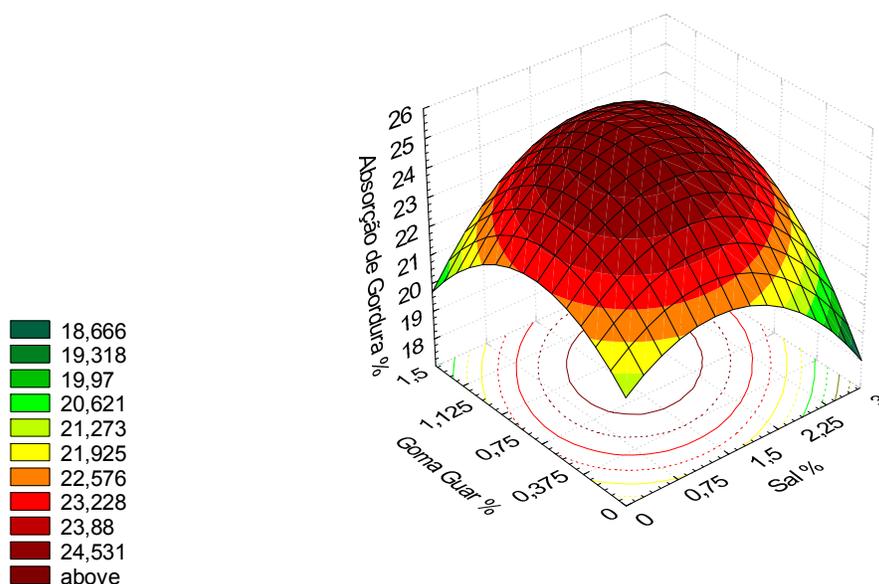


Figura 5. Superfície de resposta para a absorção de gordura como função do teor de sal e goma guar.

A superfície de resposta indica que utilizando valores intermediários das duas variáveis estudadas, o maior valor de absorção de gordura foi alcançado. Por isso, para diminuir a absorção de gordura recomenda-se a utilização dos pontos extremos, como por exemplo, altos níveis das duas variáveis, altos níveis de uma variável e baixo da outra, ou baixos níveis das duas variáveis.

Do ponto de vista econômico e nutricional, a absorção de gordura em produtos fritos tem um papel crítico. A absorção de gordura aumenta os custos de produção e diminui a vida de prateleira devido à rancidez oxidativa do óleo presente nos noodles (Wu et al., 2006). Além disso, por ser um produto frito, contém alto teor de óleo residual e compostos derivados de óleos, acarretando preocupação com relação à saúde, já que o consumo excessivo de gordura, especialmente gordura saturada, está relacionado com problemas de obesidade, doenças cardiovasculares e outros problemas de saúde (Goel et al., 1999; Saguy e Dana, 2003).

O conteúdo de gordura de noodles instantâneos comerciais se encontra na faixa de 16-24 % (Wu et al., 2006). Os macarrões instantâneos obtidos neste processo se encontram nessa faixa.

Yu e Ngadi (2004) estudaram a influência da adição de água (27,3 – 40,7 %), goma guar (0 -0,37 %) e amido de batata (0 -9,2 %) na absorção de óleo de macarrão instantâneo. Eles concluíram que a goma guar, por ser um hidrocolóide, reduz a absorção de óleo a baixos teores de umidade (<35 %), enquanto que ao aumentar os níveis de água (>0,35 %), os macarrões apresentaram um efeito contrário. Os autores também reportaram que ao aumentar os níveis de amido, quando utilizados baixos teores de goma (<0,3 %), houve também uma diminuição na absorção de óleo, enquanto que ao aumentar os níveis de goma (> 0,3 %), observaram um aumento na absorção de óleo.

3.3.5. Firmeza

Os resultados apresentados na Tabela 9 para a firmeza são a média aritmética de 7 repetições. Estes valores foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a firmeza. Os macarrões instantâneos apresentaram valores de firmeza entre 84,15 g a 115,58 g como valores mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 68,25 e um valor de $F_{\text{calculado}}$ 1,9 vezes maior que o F_{tabelado} , a 10% de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes (Equação 10), que mostra a possibilidade da firmeza ser estimada em função do sal e goma guar adicionados na produção de macarrão instantâneo desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a firmeza é quadrática, sendo os fatores da adição de sal linear e o de interação não significativos e eliminados após o ajuste.

$$\text{Firmeza (gf)} = 85,62 + 8,30 \cdot S^2 + 5,57 \cdot GG + 10,52 \cdot GG^2 \quad (\text{Equação 10})$$

onde:

S = Teor de sal (%)

GG= Teor de goma guar (%)

A partir do modelo obtido, foi possível gerar a superfície de resposta para a firmeza, apresentada na Figura 6, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade tecnológica estudada.

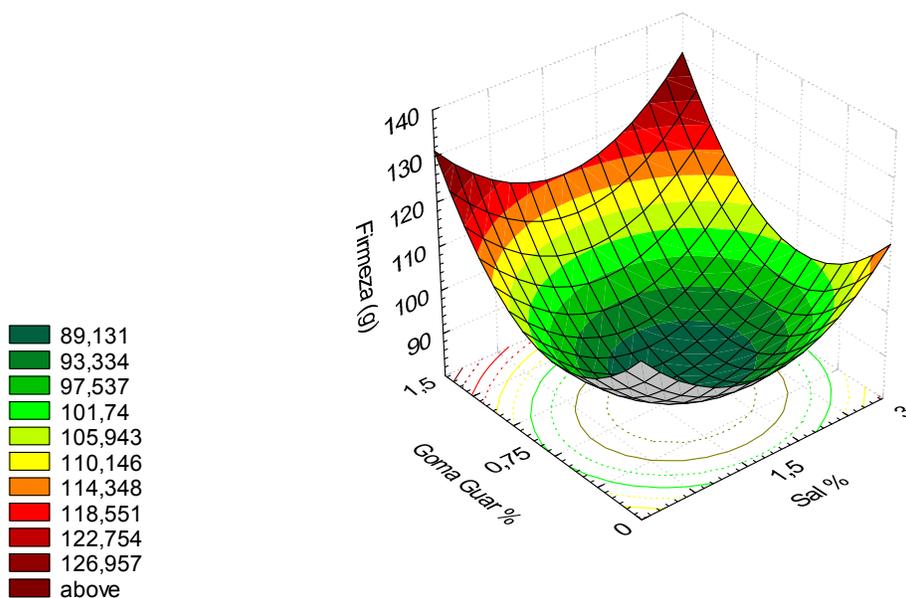


Figura 6. Superfície de resposta para a firmeza em função do teor de sal e goma guar

Na Figura 6 pode ser observado que a menor firmeza foi obtida com teores intermediários das duas variáveis, enquanto que os maiores valores de firmeza foram obtidos quando utilizados os valores nos níveis extremos da goma guar, como por exemplo, níveis máximos da goma guar e níveis baixos ou altos de sal, ou níveis baixos de goma guar e níveis altos e baixos de sal. Desta forma pode ser observado que a goma guar teve maior influência quando analisada a firmeza de macarrões instantâneos.

No entanto, ao utilizar níveis altos e baixos de sal, com níveis altos e baixos de goma guar, os macarrões também apresentaram valores altos de firmeza (não os maiores valores). A diferença nos valores da firmeza pode ser explicada devido às interações entre os componentes do macarrão instantâneo. Quando utilizado baixos teores de sal e altos de goma guar, as ligações de hidrogênio da goma com os componentes da farinha são maiores. Ao adicionar sal à formulação, pode existir uma competição entre os enlaces de hidrogênio e iônicas, diminuindo a firmeza dos macarrões. Por outro lado, ao adicionar altos teores de sal, as forças iônicas fortalecem o glúten da farinha de trigo, melhorando as propriedades de textura, aumentando assim a firmeza dos macarrões.

A firmeza é uma qualidade muito subjetiva, dependendo dos hábitos, costumes e culturas das pessoas. Em todos os países varia o tipo de produto ideal aceito pelos consumidores. Por exemplo, nos países asiáticos, um dos alimentos mais consumidos são os noodles que são elaborados com farinha de trigo comum, água e sal ou sais alcalinos. No Japão, os consumidores preferem noodles com uma textura mais macia, mais elásticos, lisos e com uma aparência clara e translúcida, enquanto que na China os consumidores preferem os noodles com uma estrutura mais firme e compacta e com uma aparência menos translúcida e mais amarela devido à adição de sais alcalinos (Hou, 2001). O consumo de noodles no Brasil ainda está em crescimento, no entanto já existe um perfil entre os consumidores, os quais preferem um macarrão com menos firmeza.

A adição de 1-3 % de sal à massa dos noodles ajuda a melhorar as propriedades viscoelásticas da massa (melhora a textura) e também ajuda na estrutura interna da massa proporcionando uma aparência mais uniforme e macia (Hou, 2001).

Yu e Ngadi (2004) estudaram a influência da adição de água (27,3-40,7 %), goma guar (0,03-0,37 %) e amido de batata (0,8-9,2 %) na textura de macarrões instantâneos. Ao aumentar os teores de água, goma guar e amido, a elasticidade e a extensibilidade do macarrão instantâneo cozido aumentou significativamente. Neste trabalho, foi observado

que em níveis altos de goma guar, junto com níveis altos de sal, a firmeza dos macarrões aumenta consideravelmente. No entanto, em valores médios das duas variáveis estudadas, foram alcançados os menores valores de firmeza.

Outros autores estudaram o efeito da adição de farinha de arroz pré-gelatinizada, vital glúten e goma guar nas propriedades de textura de macarrão feito à base de farinha de arroz. A adição de goma guar resultou em efeitos significativos nas propriedades de textura. A média do valor da firmeza aumentou significativamente ao aumentar os níveis de goma guar de 0,5-2 %. Este aumento pode ser explicado pelas forças que ligam a parte hidrossolúvel do amido aos hidrocolóides (Raina et al., 2005)

4. CONCLUSÕES

Com este estudo foi possível encontrar uma relação entre a absorção de água obtida no farinógrafo com a adição de água ótima necessária para a produção de macarrão instantâneo de boa qualidade. As superfícies de resposta indicaram que a absorção de água da massa foi menor quando utilizados valores baixos de goma guar e altos de sal. A adição de goma guar e sal à formulação de macarrão instantâneo alteraram as propriedades da massa e a qualidade do produto final. Na análise de absorção de gordura, os maiores valores foram obtidos quando utilizados valores médios das duas variáveis, no entanto, os menores valores de absorção de gordura foram alcançados ao utilizar os níveis extremos, ou seja, ao utilizar altos níveis de uma variável e baixos da outra ou vice versa, ou altos ou baixos níveis das duas variáveis. Por outro lado, os menores valores de firmeza foram obtidos com teores intermediários das duas variáveis, enquanto que os maiores valores de firmeza foram obtidos quando utilizados os valores nos níveis extremos da goma guar, como por exemplo, níveis máximos da goma guar e níveis baixos ou altos de sal, ou níveis baixos de goma guar e níveis altos e baixos de sal.

Sendo assim, para dar continuidade aos seguintes capítulos deste estudo, foi escolhido um ponto ótimo com 0,22 % de goma guar e 2 % de sal que resultam em macarrões instantâneos com a textura numa faixa intermediária e um teor de gordura moderadamente mais baixo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES-PEC-PG pela bolsa de doutorado da aluna Maria Gabriela Vernaza Leoro, e a FAPESP (Processo no. 08/02474-1) pelo auxílio a pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho. Os autores também agradecem às empresas: Bunge, National Starch, Tate and Lyle, Agropalma e MasterSense pelas doações da farinha de trigo, amido resistente tipo 2, amido resistente tipo 3, gordura de palma e goma guar, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.A.C.C - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.** 9ª ed. St. Paul: Approved Methods Committee, 1995. v. 1 e 2.

ABIMA. Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias, 2002. Disponível em <http://www.abima.com.br/mercado03.asp>. Acesso em: 24 fev de 2007.

AKDENIZ, N.; SAHIN, S.; SUMNU, G. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrots slices. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.522-526, 2007.

ALMEIDA, E.L.. Efeito da adição de fibra alimentar sobre a qualidade de pão pré-assado congelado. 2006. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

A.O.A.C - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International.** 16ª ed. Arlington: AOAC International, 1995. v.1.

BAIK, B.K.; LEE, M.R. Effects of starch amylase content of wheat on textural properties of white salted *noodles*. **Cereal Chemistry**, v.80, n.3, p.304-309, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa. Instrução Normativa nº7 de 15 de agosto de 2001. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Trigo. Disponível em www.agricultura.gov.br.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa. Instrução Normativa nº8 de 02 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Farinha de Trigo. Disponível em www.agricultura.gov.br.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resoluções. Resolução RDC Nº 263 de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. Fabricação de amido e sua utilização. Série: Tecnologia Agroindustrial. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, São Paulo, 1982, 152p.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Como fazer massas**. Icone Editora e Editora da Unicamp, 1986, 127p.

GOEL, P.K.; SINGHAL, R.S.; KULKARMI, P.R. Deep-fat fried noodle-like products from model individual blends of corn starch with casein, soy protein or their hydrolysates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.1577-1582, 1999.

HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**, 2a Edição, St. Paul, Minnesota, American Association of Cereal Chemists, Inc, 1998, 273.

HOSENEY, R.C.; ROGERS, D.E. The formation and properties of wheat flour doughs. *Food Science and Nutrition*, v.26, n.2, p.73-93, 1990

HOU, G.Q. Oriental *noodles*. *Advances in Food and Nutrition Research*, v.43, p.141-193, 2001.

Huang, D. P.; Rooney, L. W. Starches for snack foods. *In: LUSAS, E. W.; ROONEY, R. W. Snack foods processing*. CRC Press, Boca Raton, p.115-136, 2001.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Rapid Pasting Method using the Newport Rapid Visco Analyser**. ICC Standard No. 162, Int. Association of Cereal Science and Technology. 1995.

KUBOMURA, K. Instant *Noodles* in Japan. **Cereal Foods World**, v.43, n.4, p.194-197, 1998.

PIZZINATTO, A. Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 72p. 1999

POMERANZ, Y. Wheat: chemistry and technology. 3 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 1, 514p. e v. 2, 562p. 1988.

RAINA, C.S.; SINGH, S.; BAWA, ^aS.; SAXENA, D.C. Textural characteristics of pasta made from rice flour supplemented with proteins and hydrocolloids. **Journal of Texture Studies**, v.36, p.402-420, 2005.

RHO, K.L.; SEIB, O.K.; CHUNG, D.S. Retardation of rancidity in deep-fried instant *noodles*. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.63, p.251-256, 1986.

SAGUY I.S; DANA, D.; Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v.56, p.143-152, 2003.

SAHLSTRØM, S.; BÆVRE, A.B.; BRÅTHEN, E. Impact of Starch Properties on Hearth Bread Characteristics. I. Starch in Wheat Flour. **Journal of Cereal Science**, v. 37, p 275-284, 2003.

WU, J.; ALUKO, R.E.; CORKE, H. Partial least-squares regression study of the effect of wheat flour composition, protein and starch quality characteristics on oil content of steamed-and-fried instant *noodles*. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.117-126, 2006.

YU, L.J.; NGADI, M.O. Textural and other quality properties of instant fried *noodles* as affected by some ingredients. **Cereal Chemistry**, v.81, n.6, p. 772-776, 2004.

CAPÍTULO 3: Adição de 3 fontes diferentes de amido resistente em macarrão instantâneo: propriedades reológicas e tecnológicas

Maria Gabriela VERNAZA^{1*}; Yoon Kil CHANG¹

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - C.P. 6121 - CEP 13083-862 - Campinas-SP; E-mails: gabriela.vernaza@gmail.com; yokic@fea.unicamp.br,

*Autor para correspondência.

Resumo

A preocupação com o consumo excessivo de gordura e carboidratos tem provocado tentativas de aumentar o consumo de fibras. Uma alternativa tem sido o desenvolvimento de novos produtos que empreguem novos ingredientes que possam atuar incrementando o valor nutricional e funcional de alimentos tradicionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas, físico-químicas e reológicas da mistura de farinha de trigo com três diferentes tipos de amido resistente comercial: *Hi Maize* 260 (HM) (AR2, amido resistente isolado industrialmente), Promitor (Prom) (AR3, gelatinizado e retrogradado) e farinha de banana verde (Ban) (AR2, amido resistente presente na forma natural) e estudar as propriedades tecnológicas e nutricionais de macarrões instantâneos funcionais com a adição de 10 % de cada amido resistente. A cor, o teor de amido resistente, as propriedades de viscosidade de pasta e as propriedades térmicas foram analisadas nas matérias-primas e nas misturas. Nas propriedades reológicas foram analisados os parâmetros obtidos no farinógrafo e extensógrafo Brabender. Os macarrões foram obtidos pelos processos de fritura convencional (a pressão atmosférica e 150 ± 3 °C) e a vácuo (pressão de -0,8 bar e 110 ± 3 °C) em diferentes tempos de fritura (30, 60, 90 e 120 para o processo de fritura convencional e 30, 60, 90, 120 e 150 s para o processo de fritura a vácuo), e foram caracterizados quanto ao teor de umidade final, à absorção de gordura e ao teor de amido resistente. Já os macarrões obtidos após 90 s de fritura no processo convencional e após 120 s no processo a vácuo, foram analisados, além das outras análises, quanto à firmeza e à cor instrumental. Os resultados obtidos mostraram que o Promitor apresentou o maior teor de amido resistente (62 %), quando comparado ao *Hi Maize* (44 %) e à farinha de banana verde (45 %). Os resultados obtidos na análise reológica mostraram que as misturas HM10 e Prom10 não afetaram significativamente as propriedades viscoelásticas da massa, quando comparados com a mistura Ban10, que afetou negativamente as propriedades, especialmente a estabilidade

da massa e o índice de tolerância à mistura. De uma forma geral, a formulação de macarrão instantâneo Prom10 apresentou as melhores propriedades tecnológicas nos dois processos apresentando os menores valores de absorção de gordura os maiores valores de firmeza, quando comparado com as outras formulações. O processo de fritura a vácuo apresentou-se vantajoso na produção de macarrão instantâneo, pois a absorção de óleo foi menor do que quando obtida pelo processo de fritura convencional em todos os tempos de fritura. No entanto, os resultados obtidos não foram suficientemente satisfatórios devido a porcentagem de redução de gordura ter sido pequena quando utilizou-se a tecnologia a vácuo. Concluindo, foi possível obter macarrões instantâneos funcionais com as três formulações diferentes, pois as amostras apresentaram um teor de amido resistente maior que 3 %, podendo ser declarados como fonte de fibra pela legislação Brasileira.

1. INTRODUÇÃO

Os *noodles* instantâneos também conhecidos, como macarrão instantâneo, foram desenvolvidos no Japão pelo empresário Momofuku Ando no ano 1958. Hoje em dia, o mercado do macarrão instantâneo apresenta uma alta taxa de crescimento de 5 % ao ano. O aumento na produção e no consumo de macarrão instantâneo deve-se ao fato de ser um produto barato e de conveniência. No entanto, o macarrão instantâneo, por ser um produto frito, contém alto grau de óleo residual.

Atualmente, existe uma grande preocupação com a saúde relacionada ao consumo de alimentos com alto teor de gordura e à baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais. Na tentativa de se elevar o consumo desses nutrientes, várias alternativas têm sido propostas, dentre elas o desenvolvimento de novos produtos que empreguem novos ingredientes que possam atuar elevando o valor nutricional e funcional de alimentos.

O amido resistente (AR) é um polissacarídeo que não fornece glicose ao organismo, ele resiste à digestão enzimática no intestino delgado, mas é fermentado no colón pela microflora bacteriana para produzir gases e ácidos graxos de cadeia curta, principalmente. Devido a esta característica, considera-se que os efeitos do amido resistente sejam, em alguns casos, comparáveis aos da fibra alimentar e, por este motivo, normalmente é considerado como um componente desta (Champ e Faisant, 1996).

O consumo de amido resistente também tem sido associado a reduções nos níveis do colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) e de triglicéridios na hiperlipidemia

(Jenkins et al., 1988). Adicionalmente, o consumo de amido resistente contribui para: o aumento do volume fecal, modificação da microflora do cólon, pois atua como prebiótico e redução do risco de câncer de cólon (Yue e Wang, 1998). O uso de amido resistente altera positivamente a velocidade de digestão dos alimentos, pois a digestão lenta do amido resistente ajuda em aplicações de controle de liberação de glicose, especialmente em pessoas diabéticas. O período de digestão acima de 5 a 7 h reduz a glicemia e a insulinemia pós-prandial, além do aumento no período de sensação de saciedade (Sajilata et al., 2006; Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

Vários tipos de amido resistente têm sido identificados. De acordo com Englyst et al. (1992) e Gray (2006) o amido resistente pode ser classificado dependendo da natureza do amido e do tipo de alimento. Desta forma, o amido resistente pode ser classificado em quatro tipos.

AR1: são grânulos de amido fisicamente inacessíveis encapsulados na matriz do alimento, fundamentalmente por causa das paredes celulares e proteínas, pertencendo a este grupo os grãos inteiros ou parcialmente moídos de cereais, as leguminosas e outros materiais contendo amido nos quais o tamanho ou a sua composição impedem ou retardam a ação das enzimas digestivas.

AR2: são grânulos nativos, que são altamente resistentes à digestão pela enzima α -amilase, presentes especialmente em banana verde, batata crua e amidos com alto teor de amilose.

AR3: é formado após a retrogradação do amido devido ao resfriamento e envelhecimento do gel, formando uma estrutura parcialmente cristalina, insolúvel e resistente à digestão enzimática, porém diferente da conformação inicial. É o mais comum e o mais importante do ponto de vista tecnológico.

AR4: é o amido modificado quimicamente.

Em comparação com as fibras tradicionais, como as de grãos inteiros, os farelos, e as fibras de frutas, o amido resistente apresenta várias vantagens nas propriedades tecnológicas, pois modifica menos as características dos produtos devido a sua cor branca e sua baixa capacidade de retenção ou absorção de água, obtendo-se produtos com melhores propriedades sensoriais e mais aceitos pelos consumidores (Sanz et al., 2008, Baixauli et al., 2008). Vários pesquisadores tem utilizado diferentes tipos de amidos resistentes para aumentar o valor nutricional de massas alimentícias (Sozer et al., 2007;

Hernández-Nava et al., 2009; Ovando-Martinez, et al., 2009), porém, não foram encontrados estudos de adição de amido resistente na produção de macarrão instantâneo.

Por outro lado, o amido resistente pode ser sensível aos tratamentos térmicos pelos quais os alimentos passam ao serem processados, como cozimento, fritura, secagem, etc.. Por isso, existe a importância de se testar novas tecnologias no processamento de alimentos com amido resistente.

A fritura é um dos processos mais comuns e populares utilizados na indústria de alimentos e consiste em imergir e cozinhar alimentos em óleo quente. A fritura envolve a transferência de massa e calor, e inclui uma série de interações entre o alimento e o meio de fritura (Saguy e Dana, 2003). Do ponto de vista do consumidor, alimentos submetidos ao processo de fritura apresentam características sensoriais muito agradáveis (Saguy e Dana, 2003).

A fritura a vácuo é uma forma de cozimento, que aumenta a qualidade dos alimentos desidratados por fritura. Neste processo durante a fritura do alimento é realizado o vácuo, o que provoca a diminuição do ponto de ebulição da água presente no produto. A ausência de ar durante a fritura inibe algumas reações, como a oxidação lipídica e o escurecimento enzimático, preservando de melhor maneira a cor e os nutrientes presentes nos alimentos fritos (Fan et al., 2005).

Vários estudos têm demonstrado a diminuição na absorção de óleo, maior conservação das propriedades dos alimentos e a redução de compostos indesejáveis devido à degradação do óleo em alimentos fritos sob condições de vácuo (Garayo e Moreira, 2002; Fan et al., 2005; Granda e Moreira 2005; Mariscal e Bouchon, 2008; Da Silva e Morreira 2008; Nunes e Moreira 2009; Dueik et al., 2010;). Os trabalhos científicos encontrados na literatura sobre fritura a vácuo tratam sobre chips de batatas ou de frutas (Garayo e Moreira, 2002; Fan et al., 2005; Granda e Moreira 2005; Mariscal e Bouchon, 2008; Da Silva e Morreira 2008; Nunes e Moreira 2009; Dueik et al., 2010;), visando-se a redução de óleo e a conservação da aparência e dos nutrientes no produto final, enquanto que trabalhos sobre macarrão instantâneo, produzidos com fritura a vácuo, não foram encontrados na literatura.

O objetivo foi estudar a mistura de farinha de trigo com três amidos resistentes comerciais diferentes: *Hi Maize* 260 (AR2, amido resistente isolado industrialmente), Promitor (AR3) e farinha de banana verde (AR2, amido resistente presente na forma

natural) nas propriedades físicas, físico-químicas e reológicas, e estudar a produção de macarrões instantâneos funcionais com a adição de 10 % dos três diferentes tipos de amido resistente, obtidos pelos processos de fritura convencional (a pressão atmosférica) e a vácuo, na absorção de gordura, na firmeza, na cor instrumental e no teor de amido resistente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

As matérias-primas utilizadas neste estudo foram: farinha de trigo (Propan 50), fornecida pela empresa Bunge (São Paulo, Brasil), Amido Resistente *Hi Maize* 260 (HM) fornecido pela Empresa National Starch (São Paulo, Brasil), Amido Resistente Promitor (Prom) fornecido pela Empresa Tate & Lyle (São Paulo, Brasil), farinha de banana verde comercial (Ban) (cultivar nanica verde, seca e moída), fornecida pela Empresa Belo Vale Indústria de Alimentos Ltda. (São Paulo, Brasil), goma guar (Grindsted® Guar 250), fornecido pela empresa Master Sense (Jundiaí, Brasil) e sal comum. A gordura utilizada para a fritura foi gordura de palma 370 F fornecida pela Empresa Agropalma (São Paulo, Brasil).

2.2. Métodos

2.2.1. Composição centesimal das matérias-primas

As matérias primas foram caracterizadas quanto a sua composição centesimal. Todas as análises foram realizadas em triplicata: (i) umidade, segundo o método oficial nº 44-15 da AACC (1995); (ii) gordura, segundo o método oficial nº 30-10 da AACC (1995); (iii) proteína, segundo o método oficial nº 46-13 da AACC (1995); (iv) cinzas, segundo o método oficial nº 08-10 da AACC (1995) e (vi) carboidratos por diferença.

2.2.2. Propriedades físicas e físico-químicas

O teor de amido resistente das matérias-primas foi determinado segundo a metodologia enzimática proposta por Goñi et al. (1996). As análises foram realizadas em quadruplicata.

A cor das matérias-primas e das misturas: farinha de trigo + 10 % *Hi Maize* 260 (HM 10), farinha de trigo + 10 % Promitor (Prom 10) e farinha de trigo + 10 % farinha de

banana verde (Ban 10) foi avaliada instrumentalmente utilizando-se colorímetro, modelo COLOR QUEST II (HUNTERLAB). A determinação baseou-se nos sistemas CIEL*C*h (representação polar do sistema L*a*b*). No sistema L*C*h, o croma (C*) e o ângulo de tonalidade (h) foram determinados pelas Equações 1 e 2, respectivamente. As condições de teste foram: iluminante D65, ângulo de visão de 10°, calibração “Reflectance Specular Included” (RSIN).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^* / a^*) \quad \text{(Equação 2)}$$

As características de viscosidade de pasta das matérias-primas e das misturas HM 10, Prom 10 e Ban 10 foram determinadas com o analisador rápido de viscosidade (RVA - Rapid Visco Analyser) (Warriedwood, Austrália), utilizando o programa Thermocline for Windows versão 2.3. (Newport Scientific Pty Ltd) (Warriedwood, Austrália), segundo a metodologia oficial nº. 162 da ICC (1995), utilizando o programa Standard 1. Foram adicionados 25 mL de água destilada em quatro gramas de farinha (corrigido para a base de 14% de umidade). A mistura foi agitada a 960 rpm por 10 segundos e, a seguir, a 160 rpm até o término do processo. O perfil de temperatura padrão consistiu de uma temperatura inicial de 50 °C, mantida por 2 minutos sendo aumentada até a temperatura de 95 °C, permanecendo constante por 3 minutos. O resfriamento ocorreu até atingir a temperatura final de 50 °C. Os parâmetros avaliados foram: temperatura de pasta, viscosidade máxima (cp), viscosidade mínima à temperatura constante (95 °C) (cp), viscosidade final (cp), *breakdown* (cp) e *setback* (cp).

As propriedades térmicas da farinha de trigo e das misturas HM10, Prom10 e Ban10 foram determinadas, em triplicata, utilizando-se calorímetro diferencial de varredura (DSC SHIMADZU-TA60) (Kyoto, Japão), seguindo a metodologia proposta por Paredes-Lópes et al. (1994) com algumas modificações. Foram pesados 3 mg de amostra em cápsulas de alumínio e adicionados de 7 µL de água deionizada. As cápsulas foram seladas hermeticamente e após a pesagem foram mantidas em temperatura ambiente por 1 h antes da análise. Foi utilizada uma cápsula de alumínio vazia como referência. Empregou-se uma taxa de aquecimento de 10 °C/min, varrendo uma faixa de temperatura de 30 °C a 130 °C. O sistema foi calibrado com Índio (ΔH de fusão de 28,71 J/g e ponto

de fusão de 156,6 °C) com elevada pureza (99,9 %) e água deionizada (ΔH de fusão de 335 J/g e ponto de fusão de 0,01 °C). Os valores de temperatura de início (T_o) (°C), temperatura de pico (T_p) (°C) e temperatura final de gelatinização (T_f) (°C), bem como os valores de entalpia (ΔH) (J/g) foram obtidos a partir dos termogramas das amostras analisadas utilizando o Universal Analyzer TA Software.

2.2.3. Propriedades reológicas

A farinha de trigo e as misturas HM10, Prom10 e Ban10 foram caracterizadas quanto a suas propriedades reológicas:

Farinografia

A capacidade de absorção de água e as propriedades farinográficas das amostras foram determinadas pelo farinógrafo Brabender (Duisburg, Alemanha), segundo o método oficial nº 54-21 da AACC (1995). Os parâmetros obtidos a partir do farinograma foram: absorção de água (%), tempo de chegada (s), tempo de desenvolvimento da massa (s), tempo de saída (s), estabilidade (min) e índice de tolerância à mistura (UF).

Extensografia

As propriedades extensográficas das amostras foram determinadas segundo o método oficial nº 54-10 da AACC (1995), utilizando-se o extensógrafo Brabender (Duisburg, Alemanha). Os parâmetros avaliados foram: resistência à extensão ou elasticidade (UE), resistência máxima (UE), extensibilidade (mm) e número proporcional.

2.3. Processamento para obtenção do macarrão instantâneo

Na formulação, além da farinha de trigo, água e amido resistente, foram adicionados sal (2 %) e goma guar (0,22 %) (em base farinha), valores obtidos no capítulo 2. A farinha de trigo foi misturada com cada amido resistente em batedeira planetária por 15 minutos. O sal e a goma guar foram dissolvidos na água e foram incorporados à mistura da farinha de trigo com amido resistente mantendo por 15 minutos no misturador do equipamento Piuno Nuova (Asti, Itália). Após a mistura, a massa passou por um descanso de 5 minutos. Logo, a massa foi laminada no cilindro do mesmo equipamento e, uma vez obtida a espessura desejada (1,2 mm), a lâmina da massa passou pelo cortador com largura 0,9 mm para obter o formato tipo talharim. Em seguida, os macarrões

passaram para o processo de cozimento a vapor, que foi realizado em forno combinado marca Prática modelo EC-3 (Pouso Alegre, Brasil) por 6 min até atingir a gelatinização completa do amido. Depois, os macarrões foram pesados em porções de aproximadamente 50 g e 15 g para o processo de fritura convencional e a vácuo, respectivamente. Foi utilizada gordura de palma, e para os dois processos, a gordura foi mantida na temperatura desejada por 1 hora antes da fritura para garantir que a temperatura da gordura estivesse equilibrada, seguindo a descrição de Garayo e Moreira (2002) e Mariscal e Bouchon (2008).

Para o processo de fritura convencional (à pressão atmosférica) foi utilizada uma fritadeira com capacidade de 4 L marca Gastromac (Caxias do Sul, Brasil). Os macarrões já pesados (50 g) foram colocados numa cesta com tampa de aço inox e submergidos no óleo quente a $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Uma vez alcançado o tempo de fritura, os macarrões foram retirados da gordura, submetidos a um jato de ar produzido por um ventilador e colocados sobre papel toalha para retirada do excesso de óleo.

Para o processo de fritura a vácuo foi utilizada uma fritadeira a vácuo marca Gastrovac (Barcelona, Espanha) com capacidade de 10 L. No entanto, foi colocada unicamente quantidade suficiente de gordura para cobrir a cesta de aço inox (aproximadamente 4 L). O nível máximo de vácuo conseguido com este equipamento foi de -0,8 bar, e esse valor foi utilizado para processar todos os ensaios. Os macarrões já pesados (15 g) foram colocados numa cesta de aço inox e pendurados na tampa da fritadeira a vácuo. A tampa foi colocada e o sistema foi despressurizado. Quando a pressão absoluta de -0,8 bar foi alcançada, a cesta com a amostra foi abaixada e imersa no óleo quente a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Finalizado o tempo de fritura, a cesta foi levantada, e depois de 30 s o sistema foi pressurizado. As amostras foram rapidamente tiradas da cesta e os macarrões foram submetidos a um jato de ar produzido por um ventilador e colocados sobre papel toalha para retirada do excesso de óleo da superfície.

Os macarrões foram fritos por períodos de tempos de 30, 60, 90 e 120 s para o processo de fritura convencional e de 30, 60, 90, 120 e 150 s para o processo de fritura a vácuo.

2.3.1. Metodologias utilizadas na caracterização do macarrão instantâneo

Os macarrões obtidos nas diferentes formulações fritos nos tempos de 30, 60, 90, 120 e 150 s foram caracterizados quanto à absorção de óleo de acordo com o método

oficial nº 30-25 da AACC (1995), teor de umidade segundo o método oficial nº 44-15 da AACC (1995) e teor de amido resistente utilizando-se a metodologia proposta por Goñi et al. (1996).

Os macarrões obtidos no tempo de 90 s para a fritura convencional e de 120 s para a fritura a vácuo foram caracterizados, além das análises descritas acima, quanto a sua cor utilizando-se colorímetro Hunter Lab, e quanto a sua textura, onde foi analisada a força de quebra e pegajosidade, com *probes*, A/LKB e HD/PFS, respectivamente, utilizando-se texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Inglaterra), com carga máxima de 50 kg, equipado com software Texture Expert para análise dos dados. Foram realizados 7 repetições para cada ensaio e para cada *probe*. As condições utilizadas na análise de força de quebra foram as especificadas na metodologia oficial nº 16-50 da AACC (1995). As especificações para a análise de pegajosidade foram seguidas de acordo com manual do fabricante.

Para a fritura a convencional foram escolhidos os macarrões obtidos após 90 s para as análises de cor e textura, pois, além de ser o tempo utilizado industrialmente, as amostras apresentarem umidade abaixo de 5 %. No caso da fritura a vácuo, foram escolhidos os macarrões obtidos após 120 s de fritura a vácuo devido à umidade final dos produtos (as amostras com 90 s de fritura apresentaram ainda uma umidade alta >5 %).

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente por ANOVA e pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa Statistica 5.0 (Stat Soft, Inc., Tulsa, OK, EUA), objetivando a identificação da existência de diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras e processos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição centesimal

A composição centesimal das matérias-primas, farinha de trigo, *Hi Maize*, Promitor e farinha de banana verde está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal das matérias-primas

Componente (%)	Farinha de trigo	<i>Hi Maize</i>	Promitor	Farinha de banana verde
Umidade*	13,04 ± 0,078 ^a	11,44 ± 0,03 ^b	10,16 ± 0,07 ^c	8,91 ± 0,051 ^d
Gordura*	0,77 ± 0,037 ^b	0,12 ± 0,002 ^c	0,08 ± 0,002 ^d	0,36 ± 0,005 ^a
Proteínas*	10,74 ± 0,201 ^a	0,70 ± 0,002 ^c	0,13 ± 0,001 ^d	4,99 ± 0,018 ^b
Cinzas*	0,45 ± 0,004 ^b	0,18 ± 0,004 ^c	0,11 ± 0,007 ^d	3,16 ± 0,028 ^a
Carboidratos**	71,50	87,56	89,52	82,58

*Média de 3 determinações

** Calculado por diferença

Médias com letras distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os resultados da composição centesimal da farinha de trigo apontam que a mesma apresenta um elevado teor de carboidratos, predominantemente amido, um teor médio de proteínas e baixo teor de cinzas. O teor de umidade da farinha de trigo foi de 12,61 % estando dentro do limite estabelecido pela Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da Anvisa (Brasil, 2005) que determina que o teor de umidade da farinha não deve exceder 15 %, pois influencia na conservação da qualidade, sendo um dos principais fatores de aceleração das reações químicas e enzimáticas e de crescimento de microrganismos.

Através da Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005 (BRASIL, 2005), a farinha de trigo pode ser classificada em farinha de trigo Tipo 1 por apresentar um conteúdo de cinzas inferior a 0,8 % e um teor de proteínas maior que 7,5 %. Segundo Hosney (1998) a farinha de trigo apropriada para a produção de macarrão instantâneo deve conter um teor de proteína entre 9,5 % a 12 %, pois teores muito altos proporcionam uma textura muito dura, enquanto que teores de proteína muito baixos proporcionam baixa tolerância ao cozimento.

Na Tabela 1, verifica-se que o teor de umidade encontrado nas amostras *Hi Maize*, Promitor e farinha de banana verde foi de 11,44 %, 10,16 % e 8,91 %, respectivamente, e encontram-se dentro do padrão ANVISA (2005) que exige o máximo de 15 % de umidade em farinhas e amidos.

Não foi possível conseguir dados de composição centesimal do *Hi Maize* e Promitor na literatura. Muitos autores utilizaram os amidos resistentes para desenvolver novos produtos, porém, os autores não colocaram a análise de composição centesimal,

unicamente avaliaram a reologia da massa ou as características do produto final (Sozer et al., 2007; Sanz et al., 2008a; Sanz et al., 2008b; Baixauli et al., 2008).

Na farinha de banana verde, o valor médio de extrato etéreo (gordura) foi 0,36 %, valor inferior aos reportados por outros autores, como Borges et al. (2009) e Fasolin et al. (2007), que reportaram valores de 0,68 % e 1,89 %, respectivamente. No entanto, o teor de proteína bruta encontrado neste trabalho, de 4,99 % foi semelhante aos resultados encontrados pelos autores Borges et al. (2009) e Fasolin et al. (2007) que reportaram valores de 4,5 % e de 4,54 % de proteína, respectivamente. Quanto às cinzas, o valor médio encontrado neste trabalho foi 3,16 %, enquanto que pelos autores Borges et al. (2009) e Fasolin et al. (2007) foi de 2,59 e 2,62%, respectivamente. As cinzas representam os minerais presentes no material, como, potássio, ferro e cálcio, magnésio, enxofre e nitrogênio (Fasolin et al., 2007; Borges et al., 2009).

3.2. Teor de amido resistente

O teor de amido resistente (AR) das matérias-primas está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Teor de amido resistente presente nas matérias-primas: farinha de trigo, *Hi Maize* (HM), Promitor (Prom) e farinha de banana verde (Ban).

Amostra	Amido resistente teórico ¹ (% de TDF)	Amido resistente experimental ² (% AR)
Farinha de trigo	-	2,13 ± 0,33 ^c
<i>Hi Maize</i>	60	44,34 ± 1,85 ^b
Promitor	60	62,34 ± 2,80 ^a
Farinha de banana verde	-	45,70 ± 0,91 ^b

*Média de 4 determinações

¹Dados obtidos pelas empresas fornecedoras em % de fibra total alimentar (TDF)

²Dados obtidos experimentalmente neste estudo em % de amido resistente, seguindo a metodologia de Goñi et al. (1996).

Médias com letras distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras pelo teste de Tukey (p<0,05).

Com relação à farinha de trigo, outros autores reportaram teores de AR em farinha de trigo menores que os encontrados neste trabalho (2.13 ± 0.33 %). Tharanathan e Tharanathan (2001) reportaram um teor de amido resistente de 0,8 % em farinha de trigo. Já Goñi et al. (1996) reportaram valores de AR entre 1,63 % e 1,93 %.

A amostra *Hi Maize* é um amido resistente tipo 2 (AR2) obtido de amido de milho com alto teor de amilose. Segundo as especificações do fabricante, este amido resistente

deveria apresentar em torno de 60 % de fibra alimentar (TDF - *Total Dietary Fiber*), no entanto, com a metodologia utilizada, foi possível determinar unicamente 44,34 % de amido resistente. Isto se deve às diferentes fontes botânicas que podem variar em cada lote produzido. Almeida (2006) ao utilizar *Hi Maize 260* na produção de pão com fibras reportou um valor de amido resistente de 37,98 %.

A amostra Promitor é um amido resistente tipo 3 (AR3), obtido da gelatinização e retrogradação de amido de milho. Nesta amostra foi possível detectar 62 % de amido resistente, como especificado pelo fabricante (60 % TDF - *Total Dietary Fiber*). Os pesquisadores Maki et al. (2009) utilizaram o amido resistente Promitor e farelo de trigo para estudar o efeito laxante em adultos. Eles concluíram que o Promitor promove a regularidade intestinal da mesma forma que a fibra natural, trazendo benefícios para os consumidores. Para propósito de legislação, estes amidos são quantificados como fibras alimentares, de acordo com os métodos oficiais 985.29 e 991.43 da AOAC (National Starch And Chemical, 2005; Yue; Waring, 1998).

Em relação à farinha de banana verde, o teor de amido resistente depende da variedade, maturidade e do método para a obtenção da mesma. Os autores Tribess et al. (2009) verificaram um teor de AR em farinha de banana verde da variedade Nanicão (*Musa acuminata* subgrupo Cavendish) variou de 40,9 % a 58,5 % em base seca, dependendo da combinação das condições de secagem (temperatura e velocidade do ar). Ovando-Martinez et al. (2009) reportaram um valor de 42,5 % de AR na farinha de banana verde da variedade *Musa paradisiaca* L. obtida pela secagem das fatias da banana verde descascada a 50 °C em estufa com convecção de ar. É importante ressaltar que o teor de amido resistente encontrado na farinha de banana verde neste estudo (45,70 %) é estatisticamente semelhante ao encontrado na amostra *Hi Maize* (44,34 %).

3.3. Cor

As médias dos parâmetros de cor L^* , C^* e h_{ab} das matérias-primas e das misturas HM10, Prom10 e Ban10 estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros L*, C* e h_{ab}

	L* ¹	C* ¹	h _{ab} ¹
Farinha	92,36 ± 0,46 ^b	9,34 ± 0,09 ^b	89,32 ± 0,26 ^a
Hi Maize	94,19 ± 0,25 ^a	4,20 ± 0,04 ^d	-86,24 ± 0,76 ^c
Promitor	90,38 ± 0,60 ^c	9,35 ± 0,44 ^b	85,22 ± 0,23 ^e
Farinha de banana verde	78,12 ± 0,39 ^d	10,38 ± 0,11 ^a	78,46 ± 0,21 ^f
HM10	92,85 ± 0,49 ^b	8,75 ± 0,10 ^c	89,27 ± 0,79 ^a
Prom10	92,55 ± 0,68 ^b	9,05 ± 0,14 ^b	89,19 ± 0,33 ^a
Ban10	89,90 ± 0,48 ^c	8,55 ± 0,18 ^c	87,47 ± 0,06 ^b

¹Média de 4 determinações

L* = Luminosidade

C* = Cromo

h_{ab} = ângulo ab

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes amostras pelo teste de Tukey (p<0,05).

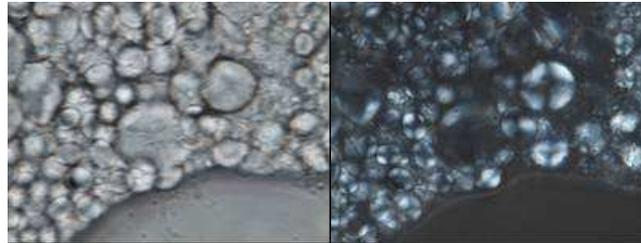
A amostra que apresentou uma cor mais clara (valor de L* maior), maior luminosidade da coloração branca, foi o *Hi Maize*, enquanto que a farinha de banana verde apresentou a cor mais escura (L* menor e ângulo de tonalidade menor, em parâmetros positivos). O valor negativo do ângulo h_{ab} na matéria-prima *Hi Maize* (-86,24), se deve ao fato de que essa amostra se encontra numa saturação diferente à das outras amostras. Já a farinha de trigo apresentou uma luminosidade intermediária entre os valores obtidos na amostra *Hi Maize* e Promitor.

Ao adicionar 10 % de cada amido resistente na farinha de trigo, observa-se que as amostras HM 10 e Prom 10 apresentam valores similares, indicando que não houve uma mudança grande na cor da farinha de trigo. No entanto, quando adicionado 10 % de banana verde (Ban10), a cor da mistura se tornou mais escura (valor de L* menor) (Tabela 3).

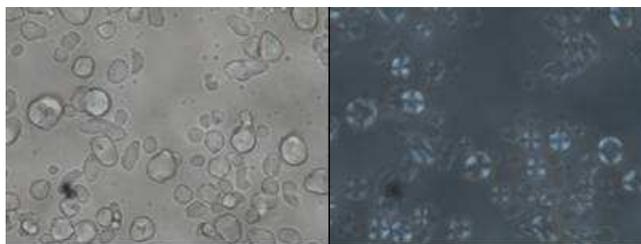
Na produção de macarrão instantâneo sem adição de farinhas de outras fontes, a farinha de trigo apropriada deve apresentar um baixo teor de pigmentos (valor de L* > 90), por isso a farinha recomendada deve conter baixo teor de cinzas, o que geralmente se consegue com farinha de baixa extração. Mas quando são adicionados outros ingredientes à formulação para dar o apelo de funcional (farelos, fibras e outras farinhas) a coloração do macarrão pode ser mais escura, porém, aceita pelos consumidores.

3.4. Microscopia de luz polarizada

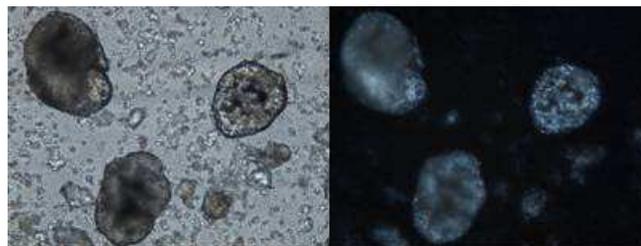
Na Figura 1 se visualizam as microscopias ópticas em campo claro e com luz polarizada das matérias-primas com aumento de 100x.



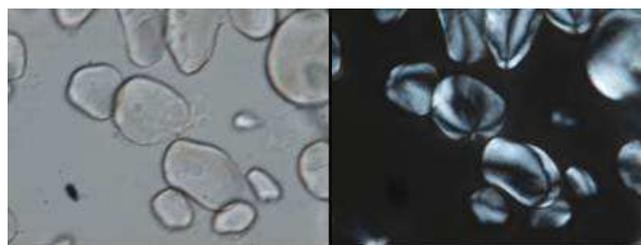
a)



b)



c)



d)

Figura 1. Microscopias ópticas em campo claro (esquerda) e com luz polarizada (direita) da farinha de trigo (a), *Hi Maize* (b), Promitor (c) e farinha de banana verde (d) (aumento de 100x)

A microscopia óptica de luz polarizada permite ver a cruz de Malta do grânulo. O grânulo de amido natural tem uma capacidade limitada de absorver água fria (30 % do seu peso em água). Esta capacidade é controlada pela estrutura cristalina do grânulo que, por sua vez, depende do grau de associação e arranjo molecular dos componentes do amido. Quando a suspensão de amido é aquecida, ocorre uma série de mudanças irreversíveis nos grânulos, e, quando se atinge uma temperatura crítica conhecida como temperatura de pasta, que é específica para amidos de diferentes origens, as ligações de hidrogênio mais fracas entre as cadeias de amilose e de amilopectina são rompidas e os grânulos de amido começam a intumescer formando soluções consideravelmente viscosas.

As mudanças físicas do amido devido ao inchamento do grânulo resultam na perda da cristalinidade e da birrefringência (perda da cruz de Malta). (Hoseney, 1998; Huber, 2001). Esta característica do amido é muito importante na obtenção de novos tipos de farinhas ou amidos, como no caso da farinha de banana verde, porque as propriedades podem ser alteradas devido às temperaturas utilizadas na etapa de secagem, sendo recomendado utilizar temperaturas menores que a de gelatinização do amido.

Na Figura 1, o aumento de 100 vezes permite visualizar as diferenças entre as 4 matérias-primas. Os grânulos de amido da farinha de trigo e do HM apresentam uma forma mais esférica do que os grânulos de amido da banana verde que apresentam uma forma ovalada. Nas microscopias foi possível visualizar que os grânulos da farinha de banana verde apresentam um tamanho maior. Já os grânulos observados na microscopia do AR3 (Promitor) são bem diferentes das outras amostras, pois o AR3 é um amido já gelatinizado e retrogradado várias vezes, fazendo que o grânulo nativo de amido perca a cruz de Malta e a propriedade de birrefringência.

3.5. Propriedades viscoamilográficas

Os resultados obtidos para as propriedades viscoamilográficas da farinha de trigo, farinha de banana verde e das misturas HM10, Prom10 e Ban10 estão apresentados na Tabela 4. É importante ressaltar que as amostras *Hi Maize* e Promitor não apresentaram nenhuma propriedade viscoamilográfica nas temperaturas estudadas, pois esses amidos apresentam valores de gelatinização acima dos 100 °C, sendo necessário o estudo dessas amostras com outras tecnologias. No caso, do Promitor (amidos AR3),

provavelmente as mudanças de fluxos endotérmicos ocorrem acima dos 100 °C devido aos processos de gelatinização e retrogradação na produção desse tipo de amido resistente.

O RVA (Rapid Visco Analyser) é um sistema que mede a mudança de viscosidade do amido, ou produtos à base de amido, sob condições controladas de agitação e temperatura. A curva de viscosidade obtida mostra um rápido aumento durante a fase de aquecimento devido ao inchamento do grânulo de amido. Com temperatura e agitação constante, ocorre uma queda da viscosidade em função do rompimento dos grânulos de amido e orientação da amilose no sentido da agitação. O resfriamento posterior promove a diminuição da energia do sistema e a formação de ligações de hidrogênio entre as cadeias de amido, resultando em aumento de viscosidade, também denominado de retrogradação (Huang e Rooney, 2001).

Tabela 4. Propriedades viscoamilográficas obtidos no RVA

Parâmetros	Farinha de trigo	Farinha de banana verde	HM10	Prom10	Ban10
Temperatura de pasta (°C)*	71,22 ± 1,91 ^a	72,65 ± 0,05 ^a	77,20 ± 4,98 ^a	77,33 ± 3,21 ^a	71,92 ± 0,56 ^a
Viscosidade máx. (cP)*	2264,00 ± 34,64 ^c	6886,50 ± 34,50 ^a	1752,00 ± 38,20 ^d	1770,33 ± 16,86 ^d	2440,33 ± 71,02 ^b
Viscosidade mín. à temperatura constante 95°C (cP)*	1630,00 ± 80,32 ^b	2920,33 ± 5,77 ^a	1072,67 ± 44,29 ^c	1154,00 ± 45,92 ^c	1497,00 ± 80,32 ^b
Viscosidade final (cP)*	2750,00 ± 31,58 ^c	4209,00 ± 61,22 ^a	2168,33 ± 55,29 ^d	2215,33 ± 40,28 ^d	2928,67 ± 44,77 ^b
<i>Breakdown</i> (cP)*	634,00 ± 89,40 ^c	3964,50 ± 29,50 ^a	679,33 ± 7,09 ^c	616,33 ± 30,35 ^c	943,33 ± 45,37 ^b
<i>Setback</i> (cP)*	1153,33 ± 40,67 ^{bc}	1288,67 ± 56,58 ^b	1095,67 ± 11,02 ^c	1061,33 ± 14,10 ^c	1430,67 ± 59,55 ^a

*Média de 3 determinações

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes amostras pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De uma forma geral, ao adicionar amidos resistentes ou farinha de banana verde à farinha de trigo, observou-se uma alteração significativa nos valores dos parâmetros viscoamilográficos, mudando as propriedades de pasta da farinha de trigo. Isso significa que cada amido resistente tem seu próprio comportamento e que é importante estudar as características no desenvolvimento de novos produtos.

Quando o amido entra em contato com a água fria, os grânulos incham ligeiramente (10 a 20%) devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, mas esse processo é reversível pela secagem. No entanto, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente num fenômeno denominado gelatinização, em que ocorre a perda da organização estrutural (perda da birrefringência), com fusão dos cristais. A gelatinização ocorre inicialmente nas regiões amorfas devido à fragilidade das ligações de hidrogênio nessas áreas, ao contrário do que ocorre nas regiões cristalinas (Singh et al., 2003). À medida que os grânulos continuam se expandindo, ocorre a lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, resultando no aumento substancial das propriedades reológicas do sistema. O conjunto de mudanças que envolvem a ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido é definido como o fim da gelatinização (Tharanathan, 2002).

Segundo Singh et al. (2003), quando as moléculas de amido são aquecidas em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida, e as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxil, o que causa um aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo. Esse poder de inchamento e solubilidade varia de acordo com a fonte do amido, fornecendo evidências da interação entre as cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos. A extensão destas interações é influenciada pela proporção amilose:amilopectina e pelas características dessas moléculas (distribuição e peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação). A gelatinização geralmente ocorre numa ampla faixa de temperatura característica para cada fonte de amido (Singh et al., 2003).

As propriedades de inchamento e gelatinização são controladas, em parte, pela estrutura molecular da amilopectina (comprimento de cadeia, extensão de ramificação, peso molecular), composição do amido (proporção amilose:amilopectina e teor de fósforo) e arquitetura granular (proporção de regiões cristalinas e amorfas). Normalmente, altas temperaturas de transição têm sido associadas a altos graus de cristalinidade, os quais fornecem a estabilidade estrutural e tornam os grânulos mais resistentes à gelatinização

(Singh et al., 2003). Devido à maior importância da amilopectina na cristalinidade do grânulo de amido, a presença da amilose reduz o ponto de fusão das regiões cristalinas e a energia necessária para o início da gelatinização, uma vez que mais energia é necessária para iniciar a fusão na ausência de regiões amorfas ricas em amilose. Essa correlação indica que amidos com maior conteúdo de amilose, por apresentarem mais regiões amorfas e menos regiões cristalinas, apresentam menores temperaturas de gelatinização.

Os maiores valores das propriedades viscoamilográficas foram da farinha de banana verde. A suspensão de farinha de banana verde apresentou o maior aumento da viscosidade em função do aumento da temperatura, quando comparado com as outras amostras. A alta viscosidade máxima da farinha de banana verde deve-se à presença de sais como o fósforo (ver composição centesimal) e fibra alimentar (Vernaza et al., 2010).

O alto valor de *breakdown* da pasta da farinha de banana verde gelatinizada indica uma alta susceptibilidade à ação mecânica e ao aquecimento prolongado. Isto pode ser explicado devido aos enlaces que predominam no grânulo de amido serem fracos e, conseqüentemente, poderem ser destruídos com mais facilidade. Já na farinha de trigo e nas misturas HM10, Prom10 e Ban10 o aumento da viscosidade em função da temperatura foi menor, apresentando pastas mais estáveis e com viscosidades mais baixas, assim como, menos susceptíveis à ação mecânica.

Ragae et al. (2006) afirma que altos valores de *breakdown* estão associados com altos valores de viscosidade máxima, o que está estreitamente relacionado ao poder de inchamento dos grânulos de amido durante o aquecimento. O forte poder de inchamento de alguns grânulos de amido, como o caso do amido presente na farinha de banana verde, facilita alcançar a viscosidade máxima mais rápido, e de igual forma, esses grânulos são mais suscetíveis a apresentar valores de *breakdown* maiores, porque a sua força intermolecular é fraca, deixando os grânulos muito sensíveis à ação mecânica sob condições de alta temperatura.

A retrogradação (*setback*) da farinha de banana verde apresentou um valor mais alto quando comparado com a farinha de trigo. A retrogradação se deve à agregação e conseqüente insolubilização das moléculas do amido. Com o passar do tempo, as moléculas do amido vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes, assim, as cadeias começam a se reagrupar num estado mais ordenado. Essa reorganização de cadeias culmina com a formação de simples e duplas hélices,

resultando no enredamento ou na formação de zonas de junção entre as moléculas, formando áreas cristalinas. Como a área cristalizada altera o índice de refração, o gel vai se tornando mais opaco à medida que a retrogradação se processa (Singh et al., 2003). A amilose que foi exsudada dos grânulos inchados forma uma rede por meio da associação com cadeias que rodeiam os grânulos gelatinizados. Como consequência, a viscosidade da pasta aumenta (viscosidade de setback), convertendo-se num sistema viscoelástico turvo ou em concentrações de amido suficientemente altas (>6% p/p) num gel elástico opaco (Lajolo e Menezes, 2006). As características de retrogradação da amilose e amilopectina são cineticamente diferentes. A amilose retrograda mais rapidamente, tendo forte tendência a reagrupar por meio da formação de pontes de hidrogênio com outras moléculas de amilose adjacentes, formando estruturas cristalinas de duplas hélices quando a solução esfria e se mantém por longo período de tempo. Por outro lado, a amilopectina retrograda numa taxa muito menor durante um longo período de tempo, e sua endoterma de fusão é menor, aproximadamente, 45°C a 60°C (Singh et al., 2003; THARANATHAN, 2002). Desta forma, analisando-se os resultados de retrogradação, pode-se afirmar sobre a presença de amilose na farinha de banana verde. Além disso, vários autores têm relatado teores de amilose presentes na farinha de banana verde em torno de 20-25% (Mota et al. 2000; Pacheco-Delahaye, 2008).

O comportamento das amostras *Hi Maize* e Promitor de não apresentar nenhuma propriedade de viscosidade nas condições do teste indica que o comportamento desses amidos é bem diferente ao da farinha de trigo no processamento de alimentos. Também essa propriedade dos amidos resistentes indica que eles resistem parcialmente, em baixas temperaturas (<100 °C), tanto às enzimas digestivas humanas, assim como a condições de processamentos de alimentos.

Ao adicionar 10 % de *Hi Maize* ou 10 % de Promitor à farinha de trigo, os valores de temperatura de pasta aumentaram, enquanto que os valores da viscosidade máxima, viscosidade mínima à temperatura constante, viscosidade final e *setback* diminuiram significativamente. Isso pode ser explicado devido à estrutura interna dos amidos resistentes, que são mais compactas ou apresentam uma maior cristalinidade, tornando as misturas mais resistentes ao calor e à ação mecânica (Lei et al., 2008) e também porque dilui o amido suscetível às alterações nesta faixa de temperatura estudada.

3.6. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

Os valores obtidos na análise de calorimetria diferencial de varredura das matérias-primas e das misturas HM10, Prom10 e Ban10 estão apresentados na Tabela 5, e os termogramas obtidos, na Figura 2 (a) termogramas das matérias-primas e (b) termogramas das misturas. Como o ocorrido na análise de RVA, as amostras HM e Prom não apresentaram nenhuma curva endotérmica na faixa de temperatura estudada (30 a 140 °C).

Tabela 5. Propriedades térmicas obtidas em DSC

	To (°C)*	Tp (°C)*	Tf (°C)*	Entalpia (J/g)*
Farinha de Trigo	54,42 ± 0,38 ^{bd}	60,41 ± 0,42 ^c	66,08 ± 0,14 ^c	4,45 ± 0,14 ^{cd}
Farinha de banana verde	62,42 ± 0,21 ^a	66,63 ± 0,23 ^a	71,24 ± 0,11 ^a	10,8 ± 0,11 ^a
HM10	53,58 ± 0,26 ^c	61,25 ± 0,21 ^d	64,95 ± 0,04 ^d	3,90 ± 0,10 ^d
Prom10	54,69 ± 0,16 ^{cd}	60,81 ± 0,16 ^c	65,77 ± 0,13 ^c	4,70 ± 0,16 ^{cd}
Ban10	56,05 ± 0,12 ^c	61,16 ± 0,17 ^b	69,40 ± 0,15 ^b	5,72 ± 0,30 ^b

*Médias de 4 determinações

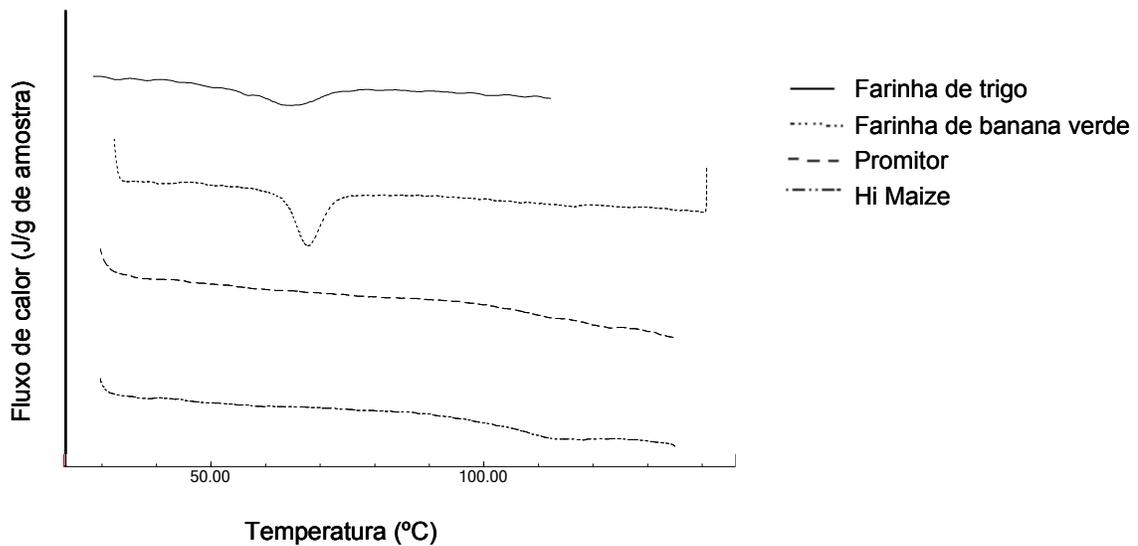
To = Temperatura inicial da gelatinização, Tp = Temperatura de gelatinização, Tf = Temperatura pico e final da gelatinização e ΔH= entalpia de gelatinização.

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

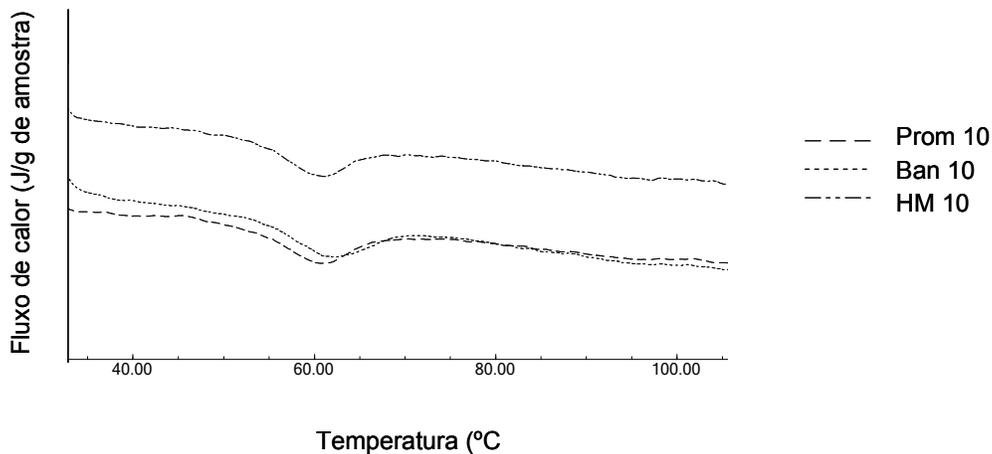
Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes amostras pelo teste de Tukey (p<0,05).



a) Termogramas de calorimetria diferencial de varredura das matérias-primas



b) Termogramas de calorimetria diferencial de varredura das misturas HM10, Prom10 e Ban10

Figura 2. Termogramas obtidos no DCS

Neste trabalho a temperatura de gelatinização obtida das curvas dos termogramas do DSC foi definida como a temperatura de pico (T_p) e para a entalpia de gelatinização foi considerada a quantidade de energia requerida da transição de estado.

Na Figura 2 (a), observou-se que a farinha de trigo e a de banana verde apresentaram uma única transição endotérmica correspondente à gelatinização do amido.

Já os amidos resistentes *Hi Maize* e Promitor não apresentaram nenhuma curva endotérmica na faixa de temperatura estudada.

Hi-Maize™ foi lançado em setembro de 1993 pela Minister for Primary Industry, sendo o primeiro amido resistente disponível comercialmente no mundo. A sua capacidade de não se hidratar e não se gelatinizar completamente quando aquecido a mais que 150 °C possibilita a manutenção da estrutura granular do amido sob as condições normais de processamento (Brown et al., 1995).

O AR3, como o promitor, apresenta maior resistência térmica e quando aquecido na presença de água, um pico acima dos 150 °C, com valores de entalpia variando de 8 J/g até 30 J/g, é observado. O aquecimento do AR3 acima de 180 °C produz uma degradação parcial da cadeia de carboidratos. Durante o resfriamento, uma curva exotérmica de aproximadamente -22 J/g aparece. Este fenômeno pode ser atribuído à re-associação das cadeias do amido resistente (Eerlingen e Delcour, 1995).

3.7. Propriedades reológicas

3.7.1. Farinografia

A Tabela 6 apresenta as características farinográficas da farinha de trigo e das misturas. A Figura 3 apresenta os farinogramas correspondentes para cada amostra. O farinógrafo mede a resistência da massa à mistura durante sucessivos estágios do seu desenvolvimento. Por meio de um processo de mistura relativamente suave e prolongado, a massa é formada, desenvolvida até atingir a consistência máxima e, finalmente, é sobremisturada (Pizzinato, 1999).

Tabela 6. Características farinográficas

Parâmetros	Farinha	HM10	Prom10	Ban10
Absorção de água (%)*	61,47 ± 0,06 ^a	62,63 ± 0,46 ^b	60,83 ± 0,06 ^c	61,97 ± 0,06 ^a
Tempo de chegada (min)*	1,30 ± 0,17 ^a	1,30 ± 0,20 ^a	1,13 ± 0,06 ^a	1,37 ± 0,15 ^a
Tempo de desenvolvimento (min)*	8,50 ± 0,01 ^a	5,33 ± 0,29 ^b	7,17 ± 0,58 ^c	8,07 ± 0,12 ^a
Tempo de saída (min)*	12,17 ± 0,76 ^a	12,43 ± 0,12 ^a	12,17 ± 0,29 ^a	10,33 ± 0,29 ^b
Estabilidade (min)*	11,87 ± 0,90 ^a	11,20 ± 0,20 ^a	10,92 ± 0,18 ^a	8,93 ± 0,12 ^b
Índice de tolerância à mistura (ITM) (UF)*	34,83 ± 0,29 ^a	34,17 ± 1,44 ^a	23,33 ± 2,89 ^b	90,33 ± 0,58 ^c

*Média de 4 determinações

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras minúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras teste de Tukey ($p < 0,05$);

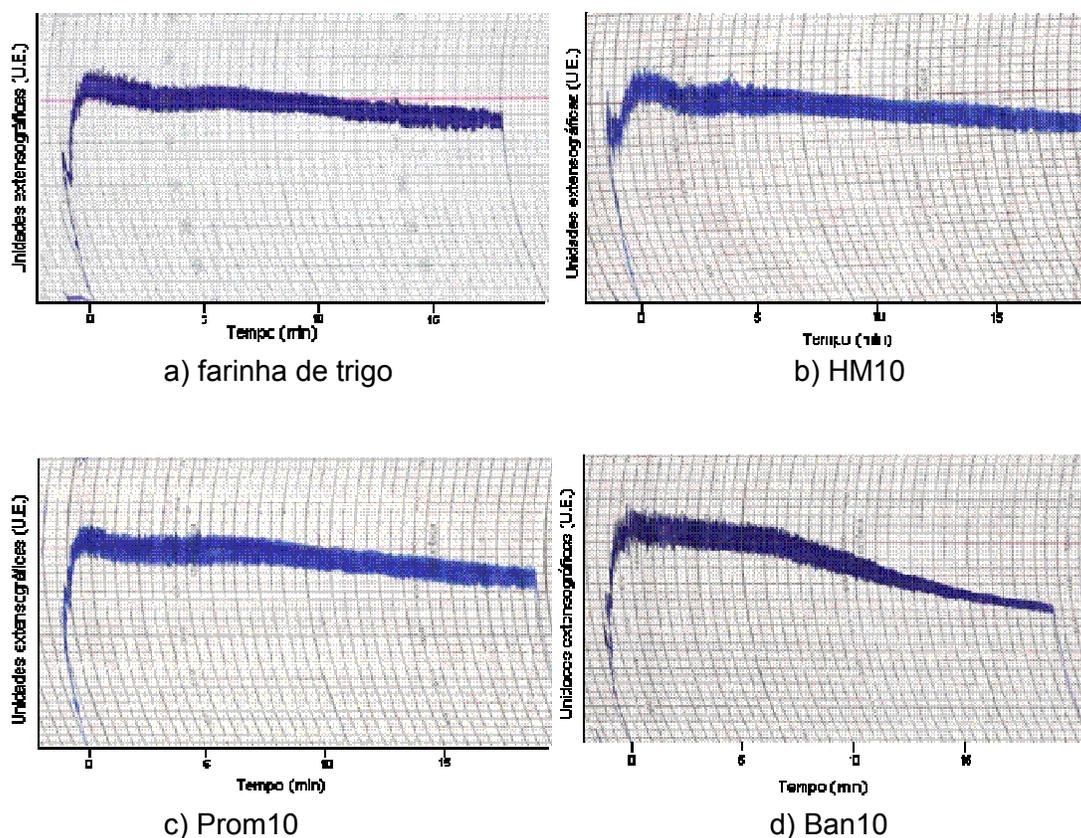


Figura 3. Farinogramas da farinha de trigo (a), Hm10 (b), Prom10 (c) e Ban10 (d)

Observa-se que a farinha de trigo utilizada é classificada como forte segundo a classificação de Pizzinatto (1999), com base na absorção, tempo de desenvolvimento, estabilidade e índice de tolerância à mistura.

A farinha de trigo contém proteínas únicas, gliadinas e gluteninas, que com hidratação e energia mecânica formam o glúten. O uso da farinha de trigo na produção de vários produtos está influenciado principalmente pela quantidade e qualidade do glúten, do que pelos outros componentes da farinha. Por isso, a adição de qualquer ingrediente não constituinte do trigo, altera as características da farinha de trigo. Essas mudanças podem ser observadas nos resultados obtidos (Tabela 6) e nos farinogramas (Figura 3), principalmente com a adição da farinha de banana verde.

Quando adicionado o Promitor à farinha de trigo, a absorção de água diminuiu significativamente, enquanto que a adição de *Hi Maize* aumentou significativamente a absorção. Já quando adicionada a farinha de banana verde, observa-se que a absorção de água não teve uma mudança significativa. No entanto, pelos dados obtidos no farinograma (Figura 4) é possível constatar que a adição de farinha de banana verde alterou drasticamente as propriedades da farinha de trigo, devido à perda da estabilidade e ao grande aumento do ITM, resultando no enfraquecimento da qualidade da massa.

O tempo de desenvolvimento da massa é o tempo necessário desde a adição da água à farinha até que a massa atinja o ponto com o maior torque. Durante essa fase de mistura, os componentes da farinha, principalmente a proteína absorve água e a massa é desenvolvida (Pizzinato, 1999). Quando adicionados os diferentes tipos de amido resistente à farinha de trigo, os valores do tempo de desenvolvimento diminuiram. Esse fenômeno está relacionado à diluição das proteínas presentes na farinha de trigo pela adição dos amidos resistentes.

A estabilidade da massa é definida como o intervalo do tempo no qual o topo da banda permanece acima da linha de 500 UF, sendo a diferença entre o tempo de saída e o tempo de chegada (Pizzinato, 1999). Este valor em geral, dá alguma indicação da tolerância da massa à mistura. Ao adicionar a farinha de banana verde, a estabilidade diminuiu significativamente.

O índice de tolerância à mistura (ITM) é a diferença de consistência da massa entre o topo da banda no ponto máximo e o topo da banda 5 minutos após o ponto máximo ter sido atingido. Quanto maior o valor do ITM menor será a tolerância à mistura (Pizzinato, 1999). Na Tabela 6 pode ser observado que ao adicionar o Promitor o ITM

diminuiu significativamente, indicando que essa mistura resiste mais às ações mecânicas. Já a adição de *Hi Maize* não alterou o ITM. No entanto, ao adicionar a farinha de banana verde, o ITM aumentou significativamente, indicando que esta mistura é muito susceptível à ação mecânica. Este fato pode ser explicado devido à composição centesimal da farinha de banana verde, que apresentou maior teor de proteínas e sais minerais do que as outras amostras (Tabela 1), além do teor de fibra alimentar total (Vernaza et al., 2010), que pode interferir na formação da rede de glúten, diminuindo a qualidade da massa.

3.7.2. Extensografia

A Tabela 7 apresenta os valores dos parâmetros extensográficos da farinha de trigo e das misturas HM10, Prom10 e Ban10 e a Figura 4 apresenta os extensogramas correspondentes para cada amostra. A análise de extensografia mede e registra a resistência da massa à extensão, enquanto ela é esticada a velocidade constante, sendo que as características da massa são medidas em diferentes períodos de descanso (45, 90 e 135 min), o que permite avaliar a influência da oxidação natural pelo O₂ em função do tempo da massa. Ao utilizar o farinógrafo e o extensógrafo juntamente pode-se avaliar melhor a qualidade das farinhas, pois massas preparadas com conteúdos de água que proporcionam a mesma resistência à mistura no farinógrafo podem apresentar ampla variação na resistência à extensão. Assim, com ajuda destas duas análises é possível classificar as farinhas para os produtos desejados (Pizzinato, 1999).

Tabela 7. Características extensográficas da farinha de trigo e das misturas

Parâmetro	Amostra	Tempo (minutos)		
		45	90	135
Resistência à extensão (UE)*	Farinha	305,00 ± 27,84 ^b	413,30 ± 23,09 ^b	428,33 ± 10,41 ^c
	HM10	321,67 ± 2,89 ^b	426,67 ± 11,55 ^b	503,33 ± 15,28 ^b
	Prom10	350,00 ± 10,00 ^b	410,00 ± 10,00 ^b	461,67 ± 17,56 ^{bc}
	Ban10	573,33 ± 30,33 ^a	753,33 ± 30,55 ^a	741,67 ± 36,17 ^a
Resistência máxima (EU)*	Farinha	510,00 ± 10,00 ^b	676,67 ± 40,41 ^b	741,67 ± 42,52 ^{ab}
	HM10	483,33 ± 20,82 ^b	683,33 ± 15,28 ^b	773,33 ± 23,09 ^a
	Prom10	525,00 ± 5,00 ^b	630,00 ± 10,00 ^b	686,67 ± 11,55 ^b
	Ban10	605,00 ± 22,91 ^a	770,00 ± 26,46 ^a	748,33 ± 41,93 ^{ab}
Extensibilidade (mm)*	Farinha	169,17 ± 3,82 ^a	161,67 ± 2,89 ^a	158,33 ± 2,89 ^a
	HM10	156,67 ± 7,64 ^b	141,00 ± 1,73 ^b	141,00 ± 5,29 ^b
	Prom10	143,33 ± 2,89 ^c	163,33 ± 2,89 ^a	128,33 ± 2,89 ^c
	Ban10	86,67 ± 2,89 ^d	83,33 ± 2,89 ^c	76,67 ± 2,86 ^d
Número proporcional (UE/mm)*	Farinha	1,81 ± 0,20 ^b	2,55 ± 0,17 ^b	2,71 ± 0,12 ^c
	HM10	2,06 ± 0,08 ^b	3,03 ± 0,11 ^b	3,58 ± 0,25 ^b
	Prom10	2,44 ± 0,09 ^b	2,51 ± 0,10 ^b	3,60 ± 0,15 ^b
	Ban10	6,62 ± 0,61 ^a	9,05 ± 0,65 ^a	9,68 ± 0,46 ^a

*Média de 3 determinações

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras teste de Tukey ($p < 0,05$);

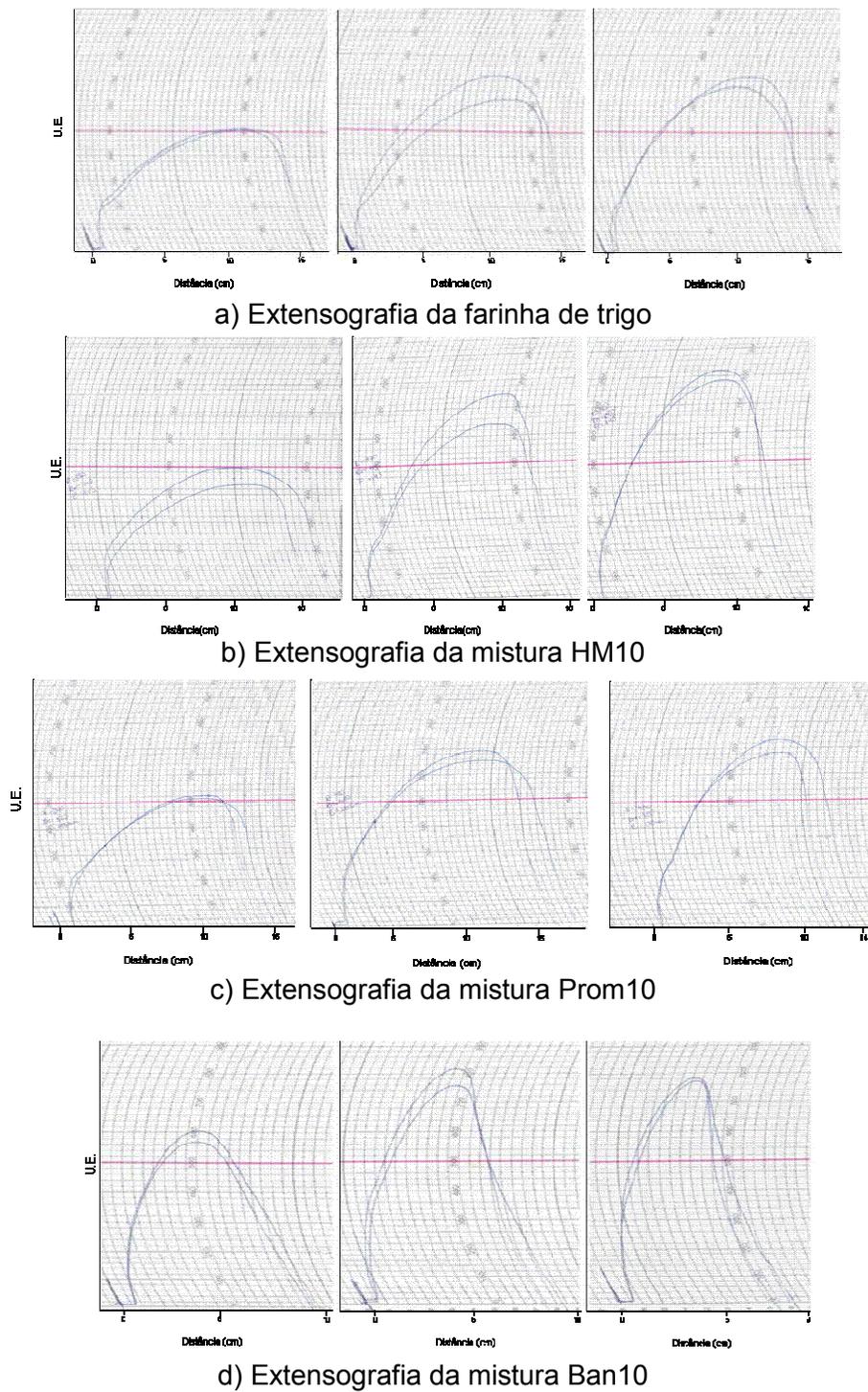


Figura 4. Extensogramas obtidos com as diferentes amostras: a) farinha de trigo, b) mistura HM10, c) mistura Prom10 e d) mistura Ban10

Analisando a Figura 4 pode ser observado que o perfil dos extensogramas das misturas HM10 e Prom10 foram mantidos semelhantes quando comparados ao perfil do extensograma da farinha de trigo. No entanto, o perfil do extensograma da mistura Ban10 mudou significativamente (a extensibilidade diminuiu). Segundo o manual do fabricante (Brabender, 2005), o extensograma da farinha de trigo indica que é uma farinha forte, com boa extensibilidade e elasticidade e que em produtos de panificação a massa resistiria a longos tempos de fermentação obtendo-se produtos de panificação com volume adequado. Já os extensogramas da mistura Ban10 apresentam perfil de uma massa rígida e firme, com pouca extensibilidade, dificilmente fermentável resultando em massas quebradiças e pouco elásticas.

A descrição dos perfis do fabricante pode ser confirmada, analisando-se os valores obtidos para as diferentes amostras (Tabela 7), onde se observa claramente que a mistura Ban10 apresenta a maior resistência à extensão, menor extensibilidade, e maior número proporcional, indicando que é uma massa rígida e com uma tendência maior da massa a encolher.

Ao adicionar as diferentes fontes de amido resistente à farinha de trigo, a extensibilidade das misturas HM10 e Ban10 diminuiu significativamente, enquanto que a mistura Prom10 mostrou valores estatisticamente semelhantes aos valores da farinha de trigo. No entanto, a mistura mais afetada foi a Ban10, obtendo-se um valor bem menor de extensibilidade, podendo ser explicado pela alta presença de fibras (9 %) (Vernaza et al., 2010), proteínas e cinzas (Tabela 1) da farinha de banana verde, deixando a massa mais firme e rígida. Os valores de extensibilidade indicam a possibilidade da massa de se estender. Neste estudo foi possível observar que a farinha de trigo, e as misturas HM10 e Prom10 apresentaram uma extensão correspondente a mais de 10 vezes o comprimento original da massa, pois apresentaram valores de extensibilidade maiores que 100 mm. No entanto, a mistura Ban10 apresentou valores em torno de 80 mm, indicando uma proporção menor de extensão (Pizzinato, 1999).

Quanto maior for o valor D, maior é a tendência da massa a encolher e quanto menor, maior é a tendência da massa a fluir (Pizzinato, 1999). Os valores obtidos para o número proporcional D indicam que tanto a farinha de trigo, assim como as misturas HM10 e Prom10 apresentaram uma tendência menor da massa a encolher do que a mistura Ban10.

Em concordância com os parâmetros farinográficos, a adição de farinha de banana verde à farinha de trigo alterou em maiores proporções as propriedades viscoelásticas da massa.

3.8. Macarrão instantâneo

Os macarrões instantâneos obtidos por fritura convencional e por processo a vácuo foram analisados quanto ao teor de umidade, teor de gordura, firmeza e cor.

3.8.1. Perda de umidade e absorção de gordura na produção de macarrão instantâneo

Os valores dos teores de umidade e gordura para os dois tipos de fritura (convencional e vácuo) estão apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8. Teores de umidade dos macarrões instantâneos obtidos nos processos de fritura convencional e a vácuo*

Fritura		Umidade (%)				
		Tempo (s)				
		30	60	90	120	150
Convencional	HM10	2,93 ± 0,040 ^{aB}	1,16 ± 0,110 ^{bB}	1,09 ± 0,027 ^{bB}	0,88 ± 0,009 ^{cC}	-
	Prom10	3,44 ± 0,036 ^{aA}	1,19 ± 0,073 ^{bB}	0,95 ± 0,030 ^{cC}	0,99 ± 0,020 ^{cB}	-
	Ban10	2,89 ± 0,030 ^{aB}	1,95 ± 0,089 ^{bA}	1,94 ± 0,030 ^{bA}	1,75 ± 0,053 ^{cA}	-
Vácuo	HM10	13,08 ± 0,045 ^{aA}	7,74 ± 0,031 ^{bB}	7,35 ± 0,034 ^{cA}	5,33 ± 0,056 ^{dB}	4,31 ± 0,040 ^{eC}
	Prom10	11,42 ± 0,065 ^{aB}	8,08 ± 0,035 ^{bA}	5,85 ± 0,020 ^{cC}	5,57 ± 0,033 ^{dA}	4,61 ± 0,061 ^{eB}
	Ban10	9,71 ± 0,072 ^{aC}	6,57 ± 0,046 ^{bC}	6,22 ± 0,018 ^{cB}	5,44 ± 0,059 ^{dB}	4,79 ± 0,037 ^{eA}

*Médias de 3 determinações

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras minúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tempos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Médias com letras maiúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras obtidas pelo mesmo processo, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 9. Teores de gordura dos macarrões instantâneos obtidos nos processos de fritura convencional e a vácuo*

Fritura		Gordura (%)				
		Tempo (s)				
		30	60	90	120	150
Convencional	HM10	21,98 ± 0,208 ^{dA}	24,35 ± 0,180 ^{CA}	26,44 ± 0,104 ^{bA}	27,34 ± 0,284 ^{aA}	-
	Prom10	21,58 ± 0,639 ^{CA}	23,31 ± 0,294 ^{bB}	23,56 ± 0,274 ^{bB}	25,44 ± 0,174 ^{aB}	-
	Ban10	23,04 ± 1,516 ^{bA}	23,90 ± 0,175 ^{bA}	24,65 ± 0,076a ^{bC}	26,29 ± 0,159 ^{aC}	-
Vácuo	HM10	15,84 ± 0,139 ^{dA}	16,99 ± 0,294 ^{CA}	22,45 ± 0,062 ^{bA}	23,61 ± 0,187 ^{aA}	23,79 ± 0,065 ^{aA}
	Prom10	13,12 ± 0,134 ^{eB}	15,41 ± 0,133 ^{dB}	20,61 ± 0,386 ^{CB}	21,70 ± 0,228 ^{bB}	22,66 ± 0,104 ^{aB}
	Ban10	17,47 ± 0,101 ^{eC}	18,27 ± 0,009 ^{dC}	21,97 ± 0,117 ^{CA}	24,52 ± 0,178 ^{bC}	25,10 ± 0,106 ^{aC}

*Médias de 3 determinações.

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras minúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tempos, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Médias com letras maiúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras obtidas pelo mesmo processo, pelo teste de Tukey (p<0,05).

O processo de secagem por fritura é um processo de desidratação rápida e a perda de umidade na obtenção do macarrão instantâneo é muito importante, pois a evaporação da água por este processo é responsável pela estrutura particular dos macarrões instantâneos. A água da superfície dos *noodles* se evapora rapidamente quando submersos no óleo quente (135-160 °C). A desidratação na superfície faz com que a água do interior migre rapidamente para a superfície formando uma estrutura porosa devido à rapidez com que a mesma é evaporada (Rho, Seib, Chung, 1986). A água evaporada é substituída pelo óleo da fritura, formando-se pequenos micro-canais que servem para que a água entre com maior rapidez no momento da re-hidratação (Hou, 2001). Geralmente, o conteúdo de umidade dos *noodles* instantâneos deve estar abaixo de 10 % e a atividade de água se encontra na faixa de 0,5 a 0,6, apresentando uma melhor estabilidade microbiana (Kubomura, 1996).

Todas as amostras obtidas no processo de fritura convencional atingiram a umidade recomendada, no entanto no processo de fritura a vácuo, somente os macarrões fritos por 30 s apresentaram ainda uma umidade maior do que 10 %. No entanto, as amostras com 10 % de umidade não apresentaram textura adequada para as análises de cor e textura, portanto foram escolhidas as amostras com umidades entre 5 % e 6 % ou menos. Pelos dados obtidos, pode ser observado claramente que os macarrões perdem a umidade numa taxa maior no processo de fritura convencional do que no processo de fritura a vácuo. Isto pode ser explicado pelas temperaturas utilizadas nos dois processos. No processo convencional a temperatura do óleo de fritura inicial foi de 150 °C, enquanto que na fritura a vácuo foi de 110 °C.

A absorção de óleo durante a fritura é de muita importância tanto do ponto de vista econômico quanto nutricional. A absorção de gordura aumenta os custos de produção e diminui a vida de prateleira do produto devido à rancidez oxidativa do óleo presente nos *noodles* (Wu et al., 2006). Além disso, por ser um produto frito, contém alto grau de óleo residual e compostos derivados da degradação do óleo, acarretando grandes preocupações com relação à saúde já que o consumo excessivo de gordura, especialmente gordura saturada, está relacionado com problemas de obesidade, doenças cardiovasculares e outros problemas relacionados à saúde (Goel, Singhal e Kulkarni, 1999; Saguy e Dana, 2003). Na Tabela 9, pode ser observado, que no processo de fritura convencional, os macarrões HM10 foram os que mais gordura absorveram, seguidos dos macarrões Ban10 e finalmente os que menos absorveram foram os Prom10, enquanto

que no processo de fritura a vácuo a amostra que mais absorveu gordura foi a Ban10, seguida do HM10 e finalmente Prom10.

Houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) no teor de umidade e gordura dos macarrões instantâneos obtidos com a fritura convencional e fritura a vácuo quando avaliados nos mesmos tempos de fritura. No entanto, essa diferença não foi suficientemente satisfatória, pois, há autores na literatura que reportaram uma redução de até 45 % de gordura usando a tecnologia a vácuo.

Garayo e Moreira (2002) ao estudar o processo de fritura a vácuo em chips de batatas fritas concluíram que o teor de óleo foi significativamente diferente para as amostras obtidas pelo processo de fritura a vácuo e fritura em condições atmosféricas, obtendo-se valores de teor de óleo de 37 % e 66 %, respectivamente para cada processo. Mariscal e Bouchon (2008) compararam o processo de fritura em condições atmosféricas e a vácuo de fatias de maçã e de fatias de maçã pré-secas e concluíram que as fatias pré-tratadas fritas sob condições a vácuo absorveram 50 % menos gordura do que as fritas em condições atmosféricas. Da Silva e Moreira (2008) produziram snacks de vegetais à base de batata doce, vagens, manga e batata azul (blue potato) utilizando fritura convencional e fritura a vácuo. Comparando com a fritura convencional, o teor de gordura das amostras de batata doce e vagens fritas a vácuo foi menor em 24 % e 16 %, respectivamente, para cada amostra. No entanto, as amostras à base de batata azul e manga fritas a vácuo apresentaram 6 % e 5 % mais gordura que o processo tradicional. Dueik et al. (2010) utilizaram o processo a vácuo para produzir chips de cenoura e os resultados mostraram uma redução de aproximadamente 50 % com relação a fritura convencional.

Outros autores obtiveram resultados diferentes ao estudar a tecnologia de fritura a vácuo, reportando que houve um aumento na absorção de óleo quando utilizada essa tecnologia. Tan e Mittal (2006) utilizaram a fritura a vácuo na produção de *donuts* e compararam com o processamento convencional. Os autores concluíram que o teor de gordura aumentou significativamente ao usar a nova tecnologia. Troncoso et al., (2009) determinaram as cinéticas de perda de umidade e aumento de gordura em fatias de batatas *in natura* e pré-tratadas (utilizando diferentes tecnologias, como secagem superficial, tratamento com metabisulfito e outros) que foram fritas sob vácuo e sob condições atmosféricas, e reportaram que o teor de gordura aumentou 57,1 % e 75,4 %

nas amostras in natura e pré-tratadas, respectivamente, quando comparadas às fritas sob condições atmosféricas.

Existem várias teorias da absorção de óleo em produtos fritos sob vácuo. Garayo e Moreira (2002) propuseram um mecanismo de absorção de óleo explicado pela transferência de massa que está dividida em três estágios: fritura, pressurização e resfriamento. No começo do período de fritura, a temperatura de ebulição da água diminui para níveis abaixo de 100 °C. A pressão capilar, entre o óleo e o gás durante este período é insignificante. Assim, nenhum óleo é absorvido nesta fase. A crosta do alimento no processo de fritura a vácuo começa a ser formada logo que o alimento é imerso no óleo quente. O segundo estágio é a pressurização do vácuo às condições atmosféricas. Esta fase começa quando o alimento é removido do óleo de fritura e é mantido ainda sob as condições a vácuo e de temperatura, onde ainda o sistema está fechado. Nesta fase, quando o sistema é aberto, a pressão nos poros do alimento aumenta rapidamente para níveis atmosféricos, sendo que o ar e o óleo migram rapidamente dentro do espaço dos poros vazios até que a pressão chegue a níveis atmosféricos. No entanto, devido à baixa pressão, o gás se difunde mais rapidamente no espaço poroso, obstruindo, assim, a entrada do óleo nos poros do produto. O terceiro estágio, a fase de resfriamento, começa quando o produto é retirado do sistema. Nessa fase, uma parte do óleo aderido continua a penetrar os poros, no entanto, uma vez que menos óleo é aderido na superfície do produto durante a fritura a vácuo, o óleo é menos absorvido durante o resfriamento.

Fan et al. (2005) explicou que a diminuição na absorção de óleo se deve à diferença de pressão interna do produto. Quando o produto é colocado no óleo quente sob baixa pressão, a água livre é rapidamente perdida na forma de bolhas. Com o transcorrer da fritura, a camada externa do produto se seca, aumentando e melhorando a hidrofobicidade, deixando que o óleo seja aderido à superfície. Quando o produto é removido do sistema, o vapor no interior dos poros se condensa e a diferença de pressão entre o tecido do produto e os poros causa a aderência do óleo na superfície e a absorção dentro do espaço poroso. No entanto, se o produto ainda contém algum teor de umidade, essa umidade irá dificultar a entrada de óleo nos poros.

Troncoso et al. (2009) explicou que o aumento no teor de óleo na fritura a vácuo está caracterizado somente por dois estágios: fritura e pressurização. Na fritura a vácuo, as taxas de transferência de calor e de massa são mais elevadas devido à diminuição do ponto de ebulição da água. Na primeira fase, a alta taxa de transferência de calor e

massa produz uma evaporação parcial da água no alimento, que migra do interior do produto, sendo parcialmente substituída pelo óleo. Na segunda fase, na pressurização, que prossegue depois que o produto foi retirado do óleo e ainda permanece no interior do sistema à pressão e à temperatura de fritura, ocorre um aumento rápido na pressão dos poros, fazendo com que o óleo aderido na superfície penetre rapidamente no alimento, gerando um efeito esponja, até que a pressão nos poros seja igual à pressão atmosférica.

Além das teorias explicadas, vários autores também reportaram outros parâmetros que podem afetar na absorção de óleo quando utilizada a fritura a vácuo. Entre os fatores mais importantes encontrados na literatura encontram-se os mecanismos de desengorduramento (de-oiling) após a fritura a vácuo. Vários mecanismos têm sido utilizados, tais como, centrifugação antes da etapa de pressurização, absorção do excesso de óleo pela utilização de papel toalha, drenagem do excesso de óleo por vários segundos antes da pressurização (Moreira et al., 2008; Da Silva e Moreira, 2008; Nunes e Moreira 2009). Outro fator que influencia na absorção de óleo é o tamanho da amostra a ser frita. Uma superfície de contato grande ou uma elevada relação superfície/ volume entre o produto e o óleo favorece a transferência de calor, acelerando o processo que degrada a topografia da superfície do alimento, permitindo que o óleo seja absorvido mais facilmente (Pedreschi et al., 2008; Salvador et al., 2009). A velocidade de quebra de vácuo e alguns pré-tratamentos como desidratação osmótica ou secagem da superfície do alimento antes da fritura a vácuo, podem também diminuir o teor final de óleo (Shyu e Hwang, 2001; Fan et al., 2005; Salvador et al., 2009; Nunes e Moreira 2009; Da Silva e Moreira 2008; Troncoso e Pedreschi et al., 2009). Finalmente, os fatores mais conhecidos e mais estudados que afetam a absorção de óleo em produtos fritos a vácuo são: o nível de vácuo, a temperatura do óleo e o tempo de processo. Ao utilizar pressões mais baixas de vácuo e maiores temperaturas e tempos de processo, o teor de óleo absorvido aumenta significativamente (Shyu e Hwang, 2001; Garayo e Moreira, 2002; Fan et al., 2005; Troncoso e Pedreschi et al., 2009).

No presente estudo, a baixa redução da absorção de óleo após utilizar a fritura a vácuo pode ser explicado pelos fatores encontrados na literatura. Em primeiro lugar, o equipamento utilizado Gastrovac não permite modificar o nível de vácuo, utilizando-se sempre a mesma pressão. Em segundo lugar, o equipamento não possui nenhum mecanismo de desengorduramento, como centrifugação, e em terceiro lugar, o formato ou

tamanho do macarrão é muito fino, apresentando uma área de contato muito grande entre o produto e o óleo, aumentando assim o teor final de gordura nas amostras.

Nas Tabelas 8 e 9 pode ser observado que nos primeiros 60 s de fritura a diferença da umidade e da absorção de óleo de cada amostra é maior entre os dois processos utilizados. Os teores de umidade obtidos no processo de fritura a vácuo permanecem mais altos ao longo do processo, enquanto que o teor de gordura fica mais baixo quando comparado à fritura convencional. Essa diferença se deve ao fato de a absorção de gordura estar relacionada com a presença de água residual na amostra. Segundo Fan et al. (2005), se o produto ainda contém algum teor residual de umidade, essa umidade irá dificultar a entrada de óleo nos poros.

Finalmente, é importante ressaltar que nesta pesquisa a redução de óleo após a fritura a vácuo foi devido ao fato da remoção do excesso de óleo aderido na superfície do produto. As amostras fritas sob condições a vácuo apresentaram uma camada maior de gordura na superfície quando comparadas às amostras obtidas pelo processo convencional.

3.8.2. Perda do amido resistente na produção de macarrão instantâneo

Nas Tabelas 10 e 11 estão apresentados os valores de amido resistente obtidos nos diferentes tempos, para o processo de fritura convencional e processo de fritura a vácuo, respectivamente.

Tabela 10. Teor do amido resistente nos diferentes estágios e tempos de fritura no processo de fritura convencional*

Macarrão	Cru	Cozido a vapor	Tempo de fritura			
			30 s	60 s	90 s	120s
HM10	8,93 ± 0,20 ^{aA}	6,31 ± 0,48 ^{bA}	6,14 ± 0,44 ^{cA}	6,06 ± 0,16 ^{cA}	5,60 ± 0,10 ^{cdA}	4,91 ± 0,37 ^{dB}
Prom10	9,84 ± 0,23 ^{aB}	8,05 ± 0,12 ^{bB}	6,57 ± 0,66 ^{cA}	6,24 ± 0,29 ^{cA}	5,74 ± 0,09 ^{ceA}	5,28 ± 0,24 ^{deA}
Ban10	7,28 ± 0,29 ^{aC}	5,28 ± 0,60 ^{bC}	4,45 ± 0,75 ^{bCB}	4,37 ± 0,69 ^{cB}	3,98 ± 0,55 ^{cB}	3,90 ± 0,24 ^{cC}

*Médias de 4 determinações

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras minúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tempos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Médias com letras maiúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 11. Teor do amido resistente nos diferentes estágios e tempos de fritura no processo de fritura a vácuo*

Macarrão	Cru	Cozido a vapor	Tempo de fritura				
			30 s	60 s	90 s	120s	150 s
HM10	8,93 ± 0,20 ^{aA}	6,53 ± 0,48 ^{bA}	6,31 ± 0,34 ^{bca}	6,29 ± 0,50 ^{bca}	5,90 ± 0,25 ^{bca}	5,87 ± 0,70 ^{bca}	5,36 ± 0,21 ^{dB}
Prom10	9,84 ± 0,23 ^{aB}	8,05 ± 0,12 ^{bB}	7,07 ± 0,63 ^{cA}	6,78 ± 0,51 ^{cA}	6,54 ± 0,49 ^{cA}	6,52 ± 0,75 ^{cA}	6,37 ± 0,32 ^{cA}
Ban10	7,28 ± 0,29 ^{aC}	5,28 ± 0,60 ^{bC}	5,03 ± 0,68 ^{bB}	5,09 ± 0,40 ^{bB}	4,85 ± 0,31 ^{bB}	4,20 ± 0,38 ^{cB}	4,12 ± 0,77 ^{cC}

*Médias de 4 determinações

HM10 = Farinha de trigo + 10 % de *Hi Maize*

Prom10 = Farinha de trigo + 10 % de Promitor

Ban10 = Farinha de trigo + 10 % de farinha de banana verde

Médias com letras minúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tempos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Médias com letras maiúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Nas Tabelas 10 e 11, estão apresentados também os dados obtidos na produção de macarrão instantâneo antes da etapa do cozimento a vapor e após o cozimento. Observa-se que a maior perda de amido resistente ocorre na etapa de cozimento a vapor, onde é perdido aproximadamente 30 % do amido resistente no caso da amostra HM10 e Ban10, enquanto que a formulação Prom10 teve uma perda de amido resistente de aproximadamente 18 %.

Durante os dois processos de fritura, o teor de amido resistente diminuiu com o transcorrer do tempo de processo. Apesar de não haver diferença significativa entre os dois processos ao avaliar o teor de amido resistente nas amostras obtidas no mesmo tempo de fritura, pode-se observar que a fritura a vácuo apresentou maiores valores. No entanto, não pode ser afirmado que a fritura a vácuo degrada menos o amido resistente.

Vários pesquisadores estudaram o efeito da adição de amido resistente em diferentes tipos de massas alimentícias, porém, não foi encontrada a adição de amido resistente na produção de macarrão instantâneo, nem em produtos processados sob condições de vácuo.

Hernández-Nava et al. (2009) desenvolveram espaguete com alto teor de amido resistente suplementado com amido de banana em proporções de 5, 10, 15 e 20 %, e reportaram que o teor de amido resistente final das amostras aumentou significativamente apresentando valores de 3,06 %, 4,68 %, 8,26 % e 10,33 %, respectivamente. Comparando o produto com 10 % de amido resistente dos autores com os valores obtidos neste estudo pela fritura a vácuo, observa-se que o valor do amido resistente foi igual ou maior (Tabela 11). É importante ressaltar que os autores utilizaram o amido isolado da banana verde e neste estudo foi utilizada a farinha integral de banana verde, onde o amido resistente está mais diluído pela presença de proteínas, fibras, cinzas, etc. Outros autores, ao adicionar 15 % de farinha de banana verde na produção de espaguete obtiveram um valor final de amido resistente de 2,84 % (Ovando-Martinez et al., 2009).

Analisando os valores obtidos nas Tabelas 10 e 11 pode-se concluir que o amido resistente que suporta mais os processos tecnológicos como cozimento a vapor e fritura na produção de macarrão instantâneo é o AR3, atribuindo-se ao fato que o AR3 apresenta uma estrutura mais compacta e estável devido aos processos utilizados para sua obtenção (gelatinização e a retrogradação).

3.8.3. Cor

As médias dos parâmetros de cor L*, C* e h_{ab} dos macarrões obtidos estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12. Valores médios dos parâmetros L*, C* e h_{ab} dos macarrões instantâneos¹

	Fritura convencional			Fritura a vácuo		
	L*	C*	h _{ab}	L*	C*	h _{ab}
HM10	70,50 ± 0,26 ^{aB}	18,93 ± 0,08 ^{aB}	84,99 ± 0,27 ^{aA}	74,77 ± 0,30 ^{aA}	20,80 ± 0,47 ^{aA}	84,75 ± 0,17 ^{aA}
Prom10	69,68 ± 0,91 ^{aB}	18,89 ± 0,25 ^{aB}	84,50 ± 0,06 ^{bA}	74,57 ± 0,66 ^{aA}	20,60 ± 0,15 ^{aA}	84,07 ± 0,20 ^{bB}
Ban10	57,40 ± 1,06 ^{bB}	13,81 ± 0,13 ^{bB}	76,85 ± 0,20 ^{cB}	62,39 ± 0,57 ^{bA}	15,57 ± 0,22 ^{bA}	78,35 ± 0,05 ^{cA}

¹Média de 4 determinações

Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras no mesmo processo, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Médias com letras maiúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os processos, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Em geral, os parâmetros de cor são medidos como uma importante característica da aparência do produto. (Hosney, 1998). O valor L* é um parâmetro crítico na indústria de fritura e geralmente é o primeiro atributo de qualidade avaliado pelos consumidores quando é determinada a aceitação do produto. Valores baixos de L* indicam uma cor mais escura e geralmente são associados com as reações de escurecimento não enzimático (Bouchon et al., 2010).

Na Tabela 12, foram avaliadas as diferenças nos parâmetros de cor entre as diferentes formulações obtidas pela mesma tecnologia (fritura convencional ou fritura a vácuo), e também foram avaliadas as diferenças entre os processos.

Como pode ser observado na Tabela 12, para ambos os processos de fritura, os valores de L* não apresentaram diferença significativa entre os macarrões HM10 e Prom10, enquanto que os macarrões Ban10 apresentaram valores de L* significativamente mais baixos, ou seja, uma cor mais escura. O escurecimento do macarrão Ban10 pode ser atribuído à cor escura que apresenta a farinha de banana verde *in natura* (ver item cor 3.3). Os autores Choo e Aziz (2010) também reportaram

escurecimento da cor avaliada sensorialmente quando utilizada banana verde na produção de *noodles*.

Na Tabela 12, pode ser observado que houve diferença significativa dos parâmetros L^* , C^* e h_{ab} entre os macarrões obtidos pelas duas tecnologias (fritura convencional e fritura a vácuo), unicamente o ângulo de tonalidade da formulação HM10 apresentou semelhança entre os processos. Os macarrões obtidos no processo de fritura a vácuo apresentaram valores de luminosidade significativamente maiores (cor mais clara) quando comparados aos obtidos no processo de fritura convencional. O maior escurecimento do macarrão, obtido pelo processo de fritura convencional, deve-se a uma maior intensidade do tratamento térmico, ou seja, temperaturas mais elevadas, o que pode ocasionar mudanças na cor, devido ao desenvolvimento mais rápido da reação de Maillard ou produção de compostos de degradação do óleo de fritura. Neste estudo pode ser observado que a temperatura foi mais significativa na redução do parâmetro L^* , pois apesar de que os macarrões obtidos no processo a vácuo serem fritos por 30 s a mais, eles apresentaram valores significativamente maiores do parâmetro L^* . Os resultados obtidos neste estudo estão em concordância com vários trabalhos, onde autores reportaram valores maiores de L^* para produtos fritos sob condições a vácuo do que produtos obtidos pelo processo de fritura convencional (Garayo e Moreira 2002; Da Silva e Moreira, 2008; Mariscal e Bouchon, 2008; Bouchon et al., 2010).

O ângulo h_{ab} , quando perto de 0° , indica uma cor vermelha pura, enquanto que um ângulo de 90° indica uma cor amarela pura. Os valores obtidos para os diferentes macarrões indicam que eles se aproximam mais de uma cor amarela. No entanto, os macarrões obtidos com a adição de farinha de banana verde apresentaram um ângulo menor, o que significa que a cor foi significativamente alterada tendendo para uma cor mais avermelhada.

O valor do croma (C^*) representa a saturação da cor. Os valores do croma indicam que as amostras obtidas pelo processo de fritura a vácuo apresentaram uma maior intensidade da cor (cor mais amarela), quando comparados aos obtidos pelo processo de fritura convencional (cor mais marrom). Os pesquisadores Da Silva e Moreira (2009) também reportaram resultados similares ao processar diferentes vegetais sob condições atmosféricas e sob vácuo.

3.8.4. Textura

Os valores obtidos na análise de firmeza e de pegajosidade dos macarrões instantâneos com as três formulações estão apresentados nas Tabelas 13 e 14, respectivamente. Para a análise da textura, os macarrões foram cozidos até seu ponto ótimo de cozimento. O tempo ótimo de cozimento de todas as amostras foi de 2 min e 30 s. O tempo igual para as diferentes formulações pode ser explicado devido à dimensão do macarrão processado, o que permite uma rápida re-hidratação na hora do cozimento.

Tabela 13. Valores de Firmeza dos macarrões instantâneos*

	Fritura Convencional	Fritura a vácuo
HM10	86,29 ± 3,92 ^{abA}	76,80 ± 5,17 ^{bB}
Prom10	92,59 ± 7,70 ^{aA}	82,18 ± 5,20 ^{aB}
Ban10	83,86 ± 5,69 ^{bA}	70,54 ± 5,74 ^{bB}

*Média de 7 determinações

Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras no mesmo processo, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Médias com letras maiúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os processos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 14. Valores de pegajosidade dos macarrões instantâneos*

	Fritura convencional	Fritura a vácuo
HM10	61,84 ± 8,05 ^{aA}	70,13 ± 7,29 ^{aA}
Prom10	50,81 ± 9,26 ^{aA}	68,10 ± 10,42 ^{aA}
Ban10	51,17 ± 7,17 ^{aA}	62,41 ± 16,56 ^{aA}

*Média de 7 determonações

Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras no mesmo processo, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Médias com letras maiúsculas distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os processos, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O processo de fritura remove a maioria da umidade do produto e modifica a estrutura interna determinando as propriedades físicas e sensoriais finais do produto.

Na análise de firmeza, tanto para o processo convencional, como para o processo a vácuo, foi possível observar que os macarrões obtidos com a adição de 10 % de farinha de banana verde apresentaram menores valores de firmeza. Isto se relaciona aos resultados obtidos na análise reológica das misturas, onde a adição de 10 % de farinha de banana verde foi a que ocasionou as maiores alterações nas propriedades viscoelásticas, (como por exemplo, na estabilidade da massa, no índice de tolerância à mistura e na extensibilidade), quando analisada em farinografo e extensografo. Os componentes da farinha de banana verde, como sais minerais (Tabela 1) e fibras (Vernaza et al., 2010) interferem na formação da rede de glúten, tornando a massa mais rígida, quebradiça e sem extensibilidade. Por outro lado, a formulação Prom 10 apresentou os macarrões mais firmes.

Observa-se, na Tabela 13 que o processo de fritura a vácuo reduziu significativamente os valores da firmeza. Este fenômeno pode estar relacionado à micro estrutura interna dos macarrões. Quando os macarrões cozidos são imersos no óleo quente, a água migra rapidamente formando micro canais, no entanto, pela análise de textura (valores mais baixos), a estrutura interna é diferente.

A firmeza é uma qualidade muito subjetiva, dependendo dos hábitos, costumes e culturas das pessoas. Por exemplo, nos países asiáticos, um dos alimentos mais consumidos são os *noodles* que são elaborados com farinha de trigo comum, água e sal ou sais alcalinos. No Japão os consumidores preferem *noodles* com uma textura mais macia, mais elásticos, lisos e com uma aparência clara e translúcida, enquanto que na China os consumidores preferem os *noodles* com uma estrutura mais firme e compacta e com uma aparência menos translúcida e mais amarela devido à adição de sais alcalinos (Hou 2001). O consumo de *noodles* no Brasil ainda está em crescimento, no entanto já existe um perfil entre os consumidores, os quais preferem um macarrão com menos firmeza.

Com relação à pegajosidade, embora os resultados não apresentem diferença significativa, os macarrões obtidos com o processo de fritura a vácuo aumentaram a pegajosidade em todas as amostras. O fato de não apresentar diferença significativa pode ser explicado ao teor de óleo presente na superfície das amostras que interfere no parâmetro estudado.

4. CONCLUSÕES

Foi possível obter macarrões instantâneos funcionais com as três diferentes formulações estudadas, pois as amostras apresentaram um teor de amido resistente maior que 3 %, podendo ser declarados como fonte de fibra pela legislação Brasileira.

Os resultados obtidos mostraram que o Promitor apresentou o maior teor de amido resistente (62 %), quando comparado ao *Hi Maize* (44 %) e à farinha de banana verde (45 %). Os resultados obtidos na análise reológica mostraram que as misturas HM10 e Prom10 não afetaram significativamente as propriedades viscoelásticas da massa, quando comparadas com a mistura Ban10, que alterou significativamente as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais rígida, quebradiça e pouco extensível.

A formulação de macarrão instantâneo Prom10 apresentou as melhores propriedades tecnológicas, sendo que foram obtidos os menores valores na absorção de gordura e maiores valores no teor de amido resistente e de firmeza.

Na produção de macarrão instantâneo, o processo de fritura a vácuo mostrou-se vantajoso, quando comparado com o processo de fritura convencional, pois a absorção de óleo foi menor e a cor dos macarrões se manteve mais clara.

No entanto, com relação à redução da absorção de óleo, os resultados obtidos não foram suficientemente satisfatórios a ponto de justificar o emprego da tecnologia de fritura a vácuo na produção de macarrão instantâneo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES-PEC-PG pela bolsa de doutorado da aluna Maria Gabriela Vernaza Leoro, e a FAPESP (Processo no. 08/02474-1) pelo auxílio a pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho. Os autores também agradecem às empresas: Bunge, National Starch, Tate and Lyle, Agropalma e Máster Sense pelas doações da farinha de trigo, amido resistente tipo 2, amido resistente tipo 3, gordura de palma e goma guar, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.A.C.C - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.** 9ª ed. St. Paul: Approved Methods Committee, 1995. v. 1 e 2.

ABIMA. Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias, 2002. Disponível em <http://www.abima.com.br/mercado03.asp>. Acesso em: 24 fev de 2007.

ALMEIDA, E.L.. Efeito da adição de fibra alimentar sobre a qualidade de pão pré-assado congelado. 2006. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

BAIXAULI, R.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. **Journal of Cereal Science**, v.47, p.502-509, 2008.

BORGES, M., PEREIRA, J., LUCENA. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29 p. 333-339, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa. Instrução Normativa nº7 de 15 de agosto de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Trigo**. Disponível em www.agricultura.gov.br. Acesso em 16 de janeiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa. Instrução Normativa nº8 de 02 de junho de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Farinha de Trigo**. Disponível em www.agricultura.gov.br. Acesso em 16 de janeiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resoluções. Resolução RDC Nº 263 de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos**. Disponível em: <http://www.e-legis.bvs.br>. Acesso em 16 de janeiro de 2008.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: Analytical and physiological aspects. **Bol SBCTA**, v.30, p.37-43, 1996.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. Série: Tecnologia Agroindustrial. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, São Paulo, 1982, 152p.

CHOO, C.L., AZIZ, N.A.A. Effects of banana flour and b-glucan on the nutritional and sensory evaluation of *noodles*. **Food Chemistry**, v.119, p.34-40, 2010.

DA SILVA, P.; MOREIRA, R. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. **Food Science and Technology**, v.41, p.1758-1767, 2008

DHITAL, S; KATAWAL, S.B.; SHRESTHA, A.K. Formation of Resistant Starch During Processing and Storage of Instant *Noodles*. **International Journal of Food Properties**, v.13. p.454-463, 2010.

DUEIK, V.; ROBERT, P.; BOUCHON, P. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. **Food Chemistry**, v.119, p.1143-1149, 2010.

EERLINGEN, R. C.; DELCOUR. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science**, v. 22, p.129-138, 1995.

ENGLYST, H.N.; KINGMAN, S.M.; CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. **European Journal of Clinical Nutrition**, v,46. p.33-50, 1992.

FAISANT, N.; GALLANT, D.J.; BOUCHET, B.; CHAMP, M. Banana starch breakdown in the human small-intestine studied by electron microscopy. **European Journal Clinical Nutrition**, v.49, p.98-104, 1995.

FAN, L.P.; ZHANG, M.; XIAO, G.N. The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. **International Journal Food Science Technology**, v.40, p.911-919, 2005.

FASOLIN, L.H.; ALMEIDA, G.C.; CASTANHO, P.S.; NETTO-OLIVEIRA, E.R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27 p. 524-529, 2007.

FU, L.; TIAN, J.; SUN, C.; LI, C. RVA and Farinograph Properties Study on Blends of Resistant Starch and Wheat Flour. **Agriculture Science in China**, v.7, p.812-822, 2008.

FUENTES-ZARAGOZA, E.; RIQUELME-NAVARRETE, M.J.; SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. Resistant starch as functional ingredient, a review. **Food Research International**, v. 43, p. 931-942, 2010.

GARAYO, J.; MORREIRA, R. Vacuum frying of potato chips. **Journal of Food Engineering**, v.55, p.181-191, 2002.

GOEL, P.K.; SINGHAL, R.S.; KULKARMI, P.R. Deep-fat fried noodle-like products from model individual blends of corn starch with casein, soy protein or their hydrolysates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.1577-1582, 1999.

GOÑI, I.; GARCIA-DIZ, L.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, v.56, p.445-449, 1996.

GRANDA, C.; MOREIRA, R.G. Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. **Journal of Food Process Engineering**, v.28, p.478-493, 2005.

GRAY, J. Fibra Alimentar: Definição e análise, fisiologia e saúde in *ILSI Europe concise monograph series*. ILSI Europe, 2006, 52p.

HERNÁNDEZ-NAVA, R.G.; BERRIOS, J.; DE PAN, J.; OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PEREZ, L.A. Development and Characterization of Spaghetti with High Resistant Starch Content Supplemented with Banana Starch. **Food Science and Techlogy International**, v. 15, p. 73-78, 2009.

HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**, 2a Edição, St. Paul, Minnesota, American Association of Cereal Chemists, Inc, 1998, 273.

HOSENEY, R.C.; ROGERS, D.E. The formation and properties of wheat flour doughs. **Food Science and Nutrition**, v.26, n.2, p.73-93, 1990

HOU, G.Q. Oriental *noodles*. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.43, p.141-193, 2001.

HUANG, D. P.; ROONEY, L. W. **Starches for snack foods**. *In*: LUSAS, E. W.; ROONEY, R. W. *Snack foods processing*. CRC Press, Boca Raton, p.115-136, 2001.

HUBER, G. R. **Snack foods from cooking extruders**. *In*: Lusas, E. W.; Rooney, R. W. *Snack foods processing*. CRC Press, Boca Raton, p.315-368, 2001.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Rapid Pasting Method using the Newport Rapid Visco Analyser**. ICC Standard No. 162, Int. Association of Cereal Science and Technology. 1995.

JENKINS, D.J. Starchy foods and glycemic index. **Diabetes Care**, v.11, n.2, p.149-159, 1988.

KUBOMURA, K. Instant *Noodles* in Japan. **Cereal Foods World**, v.43, n.4, p.194-197, 1998.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos em alimentos regionales Iberoamericanos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

MAKI, K.C.; SANDERS, L.M.; REEVES, M.S.; KADEN, V.N.; RAINS, T.M.; CARTWRIGHT, Y. Beneficial effects of resistant starch on laxation in healthy adults. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v.60, p.296-305, 2009.

MARISCAL, M., & BOUCHON, P. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. **Food Chemistry**, v.107, p.1561–1569, 2008.

MIR-BEL, J.; ORIA, R.; SALVADOR, M. L. Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. **Journal of Food Engineering**, v. 95, p. 416–422, 2009.

MOTA, R., LAJOLO, F.M., CIACCO, C. CORDENUNSI, B.R. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. **Starch/Stärke**, v.52, p.63-68, 2000.

NUNES, Y.; MOREIRA, R.G. Effect of osmotic dehydration and vacuum-frying parameters to produce high-quality mango chips. **Journal of Food Science**, v.74, p. E355-E360, 2009.

OVANDO-MARTINEZ, M.; SÁYAGO-AYERDIB, S.; AGAMA-ACEVEDO, E.; GOÑI, I.; BELLO-PÉREZ, L.A. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta **Food Chemistry**, v.113, p.121-126, 2009.

PACHECO-DELAHAYE, E.; MALDONADO, R.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiacal L.*) flours. **Interciencia**, v.33, p.290 – 296, 2008.

PAREDES-LÓPEZ, O.; BELLO-PÉREZ, L. A.; LÓPEZ, M. G. Amylopectin, structural, gelatinization and melting studies. **Food Chemistry**, v.50, p.411–418, 1994.

PIZZINATTO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 72p. 1999

POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 1, 514p. e v. 2, 562p. 1988.

RAGAE S.; ABDEL-AAL E. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, v.95, p. 9-18, 2006.

RHO, K.L.; SEIB, O.K.; CHUNG, D.S. Retardation of rancidity in deep-fried instant *noodles*. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.63, p.251-256, 1986.

SAGUY I.S; DANA, D.; Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v.56, p.143-152, 2003.

SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S.M. Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit. **Food Hydrocolloids**, *Article in Press*, 2007.

SAJILATA, M.G., SINGHAL, R.S. KULKARNI, P. R. Resistant Starch: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, p.1-17, 2006.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, p.219-231, 2003.

SHYU, S.L.; HWANG, L.S. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. **Food Research International**, v. 34, p. 133-142, 2001.

SOZER, N.; DALGIÇ, A.C.; KAYA, A. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. **Journal of Food Engineering**, v.18, p.476-484, 2007.

TAN K.J.; MITTAL G.S. Physicochemical Properties Changes of Donuts During Vacuum Frying. **International Journal of Food Properties**, v. 9, p.85-98, 2006.

THARANATHAN, M.; THARANATHAN R.N. Resistant starch in wheat-based products: Isolation and Characterization. **Journal of Cereal Science**, v.34, p.73-84, 2001.

THARANATHAN, R.N. Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.22, p.65-84, 2002.

TRIBESS, T.B.; HERNÁNDEZ-URIBE, J.P.; MÉDEZ-MONTEALVO, M.G.C.; MENEZES, E.W.; BELLO-PEREZ, L.A.; TADINI, C.C. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p.1022-1025, 2009.

TRONCOSO E.; PEDRESCHI F.; ZUNIGA R.N. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.187-195, 2006.

SWINKELS, J.J.M. Composition and properties of commercial native starches. **Starch/Stärke**, v.37, p.1-5, 1995.

VERNAZA,, M.G., GULARTE, M.A., CAHNG, Y.K. The addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. **Livro de resumos**. IFT 2010 Meeting, Chicago, IL, USA.

WU, J.; ALUKO, R.E.; CORKE, H. Partial least-squares regression study of the effect of wheat flour composition, protein and starch quality characteristics on oil content of steamed-and-fried instant *noodles*. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.117-126, 2006.

YUE, P.; WANG, S. Resistant starch in food applications. **Cereal Food World**, v.43, n.9, p.690-695, 1998.

CAPÍTULO 4: Estudo da adição de amido resistente AR3 e de isolado protéico de soja na produção de macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional e fritura a vácuo

Maria Gabriela VERNAZA^{1*}; Yoon Kil CHANG¹

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - C.P. 6121 - CEP 13083-862 - Campinas-SP; E-mails: gabriela.vernaza@gmail.com; yokic@fea.unicamp.br,

*Autor para correspondência.

Resumo

A demanda por produtos com apelo funcional e o consumo de macarrão instantâneo tem crescido nos últimos anos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver macarrão instantâneo com propriedades funcionais e nutricionais visando à redução calórica, tanto pela redução da absorção de óleo quanto pela redução do teor de carboidratos, por meio da adição de isolado protéico de soja e amido resistente (AR3) utilizando os processos de fritura convencional e a vácuo. A matéria-prima foi caracterizada por análises de composição centesimal, calorimetria diferencial de varredura (DSC) e propriedades nutricionais (amido resistente, isoflavonas e aminoácidos totais). Para obtenção dos macarrões instantâneos foram realizados dois delineamentos do tipo Composto Central Rotacional 2², otimizando a formulação através da Metodologia de Superfície de Resposta, com o intuito de obter um produto com alto teor de fibras, proteínas e com propriedades tecnológicas adequadas. Os macarrões foram caracterizados quanto a sua absorção de água, absorção de gordura, tempo de cozimento, teor final de amido resistente e textura, e finalmente, foram escolhidas duas formulações ótimas. Os macarrões produzidos com as formulações ótimas foram caracterizados também quanto ao teor de isoflavonas, perfil de aminoácidos e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados mostraram que a farinha de trigo apresentou teor médio de proteínas (10,74 %) e baixo teor de fibras (2,44 %). O IPS apresentou teor elevado de proteínas (88,12 %) e presença significativa de isoflavonas (108,10 mg/100 g amostra). O AR3 (Promitor) apresentou elevado teor de amido resistente (61,39 %). As superfícies de resposta demonstraram que, ao adicionar IPS, a absorção de água aumentou significativamente, enquanto que ao adicionar AR3, a absorção diminuiu. Também foi observado que ao adicionar AR3 e IPS à formulação, a absorção de gordura e os valores de firmeza diminuíram significativamente. Ao comparar

os dois processos de fritura, convencional e a vácuo, foi possível observar que os macarrões obtidos pelo processo a vácuo absorveram 3 % a menos de gordura da massa total, no entanto, apresentaram valores de firmeza menores que os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional. A análise de MEV demonstrou que os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional apresentaram uma estrutura mais porosa deixando a gordura penetrar mais facilmente, enquanto que os macarrões obtidos pelo processo a vácuo apresentaram uma estrutura mais fechada, mas com mais gordura impregnada na superfície. Portanto, a diminuição do teor de gordura ocorre devido à difícil penetração pela estrutura formada, porém para uma redução significativa nesse teor, o excesso de gordura impregnado na superfície deve ser retirado. Finalmente foi possível, independente do processo utilizado, obter macarrões com melhor valor nutricional, pois os macarrões apresentaram alto teor de fibras (aproximadamente 8 %) e proteínas (aproximadamente 11 %), teor considerável de isoflavonas (8,20 mg) e um perfil mais completo de aminoácidos devido ao aumento significativo de quase todos os aminoácidos, especialmente de lisina.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o consumo excessivo de gordura e carboidratos tem provocado tentativas de aumentar o consumo de fibras e proteínas. Uma alternativa tem sido o desenvolvimento de novos produtos que empreguem novos ingredientes que possam atuar incrementando o valor nutricional e funcional de alimentos tradicionais. Vários fatores têm influenciado essas mudanças, incluindo a preocupação com a saúde (colesterol, câncer, obesidade, etc.), assim como as mudanças nas características demográficas (idade, falta de tempo, etc.). Por isso, atualmente uma consideração importante é outorgada aos alimentos funcionais (Fuentes-Zaragoza et al., 2010). Uma definição abrangente de alimento funcional poderia ser “qualquer alimento natural ou formulado pelo homem, que contenha uma ou mais substâncias, classificadas como nutrientes ou não-nutrientes, capazes de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos à saúde, retardando, inclusive, processos patológicos que conduzem a doenças crônicas e/ou degenerativas, melhorando a qualidade e a expectativa de vida das pessoas” (Sgarbieri e Pacheco, 2001). Dentre os componentes dos alimentos com funcionalidade fisiológica podem-se citar, entre os nutrientes: as fibras

e amido resistente, os ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-3, como o EPA (ácido eicosapentaenóico) e o DHA (ácido docosaexaenóico), os minerais essenciais, as proteínas e peptídeos e, entre os não nutrientes: os oligossacarídeos, os flavonóides, como as isoflavonas da soja, os carotenóides, os fitoesteróis e os compostos fenólicos (Sgarbieri e Pacheco, 2001; Lajolo, 2001).

O amido resistente (AR) é um polissacarídeo que não fornece glicose ao organismo, ele resiste à digestão enzimática no intestino delgado, mas é fermentado no cólon pela microflora bacteriana para produzir gases e ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido butírico e propiônico, principalmente. Devido a esta característica, considera-se que os efeitos do amido resistente são, em alguns casos, comparáveis aos da fibra alimentar e, por este motivo, normalmente pode ser considerado como um componente desta (Champ e Faisant, 1996).

O amido resistente também tem sido associado com as reduções nos níveis de colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) e de triglicerídios na hiperlipidemia (Jenkins et al., 1988). Adicionalmente, o amido resistente contribui para: o aumento do volume fecal, modificação da microflora do cólon, pois atua como prebiótico, e redução do risco de câncer de cólon (Yue e Wang, 1998). O uso de amido resistente altera positivamente a velocidade de digestão dos alimentos. A digestão lenta do amido resistente ajuda em aplicações de controle de liberação de glicose, especialmente em pessoas diabéticas. O período de digestão acima de 5 a 7 h reduz a glicemia e insulinemia postprandial, além de aumentar o período de sensação de saciedade (Sajilata et al., 2006; Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

Vários tipos de amido resistente têm sido identificados. De acordo com Englyst et al. (1992), o amido resistente pode ser classificado dependendo da natureza do amido e do tipo de alimento. Desta forma, o amido resistente pode ser classificado em quatro tipos: AR1, que representam os grânulos fisicamente inacessíveis, encapsulados na matriz do alimento; AR2, que representam os grânulos nativos, que são altamente resistentes à digestão pela enzima α -amilase; AR3, que é formado após a retrogradação do amido devido ao resfriamento e envelhecimento do gel, formando uma estrutura parcialmente cristalina, insolúvel e resistente à digestão enzimática; e AR4, que é o amido modificado quimicamente.

Em comparação com as fibras tradicionais, como as de grãos inteiros, farelos, e fibras de frutas, o amido resistente apresenta várias vantagens nas propriedades

tecnológicas, pois modifica menos as características dos produtos devido a sua cor branca e baixa capacidade de retenção ou absorção de água, obtendo-se produtos com melhores propriedades sensoriais e mais aceitos pelos consumidores (Sanz et al., 2008; Baixauli et al., 2008). Vários pesquisadores têm utilizado diferentes amidos resistentes para aumentar o valor nutricional de massas alimentícias (Sozer et al., 2007; Hernández-Nava et al., 2009; Ovando-Martinez, et al., 2009), porém, não foram encontrados estudos de adição de amido resistente na produção de macarrão instantâneo.

A soja é conhecida por ser uma excelente fonte de proteína para alimentação humana e animal, sendo mais rica em proteína que qualquer outro cereal ou leguminosa. A quantidade de proteína que a soja contém está em torno de 30 a 45 % e é considerada de alto valor nutritivo (ASA, 2000), sendo cerca de 90 % das proteínas globulinas (Pereira e Oliveira, 2004). As proteínas de soja apresentam um bom balanço de aminoácidos, quando comparadas às dos outros vegetais. Entretanto, as leguminosas, como a soja, apresentam um teor reduzido de aminoácidos sulfurados, como a metionina e cistina, e teor elevado de lisina. As proteínas dos cereais apresentam esta composição de aminoácidos em situação inversa. Portanto, é aconselhável a combinação de leguminosas, como a soja, com produtos de cereais, como milho, arroz, trigo, etc., para permitir a complementação dos aminoácidos essenciais (Pereira e Oliveira, 2004).

A soja e seus derivados apresentam um grande potencial no mercado de alimentos funcionais, especialmente devido à presença das isoflavonas. As isoflavonas pertencem à família dos polifenóis, uma grande classe de componentes sintetizados pelas plantas, com atividade antioxidante (Pereira e Oliveira, 2004). Suas propriedades funcionais têm sido largamente estudadas em relação à atividade estrogênica, antiestrogênica, anticarcinogênica e hipocolesterêmica (Murphy, 1982; Potter, 1998; Anthony, 1996).

O isolado protéico de soja contém pelo menos 88 % de proteína (N x 6,25) apresentando como principais componentes as frações glicitina e β -conglucina, sendo praticamente livre de lipídeos e carboidratos (Sgarbieri, 1996). Os isolados de soja são tradicionalmente preparados a partir da farinha de soja desengordurada utilizando meio aquoso neutro ou alcalino (pH 7-10) para a extração da proteína e carboidratos solúveis. Os resíduos insolúveis, na maioria carboidratos, são removidos por centrifugação, seguida pela precipitação da proteína da soja no ponto isoelétrico (pH em torno de 4,5). A proteína precipitada é separada por decantação mecânica, lavada, e neutralizada a pH

em torno de 6,8. Em seguida, realiza-se a secagem ou desidratação da proteína isolada. O isolado protéico de soja é frequentemente utilizado em formulações e em aplicações nutricionais (Liu, 1997).

Atualmente, o mercado de macarrão instantâneo apresenta uma alta taxa de crescimento, devido ao fato de ser um produto barato e de fácil e rápido preparo, sendo a China o maior consumidor desse tipo de alimento (ABIMA, 2009). No entanto, o macarrão instantâneo, por ser um produto frito, contém alto grau de óleo residual. Hoje em dia existe uma grande preocupação relacionada à saúde e ao consumo de alimentos com alto teor de gordura e devida à baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais. Na tentativa de elevar-se o consumo desses nutrientes, várias alternativas têm sido propostas, dentre elas o desenvolvimento de novos produtos que possam ter um valor nutricional superior ao alimento original, mas que sejam ao mesmo tempo de fácil acesso e aceitos pelos consumidores. Uma alternativa para este problema é o emprego de novos ingredientes, como o amido resistente e o isolado protéico de soja, em produtos que possam atuar elevando o valor nutricional e funcional dos alimentos tradicionais.

A fritura é um dos processos mais comuns e populares utilizados na indústria de alimentos e consiste em imergir e cozinhar alimentos em óleo quente. Do ponto de vista do consumidor, alimentos submetidos ao processo de fritura apresentam características sensoriais muito agradáveis, devido ao óleo utilizado na fritura ser introduzido no produto, ocupando parte do espaço deixado pela água (Saguy e Dana, 2003).

A fritura a vácuo é uma forma alternativa de cozimento, a qual aumenta a qualidade dos alimentos desidratados. Os produtos são aquecidos sob vácuo, o que provoca a diminuição do ponto de ebulição da água presente no produto. Além disso, a ausência de ar durante a fritura inibe algumas reações, como a oxidação lipídica e o escurecimento enzimático, preservando de melhor maneira a cor e os nutrientes presentes nos alimentos fritos (Fan et al., 2005). Vários estudos têm demonstrado uma diminuição na absorção de óleo, melhora na conservação das propriedades dos alimentos e redução de compostos indesejáveis provenientes da degradação do óleo em alimentos ao serem fritos sob condições a vácuo (Garayo e Moreira, 2002; Fan et al., 2005; Granda e Moreira, 2005; Mariscal e Bouchon, 2008; Da Silva e Moreira, 2008; Nunes e Moreira, 2009; Dueik et al., 2010). Os trabalhos científicos encontrados na literatura sobre fritura a vácuo tratam sobre chips de batatas ou de frutas e hortaliças, visando-se a redução de óleo e conservação da aparência e nutrientes no produto final, enquanto que trabalhos

sobre macarrão instantâneo produzidos com fritura a vácuo não foram encontrados na literatura.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver macarrão instantâneo com propriedades funcionais e nutricionais visando-se a redução calórica, tanto pela redução da absorção de óleo quanto pela redução do teor de carboidratos, por meio da adição de isolado protéico de soja e amido resistente (AR3) utilizando-se os processos de fritura convencional e a vácuo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Materiais

As matérias-primas utilizadas neste estudo foram: farinha de trigo (Propan 50), fornecida pela empresa Bunge (São Paulo, Brasil), amido resistente Promitor (AR3) fornecido pela empresa Tate and Lyle (São Paulo, Brasil), goma guar (Grindsted® Guar 250), fornecida pela empresa Master Sense (Jundiaí, Brasil), isolado protéico de soja (Solae Supro 500 EIP), fornecido pela empresa Solae (São Paulo, Brasil) e óleo de palma (370 F), fornecido pela empresa Agropalma (São Paulo, Brasil).

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterização das matérias-primas

2.2.1.1. Composição centesimal

As matérias primas foram caracterizadas quanto sua composição centesimal. Todas as análises foram realizadas em três determinações: (i) umidade, segundo o método oficial nº 44-15 da AACC (1995); (ii) gordura, segundo o método oficial nº 30-10 da AACC (1995); (iii) proteína, segundo o método oficial nº 46-13 da AACC (1995); (iv) cinzas, segundo o método oficial nº 08-10 da AACC (1995); (v) carboidratos por diferença (subtraindo os valores de umidade, gordura, proteína e cinzas de 100, inclui a fração de fibra alimentar total) e (vi) fibra alimentar total segundo o método oficial nº 985.29 da AOAC (2005).

2.2.1.2. Cor

A cor das matérias-primas foi avaliada instrumentalmente utilizando-se colorímetro, modelo COLOR QUEST II (HUNTERLAB). A determinação baseou-se nos sistemas CIEL*C*h (representação polar do sistema L*a*b*), onde o croma (C*) e o ângulo de tonalidade (h) foram determinados pelas Equações 1 e 2, respectivamente. As condições de teste foram: iluminante D₆₅, ângulo de visão de 10°, calibração “Reflectance Specular Included” (RSIN).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^* / a^*) \quad \text{(Equação 2)}$$

2.2.1.3. Teor de amido resistente (AR)

A farinha de trigo e o amido resistente comercial (AR3) foram caracterizados quanto aos teores de amido resistente utilizando-se a metodologia enzimática proposta por Goñi et al. (1996). As análises foram realizadas em quatro determinações.

2.2.1.4. Propriedades térmicas (DSC)

As propriedades térmicas das matérias-primas foram determinadas, em triplicata, utilizando-se calorímetro diferencial de varredura (Differential Scanning Calorimetry DSC SHIMADZU-TA60, Kyoto, Japão) seguindo a metodologia proposta por Paredes-López et al. (1994) com algumas modificações. Para a determinação das propriedades térmicas da farinha de trigo e amido resistente foram pesados 3 mg de amostra em cápsulas de alumínio e foram adicionados 7 µL de água deionizada. Para a determinação das propriedades térmicas do isolado protéico de soja (IPS) foi feita uma suspensão de 20 % (p/v) e 10 mg foram colocados em cápsula de alumínio. As cápsulas foram seladas hermeticamente e após a pesagem foram mantidas em temperatura ambiente por 1 h antes da análise. Foi utilizada uma cápsula de alumínio vazia como referência. Empregou-se uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, varrendo uma faixa de temperatura de 30 °C a 130 °C, para a farinha e amido resistente, e até 190 °C para o IPS. O sistema foi calibrado com índio (ΔH de fusão de 28,71 J/g e ponto de fusão de 156,6 °C) com elevada pureza (99,9 %) e água deionizada (ΔH de fusão de 335 J/g e ponto de fusão de 0,01 °C). Os valores de temperatura de início (T_o) (°C), temperatura de pico (T_p) (°C) e temperatura final do fluxo endotérmico (T_f) (°C), bem como os valores de entalpia (ΔH)

(J/g) foram obtidos a partir dos termogramas das amostras analisadas utilizando o Universal Analyzer TA Software.

2.2.1.5. Determinação de isoflavonas

Para a determinação de isoflavonas, o método utilizado foi realizado em 3 etapas: extração, separação e quantificação. A primeira etapa, a extração das isoflavonas foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Carrião-Anizzi et al. (2002). A separação e quantificação das isoflavonas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Berhow (2002) em cromatógrafo líquido marca Waters, modelo 2690, com injetor automático de amostras. Utilizou-se uma coluna de fase reversa do tipo ODS C18 (YMC Pack ODS-Am Colum) com 250 mm de comprimento x 0,4 mm de diâmetro interno e partículas de 5 µm. Para a separação das isoflavonas adotou-se o sistema de gradiente linear binário, tendo-se como fases móveis: i) metanol contendo 0,025 % de ácido trifluoroacético (TFA) (solvente A) e ii) água destilada deionizada ultra pura contendo 0,025 % de TFA (solvente B). A condição inicial do gradiente foi de 20 % para o solvente A com um tempo estimado de 60 min. A vazão da fase móvel foi de 1,0 mL/min a 25 °C durante a corrida. Para detecção das isoflavonas, foi utilizado o detector de arranjo de fotodiodo marca Waster, modelo 996, ajustado para o comprimento de onda igual a 260 nm. Para a identificação dos picos correspondentes a cada uma das isoflavonas foram utilizados padrões de daidzina, daidzeína, genistina e genisteína (Sigma) solubilizados em metanol (grau HPLC), nas seguintes concentrações: 0,00625 mg/mL; 0,0125 mg/mL; 0,0250 mg/mL; 0,0500 mg/mL e 0,1000 mg/mL. Para a quantificação das 12 formas de isoflavonas, por padronização externa (área dos picos), foram utilizados os padrões como referência, bem como o coeficiente de extinção molar de cada uma delas para o cálculo das formas malonil e acetil.

2.2.1.6. Determinação de aminoácidos totais

Para a análise de determinação de aminoácidos totais foi utilizado o método proposto por Hagen e Cols (1989) e White et al. (2002). Brevemente, as amostras foram hidrolisadas com uma solução 6 M HCL/fenol a 100 °C por 24 h, e os aminoácidos liberados durante a hidrólise ácida foram reagidos com fenilisotilcianato (PITC – PIERCE – Part. N° 26922), separados por HPLC em fase reversa e quantificados pela

absortividade UV em 254 nm. A quantificação foi feita por calibração interna multinível, com auxílio do ácido alfa-aminobutírico (AAAB) como padrão interno.

2.2.1.7 Caracterização da gordura de palma

Para a determinação de ácidos graxos livres (%) da gordura utilizada no processo de fritura foi utilizada a metodologia Ca 5a-40 (AOCS, 2004) e para o cálculo do Índice de Peróxido foi utilizada a metodologia Cd 1c-85 (AOCS, 2004).

A composição em ácidos graxos foi determinada seguindo a metodologia Ce 1-62 (AOCS, 2004) em cromatógrafo gasoso capilar - CGC AGILENT 68650 SERIES GC SYSTEM, dotado de uma coluna capilar DB-23 AGILENT (50 % cyanopropil – methylpolysiloxane), dimensões 60 m, diâmetro interno: 0,25 mm, 0,25 µm filme. As condições de separação cromatográfica foram: fluxo coluna: 1,00 mL/min.; Velocidade linear: 24 cm/seg; Temperatura do detector: 280 °C; Temperatura do injetor: 250 °C; Temperatura do forno: 110 °C - 5 min.; 110 – 215 °C (5 °C/min), 215 n°C - 24 min.; Gás de arraste: Hélio; Volume injetado: 1,0 µL.

2.2.2. Obtenção do macarrão instantâneo

Para obtenção dos macarrões instantâneos foram realizados dois sistemas de Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) 2², para estudar os efeitos da adição de amido resistente (0 – 16 %) e de isolado protéico de soja (0 – 16 %) na produção de macarrão instantâneo produzido pelos processos de fritura convencional e fritura a vácuo. Foram realizados, para cada delineamento, um total de 12 ensaios, sendo 4 fatoriais (combinações entre os níveis -1 e +1), 4 axiais (uma variável no nível $\pm \alpha$ e a outra em 0) e 4 centrais (as duas variáveis no nível 0).

Os níveis das variáveis independentes, tanto codificados como reais, e os ensaios realizados, encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Os níveis máximos foram escolhidos em testes preliminares, colocando a quantidade máxima possível de amido resistente e isolado protéico de soja para obter uma massa (lâmina) adequada (suficientemente extensível e elástica) para a produção de macarrão instantâneo.

Tabela1. Valores utilizados nos DCCRs (fritura convencional e fritura a vácuo)

	- 1,4142 (- α)	-1	0	+1	1,4142 (+ α)
Amido Resistente (%)	0	2,34	8	13,66	16
Isolado Protéico de Soja (%)	0	2,34	8	13,66	16

Tabela 2. Matriz dos DCCRs 2² para produção do macarrão instantâneo obtidos pelos processos de fritura convencional e fritura a vácuo

	Amido Resistente (%)		Isolado Protéico de Soja (%)	
	Vc	vr (%)	vc	Vr (%)
1	-1	2,34	-1	2,34
2	+1	13,66	-1	2,34
3	-1	2,34	+1	13,66
4	+1	13,66	+1	13,66
5	- α	0	0	8
6	+ α	16	0	8
7	0	8	- α	0
8	0	8	+ α	16
9	0	8	0	8
10	0	8	0	8
11	0	8	0	8
12	0	8	0	8

vc=valor codificado, vr=valor real
 $\pm \alpha = \pm 1,4142$

2.2.2.1. Absorção e adição de água na produção de macarrão instantâneo

Atualmente, todas as técnicas utilizadas para caracterizar a farinha de trigo são referentes ao processo de panificação sendo encontrados poucos dados específicos para a produção de macarrão instantâneo ou de massas alimentícias em geral. O farinógrafo é utilizado para medir a absorção de água ótima da farinha de trigo (aproximadamente 60 %) a ser adicionado à formulação de pão e mede a resistência da massa à mistura durante sucessivos estágios do seu desenvolvimento. No entanto, para a produção de massas alimentícias, se utiliza uma quantidade de água muito menor (aproximadamente 30 %). Por isso, foi desenvolvida uma relação da absorção de água obtida nos farinogramas de acordo com o método nº 54-21 da AACC (1995), com a absorção de água ótima para a produção de macarrão instantâneo quando adicionados amido

resistente e isolado protéico de soja, obtendo-se a quantidade de água ótima necessária a ser adicionada à formulação.

2.2.2.2. Produção dos macarrões

Na formulação, além da farinha de trigo, água, amido resistente (AR3) e isolado protéico de soja (IPS), foram adicionados sal (2 %) e goma guar (0,22 %), valores obtidos em ensaios anteriores (Capítulo 2). A farinha de trigo foi misturada com cada proporção de IPS e AR em batedeira planetária por 15 minutos para garantir uma boa homogeneidade. O sal e a goma guar foram dissolvidos na quantidade de água necessária para cada ensaio e foram incorporados à correspondente mistura de farinha de trigo com IPS e AR. A mistura foi realizada no misturador do equipamento Piuno Nuova (Asti, Itália) e o tempo de mistura para cada ensaio foi de 10 min. Após a mistura, a massa passou por um descanso de 5 min. Logo, a massa foi laminada no cilindro do mesmo equipamento e, uma vez obtida a espessura desejada (1,2 mm), a lâmina da massa passou pelo cortador com largura 0,9 mm para obter o formato tipo talharim. Em seguida, os macarrões passaram para o processo de cozimento a vapor, que foi realizado em forno combinado marca Prática, modelo EC-3 (Pouso Alegre, Brasil), por 6 min até atingir a gelatinização completa do amido. Logo, os macarrões foram pesados em porções de aproximadamente 50 g e 15 g para o processo de fritura convencional e a vácuo, respectivamente. Foi utilizada gordura de palma, e para os dois processos, a gordura foi mantida na temperatura desejada por 1 hora antes da fritura para garantir que a temperatura da gordura estivesse equilibrada.

Para o processo de fritura convencional (a pressão atmosférica) foi utilizada uma fritadeira com capacidade de 4 L marca Gastromac (Caxias do Sul, Brasil). Os macarrões já pesados (50 g) foram colocados numa cesta com tampa de aço inox e submergidos no óleo quente a $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 90 s. Uma vez alcançado o tempo desejado, os macarrões foram retirados da gordura, colocados embaixo de um ventilador e sobre papel toalha para retirada do excesso de óleo.

Para o processo de fritura a vácuo foi utilizada uma fritadeira a vácuo marca Gastrovac (Espanha) com capacidade de 10 L. No entanto, foi colocada, unicamente quantidade suficiente de gordura para cobrir a cesta de aço inox (aproximadamente 4 L). O nível máximo de vácuo conseguido com este equipamento foi de -0,8 bar, e essa pressão foi utilizada para processar todos os ensaios. Os macarrões já pesados (15 g)

foram colocados numa cesta de aço inox e pendurados na tampa da fritadeira a vácuo. A tampa foi colocada e o sistema foi despressurizado. Quando a pressão absoluta de -0,8 bar foi alcançada, a cesta com a amostra foi abaixada e imersa no óleo quente a $110\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ por 120 s. Finalizado o tempo de fritura, a cesta foi levantada, e depois de 30 s o sistema foi pressurizado. As amostras foram rapidamente tiradas da cesta e os macarrões foram colocados embaixo de um ventilador e sobre papel toalha para retirada do excesso de óleo da superfície.

2.2.2.3. Caracterização do macarrão instantâneo

Os macarrões obtidos nas diferentes formulações nos dois processos de fritura foram caracterizados quanto à absorção de óleo, teor de umidade, teor de amido resistente, seguindo as metodologias descritas na caracterização das matérias primas. Também os macarrões foram caracterizados quanto a seu tempo de cozimento seguindo a metodologia oficial nº 16-50 da AACC (1995) e quanto à textura (firmeza), onde foi analisada a força de quebra com *probe*, A/LKB utilizando-se texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Inglaterra), com carga máxima de 50 kg, equipado com *software Texture Expert* para análise dos dados. Foram realizadas 7 repetições e as condições utilizadas foram as especificadas na metodologia oficial nº 16-50 da AACC (1995).

2.2.3. Escolha do ponto ótimo

A partir das superfícies de resposta da absorção de gordura e teor final de amido resistente foi escolhida uma formulação com propriedades tecnológicas adequadas para produzir um macarrão instantâneo com melhores valores nutricionais, visando-se um produto rico em proteínas e fibras e com menor teor de gordura.

2.2.3.1. Caracterização do ponto ótimo

A partir do ponto ótimo escolhido através dos planejamentos experimentais, foram realizados dois novos processamentos, um com cada tipo de fritura (convencional e vácuo). Os macarrões obtidos foram caracterizados quanto a sua composição centesimal, tempo ótimo de cozimento, teor de amido resistente no produto frito e depois do tempo ótimo de cozimento (re-hidratação), propriedades térmicas nas diferentes etapas do processo (macarrão cru, após o cozimento a vapor, após os processos de fritura e após a re-hidratação), teor de isoflavonas, teor de aminoácidos totais e firmeza, seguindo as

metodologias descritas anteriormente na caracterização das matérias-primas e caracterização dos macarrões.

Também foram realizadas análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da superfície e da seção transversal dos macarrões para comparar a estrutura interna dos macarrões produzida pelos dois processos de fritura.

2.2.3.2. Caracterização da gordura de palma após os processos de fritura

Após os dois processos de fritura, a gordura de palma foi caracterizada quanto ao ponto de fumaça ($^{\circ}$ C), índice de peróxido (meq O_2 / kg) e ácidos graxos livres (%), para comparar a diferença da degradação do óleo entre as duas amostras.

2.2.4. Forma de análise dos resultados

Os resultados obtidos na caracterização da matéria-prima e no ponto ótimo, quando necessário, foram analisados estatisticamente por Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, utilizando o programa Statistica 5.0 (Stat Soft, Inc., Tulsa, EUA), objetivando a identificação da existência de diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras.

Para a análise dos resultados obtidos nos DDCRs foi utilizada a Metodologia de Superfície de Resposta. Os cálculos estatísticos foram feitos pelo erro padrão utilizando-se o software STATISTICA, versão 5.5 (Stat Soft, Tulsa, EUA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da matéria-prima

3.1.1. Composição centesimal

A composição centesimal das matérias-primas, farinha de trigo, isolado protéico de soja, amido resistente e goma guar está apresentada na Tabela 3.

Os resultados da composição centesimal da farinha de trigo apontam que a mesma apresenta um elevado teor de carboidratos, predominantemente amido e pouca fibra, um teor médio de proteínas e um teor baixo de cinzas. O teor de umidade da farinha de trigo foi de 13,04 % estando dentro do limite estabelecido pela Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA (Brasil, 2005), que determina que o teor de umidade da farinha não deve exceder 15 %, pois influencia na conservação da qualidade,

sendo um dos principais fatores de aceleração das reações químicas e enzimáticas e crescimento de microrganismos.

Através da Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005 (Brasil, 2005), a farinha de trigo pode ser classificada em farinha de trigo Tipo 1 devido ao seu conteúdo de cinzas apresentar um valor inferior a 0,8 % e um teor de proteínas maior que 7,5 %. Segundo Hosney (1998), a farinha de trigo apropriada para a produção de macarrão instantâneo deve conter um teor de proteína considerável, entre 9,5 % a 12 %, pois teores muito altos proporcionaram uma textura muito dura, enquanto que teores de proteína muito baixos proporcionaram baixa tolerância ao cozimento.

O teor de cinzas está diretamente relacionado com o grau de extração e rendimento da farinha durante a moagem, que interfere no tamanho das partículas da farinha e teores elevados tendem a proporcionar coloração mais escura, inadequado para a produção de massas alimentícias (Hosney, 1998). Além disso, a presença de cinzas pode propiciar uma qualidade de cocção inferior (Ciacco e Chang, 1986).

Tabela 3. Composição química centesimal das matérias-primas

Componente	Farinha de Trigo (%)	Isolado Protéico de Soja (%)	Amido Resistente (%)	Goma Guar (%)
Umidade*	13,04 ± 0,078	5,15 ± 0,022	10,16 ± 0,070	10,37 ± 0,085
Gordura*	0,77 ± 0,037	0,40 ± 0,053	0,08 ± 0,002	0,31 ± 0,036
Proteína*	10,74 ± 0,201	88,12 ± 0,911	0,13 ± 0,001	4,59 ± 0,093
Cinzas*	0,45 ± 0,004	1,95 ± 0,020	0,11 ± 0,007	0,99 ± 0,010
Carboidratos**	71,50	4,38	89,52	83,74
Fibra alimentar total*	2,44 ± 0,172	-	61,39 ± 0,951	81,47 ± 0,154

*Média ± desvio padrão de 3 determinações

**Calculados por diferença, incluem a fração de fibra alimentar

O isolado protéico de soja pode ser utilizado como agente de consistência em produtos derivados de carnes e como fonte protéica. Como era esperado, o isolado protéico de soja apresentou um teor alto de proteínas, baixa gordura e baixo teor de cinzas. Não foi possível detectar fibra alimentar total nessa amostra. Segundo a legislação brasileira (Brasil, 2005), o isolado protéico de soja deve apresentar no máximo 6,0 % de umidade, 0,5 % de óleo, 6,0 % de cinzas e no mínimo 88 % de proteína (b.s.). O IPS utilizado neste estudo cumpre com os requisitos da legislação brasileira.

Na Tabela 3, verifica-se que o teor de umidade do amido resistente foi de 10,16 %, e encontram-se dentro do padrão ANVISA (2005) que exige o máximo de 15 % de umidade em farinhas e amidos. Não foi possível conseguir dados de composição centesimal desse tipo de amido resistente (Promitor) na literatura. Como esperado, a amostra de amido resistente apresentou teores baixos de gordura, cinzas e proteína, mas um teor elevado de fibras de aproximadamente 61 %. O AR3 resiste à digestão enzimática no intestino delgado, mas pode ser fermentado no colón pela microflora bacteriana para produzir gases e ácidos graxos de cadeia curta. Devido a esta característica, considera-se que os efeitos do amido resistente sejam, na maioria dos casos, comparáveis aos da fibra alimentar e, por este motivo, normalmente é considerado como um componente desta (Champ e Faisant, 1996).

3.1.2. Cor

As médias dos parâmetros de cor L^* , C^* e h_{ab} das matérias-primas estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros L^* , C^* e h_{ab} das matérias-primas¹

	L^*	C^*	h_{ab}
Farinha de Trigo	91,86 ± 0,90 ^a	9,98 ± 0,18 ^c	89,34 ± 0,13 ^b
Isolado Protéico de Soja	81,81 ± 0,40 ^d	16,27 ± 0,22 ^a	84,12 ± 0,26 ^d
Amido Resistente	90,38 ± 0,60 ^b	9,35 ± 0,44 ^c	85,22 ± 0,23 ^c
Goma Guar	87,46 ± 0,12 ^c	10,77 ± 0,03 ^b	93,58 ± 0,06 ^a

¹Média ± desvio padrão de 4 determinações

Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A farinha de trigo foi a matéria-prima que apresentou significativamente uma cor mais clara (valor de L^* maior), enquanto que o IPS foi a amostra que apresentou uma cor mais escura (valor de L^* menor). Na produção de macarrão instantâneo, a farinha apropriada deve apresentar um baixo teor de pigmentos (valor de $L^* > 90$), por isso, a farinha recomendada deve conter baixo teor de cinzas, o que geralmente se consegue com farinha de baixa extração. Entretanto, quando são adicionados outros ingredientes à formulação para dar o apelo de funcional (farelos, fibras e outras farinhas) a coloração do macarrão pode ser mais escura, porém ainda aceito pelos consumidores.

O ângulo h_{ab} quando perto de 0° indica uma cor vermelha pura, enquanto que um ângulo de 90° indica uma cor amarela pura. Os valores obtidos para as diferentes amostras indicam que eles se aproximam mais a uma cor amarela. O valor do croma (C^*) representa a saturação da cor. O IPS foi a amostra que apresentou uma saturação maior, indicando uma coloração mais intensa.

3.1.3. Teor de Amido Resistente

O teor de amido resistente (AR) da farinha de trigo e do AR3 está apresentado na Figura 1.

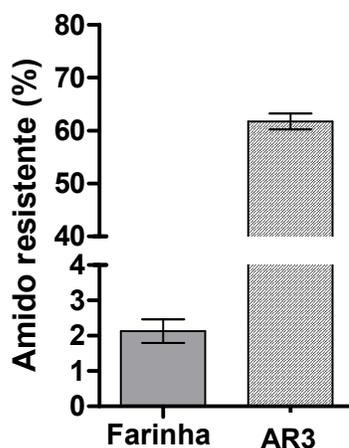


Figura 1. Teor de amido resistente presente nas matérias-primas: Farinha de trigo e AR3.

Com relação à farinha de trigo, outros autores relataram teores de AR em farinha de trigo menores aos encontrados neste trabalho ($2,13 \pm 0,33$ %). Tharanathan e Tharanathan (2001) reportaram um teor de amido resistente de 0,8 % em farinha de trigo. Já Goñi et al. (1996) reportaram valores de AR entre 1,63 % e 1,93 % para farinha de trigo.

A amostra Promitor é um amido resistente tipo 3 (AR3), obtido pela gelatinização e retrogradação do amido de milho. Nesta amostra foi possível detectar $62,34 \pm 2,8$ % de amido resistente, como especificado pelo fabricante (60 %). Os pesquisadores Maki et al. (2009) utilizaram o amido resistente Promitor e farelo de trigo para estudar o efeito laxante em adultos. Eles concluíram que o Promitor promove a regularidade intestinal da mesma forma que a fibra natural, trazendo benefícios para os consumidores.

3.1.4. Propriedades térmicas (DSC)

Os termogramas obtidos na análise de calorimetria diferencial de varredura para a farinha de trigo, amido resistente (AR3) e isolado protéico de soja estão apresentados na Figura 2. Como pode ser observado, o amido resistente não apresentou nenhuma curva endotérmica na faixa de temperatura estudada. Os valores da temperatura inicial de gelatinização, de gelatinização e final de gelatinização da farinha de trigo foram de $54,42 \pm 0,38$ °C, $60,41 \pm 0,42$ °C, $66,08 \pm 0,14$ °C, respectivamente, enquanto que a entalpia de gelatinização foi de $-4,45 \pm 0,27$ J/g. Para o isolado protéico de soja, a temperatura de desnaturação foi correspondente ao pico do termograma. Os valores da temperatura e da entalpia de desnaturação foram $136,04 \pm 0,07$ °C e $-232,67 \pm 4,16$ J/g, respectivamente.

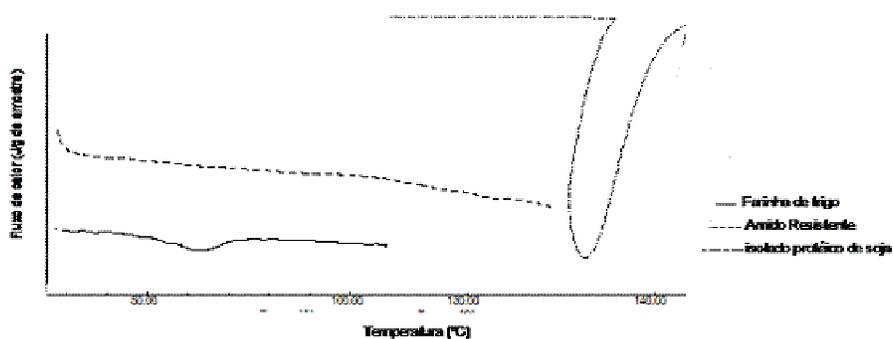


Figura 2. Termogramas de calorimetria diferencial de varredura da farinha de trigo, amido resistente e isolado protéico de soja

Na Figura 2, observou-se que a farinha de trigo apresentou uma única transição endotérmica correspondente à gelatinização do amido. Já o amido resistente não apresentou nenhuma curva endotérmica na faixa de temperatura estudada. É preciso estudar esse amido resistente numa faixa maior de temperatura (> 150 °C), para determinar claramente a temperatura de transição endotérmica (neste estudo não foi possível estudar as propriedades térmicas do amido resistente acima de 140 °C, devido à característica das cápsulas utilizadas não suportarem altas pressões).

O AR3 apresenta uma alta resistência térmica quando aquecido na presença de água, pode ser observada uma curva acima dos 150 °C, com valores de entalpia variando de 8 J/g até 30 J/g. O aquecimento do AR3 acima de 180 °C produz uma degradação

parcial da cadeia de carboidratos. Durante o resfriamento, uma curva exotérmica de aproximadamente -22 J/g pode ser observada. Este fenômeno pode ser atribuído à re-associação das cadeias do amido resistente (Eerlingen e Delcour, 1995).

As propriedades térmicas do isolado protéico de soja foram analisadas de uma forma diferente da empregada para a farinha de trigo e para o amido resistente. Ao analisar o IPS com as mesmas proporções de água que a farinha de trigo, a curva endotérmica apareceu em torno dos 180 °C. Em vários estudos foi possível ver curvas endotérmicas abaixo de 100 °C quando analisada uma suspensão de IPS a 20 % (Aparecida, 2006; Tang et al. 2007). No entanto, ao analisar a suspensão de 20 % de IPS em água destilada foi possível obter a curva em temperaturas ao redor dos 140 °C. Neste estudo, ao analisar o IPS foi possível utilizar temperaturas acima dos 150 °C, devido à característica do IPS que absorve a água mais facilmente que o amido resistente.

Geralmente, os concentrados ou isolados protéicos de soja apresentam duas curvas endotérmicas, sendo que a primeira curva esta relacionada à desnaturação da proteína 7S e a segunda, à proteína 11S (Tang et al., 2007; Ryan et al., 2008). No entanto, neste estudo foi possível observar unicamente uma curva endotérmica, sugerindo que o pico da globulina 7S foi praticamente desnaturado, possivelmente no processo de obtenção do isolado protéico de soja.

3.1.5. Teor de isoflavonas

Pesquisas sobre as isoflavonas em soja têm demonstrado o efeito protetor contra certos problemas de saúde relacionados à menopausa, osteoporose, câncer e doenças cardiovasculares (Esteves e Monteiro, 2001; McCue e Shetty, 2004). Durante o processamento para obtenção de subprodutos da soja, ocorrem perdas e mudanças das isoflavonas presentes originalmente na soja, no entanto, o teor total de isoflavonas presente no isolado protéico de soja utilizado neste estudo foi de 108,10 mg/100 g de amostra. A concentração das formas glicosiladas, malonilglicosiladas, acetilglicosiladas e agliconas foram de 27,8 %, 33,5 %, 6,3 % e 32,4 %, respectivamente.

Tabela 5. Teor de isoflavonas do isolado protéico de soja

	Isoflavonas* (mg /100g)
Glicosiladas	
Daidzina	7,31 ± 0,04
Glicitina	1,84 ± 0,01
Genistina	20,91 ± 0,13
Malonilglicosiladas	
Malonil Daidzina	6,41 ± 0,03
Malonil Glicitina	1,44 ± 0,34
Malonil Genistina	28,40 ± 0,17
Acetilglicosiladas	
Acetil Daidzina	1,07 ± 0,01
Acetil Glicitina	0,00
Acetil Genistina	5,69 ± 0,02
Agliconas	
Diadzeína	10,95 ± 0,00
Gliciteína	2,63 ± 0,02
Genisténa	21,47 ± 0,01
Total isoflavonas	108,10 ± 0,30

*Média ± desvio padrão de 4 determinações

Na Tabela 5 pode-se observar que o isolado protéico de soja apresenta uma porcentagem alta (32,4 %) de isoflavonas na forma aglicona devido ao fato de que na obtenção de isolado protéico pode ocorrer a hidrólise dos isômeros glicosilados (Wang e Murphy, 1996). As propriedades fisiológicas são predominantes quando as isoflavonas estão presentes na forma aglicona (sem glicose) em vez das glicosiladas (conjugadas à glicose) (Liggins et al., 2000; Ribeiro et al., 2006). Alguns pesquisadores reportaram teores de isoflavonas variando de 137 a 180 mg/100 g em isolados protéicos de soja produzidos e industrializados no Brasil (Genovese e Lajolo, 2001). A concentração do perfil de isoflavonas na soja é afetada por fatores genéticos e ambientais, assim como pelas condições de processamento para obter os produtos derivados de soja ou à base de soja.

3.1.6. Perfil de aminoácidos totais

Os resultados obtidos na análise de aminoácidos totais das matérias-primas encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Aminoácidos totais nas matérias-primas

Aminoácido	Isolado Protéico de soja ¹	Farinha de trigo ¹	Requerimento necessário ²
Histidina	2,06 ± 0,00	0,21 ± 0,02	1,5
Isoleucina	4,09 ± 0,00	0,41 ± 0,00	3,0
Leucina	7,08 ± 0,04	0,79 ± 0,01	5,9
Lisina	6,11 ± 0,004	0,25 ± 0,01	4,5
Metionina	1,32 ± 0,00	0,23 ± 0,01	16
Cisteína	0,58 ± 0,02	0,12 ± 0,01	6
Fenilalanina	4,89 ± 0,04	0,58 ± 0,01	3,8
Tirosina	3,36 ± 0,05	0,39 ± 0,00	
Treonina	3,03 ± 0,00	0,29 ± 0,01	2,3
Triptófano	n.d.	n.d.	0,6
Valina	4,10 ± 0,02	0,46 ± 0,01	3,9
Alanina	3,56 ± 0,02	0,33 ± 0,01	-
Arginina	6,95 ± 0,04	0,46 ± 0,01	-
Ac. Aspártico	9,68 ± 0,04	0,43 ± 0,01	-
Ac. Glutâmico	15,98 ± 0,04	3,82 ± 0,01	-
Glicina	3,43 ± 0,01	0,39 ± 0,01	-
Prolina	4,39 ± 0,01	1,32 ± 0,00	-
Serina	4,29 ± 0,01	0,53 ± 0,01	-
Total	84,84 ± 0,18	10,95 ± 0,11	27,7
Aminoácidos sulfurados	1,9	0,35	2,2
(Met e Cis)			
Aminoácidos aromáticos	8,25	0,97	3,8
(Phe e Tyr)			

¹ g/100g amostra

¹ Média ± desvio padrão de 3 determinações

² g/100 g proteína; Fonte: MOS-FAO-ONU, 2007

Médias com letras distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se, na Tabela 6, que os valores de aminoácidos do isolado protéico de soja (IPS) são muito maiores que os valores obtidos na farinha de trigo. Isto pode ser explicado porque o IPS contém aproximadamente 88 % de proteínas, sendo que os aminoácidos estão mais concentrados, enquanto que na farinha de trigo os aminoácidos estão mais diluídos, pois a farinha de trigo, além das proteínas (10,7 %), também contém um teor elevado de carboidratos (70 %). Ao transformar os valores em base de proteína (valores não apresentados), foi possível observar que a farinha de trigo apresentou um maior teor de ácido glutâmico, prolina e aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), enquanto que o IPS apresentou maiores valores de lisina, arginina e ácido aspártico.

A proteína da soja é pobre em aminoácidos sulfurados, sendo que a metionina é o aminoácido limitante. Entretanto, é uma proteína rica em lisina, aminoácido deficiente na maioria dos cereais. Por isso, a combinação de proteínas de leguminosas, como no caso a soja, e de cereais, como o trigo, é vantajosa, já que são complementares em relação à metionina e lisina. O requerimento necessário sugerido pela MOS-FAO-ONU (2007) com relação ao consumo de aminoácidos sulfurados é de 2,2 g por 100 g de amostra (Tabela 6)

3.1.7. Caracterização da gordura de palma

Os resultados obtidos na caracterização da gordura de palma foram: ponto de fusão = 34,95 °C, ponto de fumaça = 196 °C, índice de peróxido = 2,10 meq O₂/kg e ácidos graxos livres, expresso como ácido palmítico = 0,10 %. A gordura de palma utilizada cumpre com as especificações do regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal (Brasil, 2005), que indica que o índice de peróxido máximo permitido nas gorduras destinadas para alimentos deve apresentar um máximo de 10 meq/kg. O ponto de fumaça varia de acordo com cada óleo, quanto mais alto o ponto de fumaça mais indicado é o óleo para preparações que exigem elevadas temperaturas. Assim, a gordura escolhida para a fritura neste estudo apresentou um ponto de fumaça de 196 °C, sendo adequada para o processo de fritura na obtenção de macarrão instantâneo, pois as temperaturas máximas utilizadas foram 150 ± 3 °C. Na Tabela 7 estão apresentados os resultados obtidos na análise da composição de ácidos graxos da gordura de palma.

Tabela 7. Composição em ácidos graxos da gordura de palma

	Ácido graxo	(% m/m)
C 8:0	Caprílico	0,03
C10:0	Cáprico	0,04
C12:0	Láurico	0,35
C14:0	Mirístico	0,87
C15:0	Pentadecanóico	0,05
C16:0	Palmítico	41,16
C16:1	Palmitoléico	0,13
C17:0	Margárico	0,10
C17:1	Cis-10-heptadecenóico	0,04
C18:0	Estearíco	4,95
C18:1	Oléico	41,91
C18:2	Trans t-linoléico	0,17
C18:2	Linoléico	9,29
C18:3	Linolênico	0,21
C20:0	Araquídico	0,39
C20:1	Eicosenóico	0,14
C22:0	Behênico	0,07
C24:0	Lignocérico	0,10

A gordura de palma é extraída da polpa da palmeira oleaginosa *elaeis guineensis* e apresenta quantidades aproximadamente iguais de ácidos graxos saturados (palmítico e esteárico) e insaturados (ácido oléico e linoléico). A composição em ácidos graxos da gordura de palma obtida experimentalmente está de acordo com a literatura consultada (Noor-Lida et al., 2006; Goh, 2002). Os ácidos graxos predominantes na amostra deste estudo foram os ácidos oléico (41,91%) e palmítico (41,16 %), seguidos dos ácidos graxos esteárico e linoléico.

3.2. Caracterização dos macarrões instantâneos

Os resultados (médias e desvios padrão) obtidos a partir do planejamento experimental composto central rotacional 2² para verificar os efeitos da adição de amido resistente AR (%) e isolado protéico de soja IPS (%) sobre as respostas: absorção de água, água adicionada à formulação, teor de umidade, teor de gordura, tempo de

cozimento, teor de amido resistente e firmeza, estão apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10, tanto para o processo de fritura convencional, como a vácuo. Os valores de absorção de água e água adicionada à formulação foram os mesmos para os dois planejamentos, pois foi utilizada a mesma massa em cada formulação para diminuir qualquer outra variável. Os valores para a resposta de tempo de cozimento também foram os mesmos para os dois planejamentos, pois a espessura dos macarrões era muito fina e foi difícil de detectar diferença pelo método utilizado.

Tabela 8. Resultados da absorção de água, água adicionada à formulação e tempo de cozimento dos macarrões instantâneos

	Variáveis				Respostas*		
	AR (%)	Valor real (%)	IPS (%)	Valor real (%)	Absorção de água (%)	Tempo de cozimento (s)	Água adicionada à formulação (%)
1	-1	2,34	-1	2,34	63,50	175	36,00
2	+1	13,66	-1	2,34	62,40	195	34,90
3	-1	2,34	+1	13,66	72,80	180	45,30
4	+1	13,66	+1	13,66	71,50	195	44,00
5	- α	0	0	8	69,10	210	41,60
6	+ α	16	0	8	67,80	205	40,30
7	0	8	- α	0	61,40	144	33,90
8	0	8	+ α	16	74,00	205	46,50
9	0	8	0	8	66,80	158	39,30
10	0	8	0	8	66,60	155	39,10
11	0	8	0	8	66,70	156	39,20
12	0	8	0	8	66,80	155	39,30

AR: Amido Resistente; IPS: Isolado Protéico de Soja

$\pm\alpha = \pm 1,4142$

*Médias de 3 determinações

Tabela 10. Respostas obtidas pelo processo de fritura convencional

Variáveis*	Respostas					
	Fritura convencional					
	AR (%)	IPS (%)	Umidade ¹ (%)	Gordura ¹ (%)	AR ² (%)	Textura ³ (g)
1	-1	-1	1,46 ± 0,026	24,42 ± 0,30	5,85 ± 0,59	74,00 ± 4,51
2	+1	-1	1,70 ± 0,010	21,88 ± 0,05	7,29 ± 0,59	66,13 ± 2,93
3	-1	+1	2,18 ± 0,022	18,24 ± 0,22	6,57 ± 0,48	71,10 ± 3,17
4	+1	+1	2,00 ± 0,013	18,28 ± 0,05	7,96 ± 0,33	65,22 ± 2,20
5	-α	0	2,42 ± 0,066	20,95 ± 0,16	3,44 ± 0,24	67,19 ± 3,32
6	+α	0	2,42 ± 0,015	19,47 ± 0,12	8,47 ± 0,83	58,69 ± 3,46
7	0	-α	2,13 ± 0,111	25,09 ± 0,30	7,01 ± 0,11	75,00 ± 4,71
8	0	+α	2,66 ± 0,221	19,15 ± 0,14	7,32 ± 0,52	63,01 ± 2,84
9	0	0	2,43 ± 0,058	22,75 ± 0,53	7,51 ± 0,75	64,84 ± 3,14
10	0	0	1,96 ± 0,004	21,70 ± 0,15	7,69 ± 0,62	64,39 ± 4,01
11	0	0	2,55 ± 0,066	22,59 ± 1,67	7,58 ± 0,79	64,54 ± 2,02
12	0	0	2,31 ± 0,040	22,35 ± 0,78	7,60 ± 0,72	64,59 ± 3,06

AR: Amido Resistente; IPS: Isolado Protéico de Soja

±α = ± 1,4142

¹Médias ± desvio padrão de 3 determinações

²Média ± desvio padrão de 4 determinações

³ Média ± desvio padrão de 7 determinações

Tabela 11. Respostas obtidas pelo processo de fritura a vácuo

	Variáveis		Respostas			
			Fritura a vácuo			
	AR (%)	IPS (%)	Umidade (%)	Gordura (%)	AR (%)	Textura (g)
1	-1	-1	4,82 ± 0,076	22,26 ± 0,12	6,07 ± 0,37	71,61 ± 4,75
2	+1	-1	4,18 ± 0,009	19,39 ± 0,04	8,31 ± 0,93	62,56 ± 3,66
3	-1	+1	6,46 ± 0,121	20,59 ± 0,27	5,85 ± 0,22	61,97 ± 2,67
4	+1	+1	5,68 ± 0,022	19,34 ± 0,25	8,26 ± 0,87	59,99 ± 2,77
5	- α	0	4,83 ± 0,047	20,25 ± 0,10	3,61 ± 0,38	55,47 ± 4,38
6	+ α	0	5,08 ± 0,038	18,08 ± 0,08	10,12 ± 0,74	52,07 ± 4,03
7	0	- α	3,82 ± 0,190	21,43 ± 0,69	7,63 ± 0,18	82,78 ± 7,88
8	0	+ α	6,11 ± 0,043	19,17 ± 0,08	7,58 ± 0,17	52,09 ± 3,40
9	0	0	6,37 ± 0,040	21,26 ± 0,33	7,88 ± 0,74	61,71 ± 1,88
10	0	0	5,32 ± 0,061	21,06 ± 0,15	8,11 ± 0,45	59,91 ± 5,73
11	0	0	4,71 ± 0,036	20,84 ± 0,09	7,94 ± 0,44	61,82 ± 6,28
12	0	0	5,47 ± 0,050	20,94 ± 0,19	7,98 ± 0,21	61,15 ± 4,63

AR: Amido Resistente; IPS: Isolado Protéico de Soja
 $\pm\alpha = \pm 1,4142$

¹Médias ± desvio padrão de 3 determinações

²Média ± desvio padrão de 4 determinações

³ Média ± desvio padrão de 7 determinações

3.2.1. Absorção de água

Os valores da resposta absorção de água da Tabela 8 foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a absorção de água. Os diferentes ensaios apresentaram valores de absorção de água entre 61,4 % e 74 %, como valores mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,99 e o valor de $F_{\text{calculado}}$ 107,7 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes (Equação 3), que mostra a possibilidade da absorção de água ser estimada em função do amido resistente e isolado protéico de soja adicionados à formulação de macarrão instantâneo, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas

neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a absorção de água é quadrática, sendo o fator de interação não significativo e eliminado após o ajuste.

$$\text{Absorção de água (\%)} = 66,73 - 0,53 \cdot \text{AR} + 0,73 \cdot \text{AR}^2 + 4,53 \cdot \text{IPS} + 0,56 \cdot \text{IPS}^2 \quad (\text{Equação 3})$$

onde:

AR = Teor de amido resistente (%)

IPS = Teor de isolado protéico de soja (%)

A partir do modelo obtido, foi possível obter a superfície de resposta para a absorção de água, apresentada na Figura 3, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

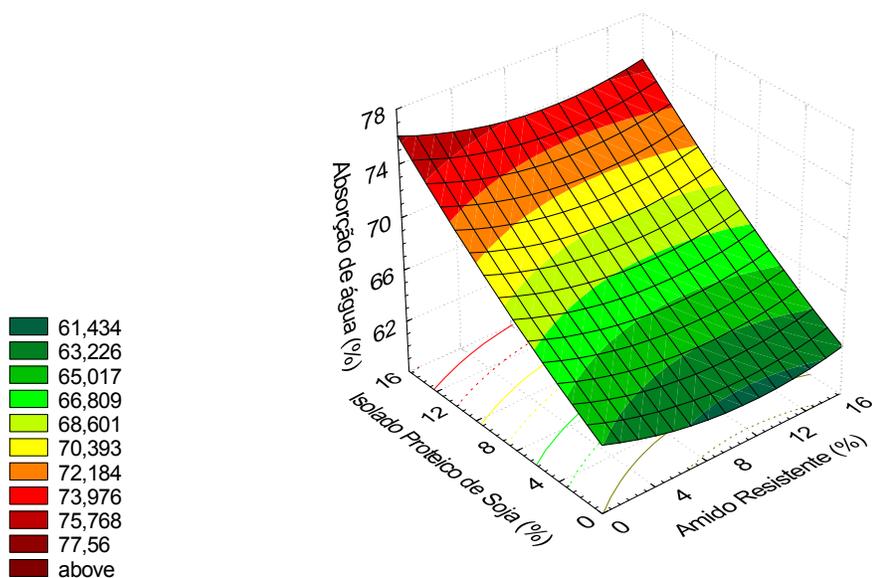


Figura 3. Superfície de resposta para a absorção de água em função da adição de amido resistente e isolado protéico de soja.

A superfície de resposta mostra que ao aumentar o teor de isolado protéico de soja a absorção de água aumentou significativamente e, de acordo com a Equação 3 e a superfície de resposta, foi possível observar que a adição de isolado protéico de soja foi a variável que mais afetou a absorção de água, enquanto que o amido resistente teve um

efeito menor. Pela superfície de resposta, pode-se comprovar que a níveis intermediários de amido resistente tipo 3, a absorção de água foi menor.

Devido ao fato de o farinógrafo ser utilizado mais na área de panificação (p.ex.: pão, biscoitos e bolos), foi necessário determinar uma relação entre a absorção de água do farinógrafo com a adição de água necessária para a produção de massas alimentícias de boa qualidade. Por isso, foram testadas várias relações, obtendo-se a seguinte equação:

$$Q (\%) = (a - b) + c \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

Q=quantidade de água a ser adicionada para obtenção de massas (%);

a= Absorção de água de cada ensaio do DCCR no farinógrafo;

b= Absorção de água da farinha pura obtida no farinógrafo → 61,5 %;

c= Adição ótima de água da farinha pura para obtenção de macarrão → 34 %.

Com esta relação foi possível alcançar uma umidade ótima para produção de massas alimentícias laminadas e cortadas em formato de *noodles* ou talharim. A adição de água na produção de massas alimentícias laminadas é muito importante, pois a qualidade final dos produtos depende da qualidade da massa. O nível de umidade ou água adicionada depende do conteúdo e qualidade das proteínas, conteúdo de amido, especialmente amido danificado, granulometria da farinha e pentosanas. Pouca adição de água produz uma massa listrada e, às vezes, modifica a superfície da lâmina da massa, deixando a massa fragmentada (não lisa). O resultado disso é a obtenção de tiras fracas e fáceis de quebrar na hora da secagem devido à presença de zonas não coesivas. Enquanto que, o excesso de água causa problemas na lâmina da massa devido ao alto desenvolvimento do glúten (Hou, 2001).

3.2.2. Água adicionada à formulação

A quantidade de água adicionada à massa na produção de macarrão instantâneo variou de 33,9 % a 46,5 %, para os 12 ensaios (Tabela 8). Estes valores foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a água adicionada na formulação de macarrão instantâneo. Na análise de variância

(ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,99 e um valor de $F_{\text{calculado}}$ 107 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes (Equação 5), que mostra a possibilidade da água adicionada à formulação ser estimada em função do amido resistente e isolado protéico de soja adicionados na produção de macarrão instantâneo, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a adição de água é quadrática, sendo o fator de interação não significativo e eliminado após o ajuste.

$$\text{Água adicionada à formulação (\%)} = 39,23 - 0,53 \cdot \text{AR} + 0,73 \cdot \text{AR}^2 + 4,53 \cdot \text{IPS} + 0,56 \cdot \text{IPS}^2$$

(Equação 5)

onde:

AR = Teor de amido resistente (%)

IPS = Teor de isolado protéico de soja (%)

Como a resposta água adicionada à formulação foi calculada partir da Equação 4, o modelo matemático da resposta água adicionada à formulação (Equação 5) apresenta os mesmos coeficientes de regressão que a resposta “absorção de água”, diferenciando-se unicamente na média da equação. Além disso, a superfície de resposta (Figura 4) obtida para a água adicionada à formulação apresenta as mesmas tendências que a superfície de resposta obtida para a absorção de água.

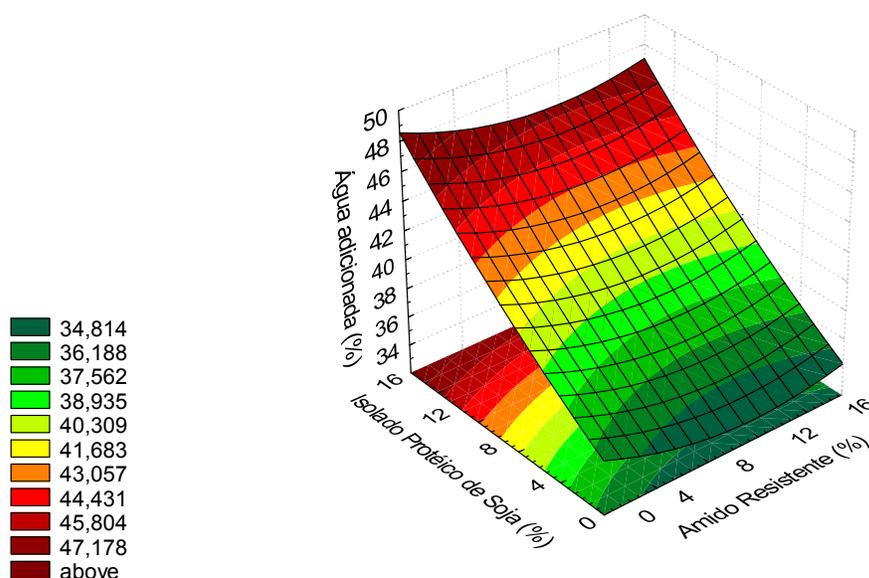


Figura 4. Superfície de resposta para resposta água adicionada à formulação como função do teor de amido resistente e isolado protéico de soja.

A superfície de resposta mostrou que foi necessário colocar maior quantidade de água ao aumentar o teor de isolado protéico de soja na produção de macarrão instantâneo. Pela Equação 5 foi possível observar que a adição de isolado protéico de soja foi a variável que mais afetou esta resposta, enquanto que o amido resistente teve um efeito menor. Pela superfície de resposta, pode-se comprovar que a níveis intermediários de amido resistente tipo 3, a absorção de água diminuiu significativamente.

3.2.3. Tempo de cozimento

Os resultados apresentados na Tabela 8 para a resposta tempo de cozimento foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre o tempo de cozimento.

Observou-se, nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 8), que os valores do tempo de cozimento variaram entre 144 e 210 s como valor mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,81 e um valor de $F_{\text{calculado}}$ 3,78 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes (Equação 6), que mostra a possibilidade do tempo de cozimento ser estimado em função do amido resistente e isolado protéico de soja adicionados na produção de macarrão instantâneo, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente o tempo de cozimento é quadrática, sendo o fator linear do amido resistente e o fator de interação não significativos e eliminados após o ajuste.

$$\text{Tempo de cozimento (s)} = 156 + 24,56 \cdot \text{AR}^2 + 11,41 \cdot \text{IPS} + 8,06 \cdot \text{IPS}^2$$

(Equação 6)

onde:

AR = Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

A partir do modelo obtido foi possível obter a superfície de resposta para o tempo de cozimento, apresentada na Figura 5, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

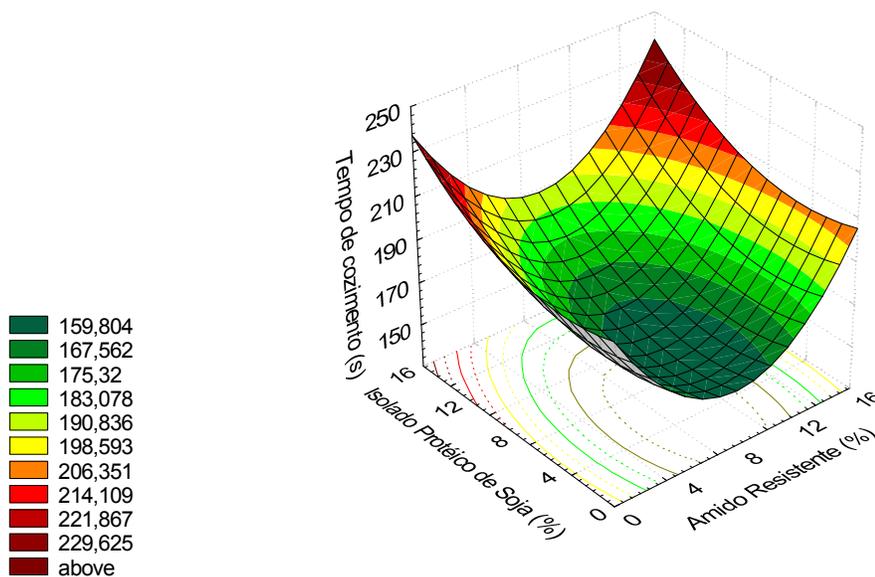


Figura 5. Superfície de resposta para o tempo de cozimento em função da adição de amido resistente e isolado protéico de soja.

Na equação 6 foi observado que o efeito linear do IPS foi o único linear que teve influência nesta resposta. A superfície de resposta mostra que em níveis intermediários de amido resistente e intermediários e baixos de isolado protéico de soja (abaixo de 8 %), o tempo de cozimento apresenta os menores valores. Também, ao aumentar o teor de amido resistente e isolado protéico de soja, o tempo de cozimento aumenta significativamente. Este aumento pode ser explicado pelo fato que as partículas de isolado protéico de soja e do amido resistente demoram mais para se hidratar, dando um aspecto de cru ao macarrão quando ainda não está completamente hidratado.

Por outro lado, também foi possível observar na Figura 5, que em níveis baixos de amido resistente, o tempo de cozimento aumentou significativamente. Isto pode ser explicado à grande absorção de água que apresenta o IPS, pois na formulação a concentração de IPS, quando não se adiciona amido resistente, é maior.

3.2.4. Teor de umidade

Na resposta umidade não foi possível gerar superfícies de respostas, pois os dados obtidos (Tabelas 9 e 10) são muito próximos entre si, tanto para a fritura convencional como para a fritura a vácuo. O importante é manter a umidade abaixo de 10 % nas

amostras, para diminuir a proliferação microbiana e manter o *shelf-life* do produto por maior tempo.

Observa-se na Tabela 10 que os macarrões obtidos com o processo de fritura a vácuo apresentaram uma umidade maior quando comparados com os macarrões obtidos com a fritura convencional (Tabela 9).

As Tabelas 11 e 12 mostram os efeitos obtidos para as respostas teor de umidade após o processo de fritura convencional e teor de umidade após o processo de fritura a vácuo, respectivamente.

Tabela 11. Análise dos efeitos para o teor de umidade após o processo de fritura convencional

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	2,31	0,19	12,20	1,85E-05
AR (L)	0,02	0,27	0,06	0,95
AR (Q)	-0,18	0,30	-0,60	0,57
IPS (L)	0,44	0,27	1,65	0,15
IPS (Q)	-0,20	0,30	-0,68	0,52
AR (L) x IPS (L)	-0,21	0,38	-0,55	0,60

R²=0,40

Analisando os efeitos da Tabela 11, observou-se que nenhum parâmetro teve efeito significativo ($p < 0,10$) e o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi muito baixo (0,40). Por isso, não foi possível obter modelo matemático nem superfície de resposta.

Tabela 12. Análise dos efeitos para o teor de umidade após o processo de fritura a vácuo

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	5,47	0,29	18,91	1,41E-06
AR (L)	-0,27	0,41	-0,65	0,54
AR (Q)	-0,35	0,46	-0,76	0,48
IPS (L)	1,59	0,41	3,90	0,01
IPS (Q)	-0,34	0,46	-0,74	0,49
AR (L) x IPS (L)	-0,07	0,58	-0,13	0,90

R²=0,73

Analisando os efeitos da Tabela 12, observou-se que o único parâmetro que teve efeito significativo ($p < 0,10$) foi o efeito linear do isolado protéico de soja. No entanto, o modelo matemático e a superfície de resposta não foram considerados, pois, ao ignorar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação (R^2) apresentou um valor baixo (0,67). Observou-se também na Tabela 12 que a adição de isolado protéico de soja teve um efeito positivo nesta resposta.

O conteúdo de umidade dos macarrões instantâneos deve estar abaixo de 10 % e a atividade de água deve encontrar-se na faixa de 0,5 a 0,6, para ter uma melhor estabilidade microbiana (Kubomura, 1996). Todas as amostras obtidas nos dois processos de fritura (convencional e a vácuo) apresentaram a umidade recomendada. A diferença de umidade entre os dois processos pode ser explicada pelas diferentes temperaturas e pressões utilizadas em cada processo. Na fritura convencional a temperatura do óleo inicial foi de 150 °C (a pressão atmosférica), enquanto que na fritura a vácuo foi de 110 °C (a -0,8 bar). No entanto, a perda de umidade foi diferente para cada processo. Por isso, na fritura a vácuo, o macarrão instantâneo utilizado para avaliação da textura foi o obtido no tempo de 120 s e no processo de fritura convencional foi analisado o macarrão obtido no tempo de 90 s.

3.2.5. Absorção de gordura

A absorção de gordura durante a fritura é importante, tanto do ponto de vista econômico, como do nutricional. A absorção de gordura aumenta os custos de produção, diminui a vida de prateleira do produto devido à rancificação do óleo absorvido pelos *noodles* (Wu et al., 2006). Além disto, os produtos fritos contêm alto grau de óleo residual, acarretando grandes preocupações com relação à saúde já que o consumo excessivo de gordura, especialmente gordura saturada, está relacionado com problemas de obesidade, doenças cardiovasculares e outros problemas relacionados à saúde (Goel et al., 1999; Saguy e Dana, 2003).

3.2.5.1. Absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido por processo de fritura convencional

Os valores da resposta absorção de gordura obtidos após o processo de fritura convencional, apresentados na Tabela 9, foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a absorção de gordura.

Observou-se, nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados no processo de fritura convencional (Tabela 9), que os valores da absorção de gordura variaram entre 18,08 % e 25,09 % como valor mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA), obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,95 e o valor de $F_{\text{calculado}}$ 12,4 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi possível apresentar o modelo para uso com os valores codificados ($-\alpha$ a $+\alpha$) das variáveis independentes (Equação 7), que mostra a possibilidade da absorção de gordura ser estimada em função do amido resistente e isolado protéico de soja adicionados na obtenção de macarrão instantâneo, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a absorção de gordura é quadrática, onde o fator quadrático do isolado protéico de soja e o fator de interação não foram significativos e foram eliminados após o ajuste.

$$\text{Absorção de gordura (\%)} = 22,15 - 0,60 \cdot \text{AR} - 1,15 \cdot \text{AR}^2 - 2,30 \cdot \text{IPS} \quad (\text{Equação 7})$$

onde:

AR = Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

A partir do modelo obtido, foi possível obter a superfície de resposta para a absorção de gordura, apresentada na Figura 6.

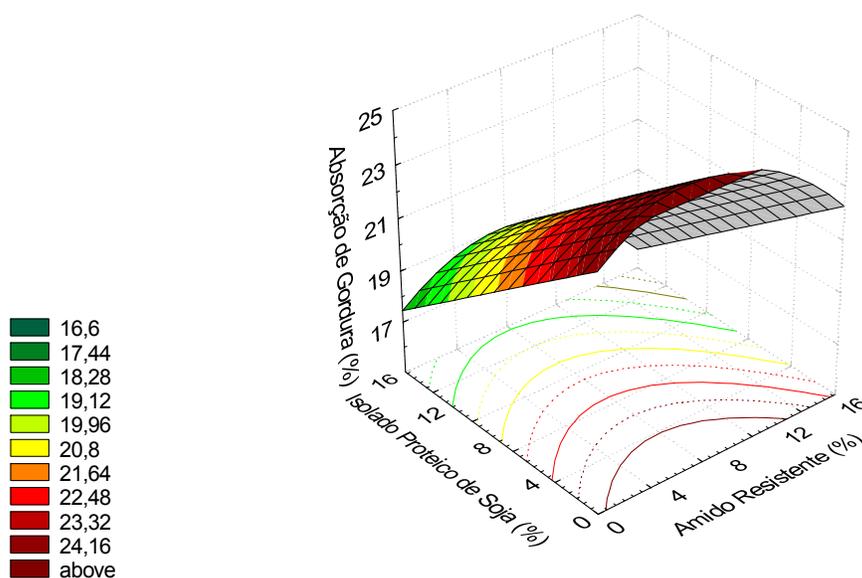


Figura 6. Superfície de resposta para a absorção de gordura pelo processo de fritura convencional em função do amido resistente e isolado protéico de soja.

Apesar dos coeficientes de regressão da Equação 7 apresentarem uma influência negativa sobre os valores de absorção de gordura, na Figura 6, observa-se que em níveis baixos de IPS e níveis intermediários baixos do amido resistente, a absorção de gordura apresenta os maiores valores, e para níveis altos de IPS combinados com níveis altos de amido resistente observa-se uma redução nesse parâmetro. Concluindo-se que os menores valores de absorção de gordura podem ser alcançados quando utilizados altos valores das duas variáveis, ou em altos níveis de isolado protéico de soja e baixos de amido resistente.

3.2.5.2. Absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido por processo de fritura a vácuo

Os resultados da absorção de gordura obtidos após o processo de fritura a vácuo, apresentados na Tabela 10, foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a absorção de gordura.

Observou-se, nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 10), que os valores de absorção de gordura pelo processo de fritura a vácuo variaram entre 18,28 e 22,26 % como valor mínimo e máximo, respectivamente, para os 12

ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,84 e o valor de $F_{\text{calculado}}$ 4 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância foi obtido o modelo codificado representado na Equação 8, que mostra a possibilidade da absorção de gordura pelo processo de fritura a vácuo ser estimada em função do teor de amido resistente e isolado protéico de soja, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a absorção de gordura é quadrática, onde o fator quadrático do isolado protéico de soja e o fator de interação foram não significativos e eliminados após o ajuste.

$$\text{Absorção de gordura (\%)} = 20,86 - 0,86 \cdot \text{AR} - 0,69 \cdot \text{AR}^2 - 0,61 \cdot \text{IPS} \quad (\text{Equação 8})$$

onde:

AR = Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

A partir do modelo obtido, foi possível obter a superfície de resposta para a absorção de gordura pelo processo de fritura a vácuo, apresentada na Figura 7, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

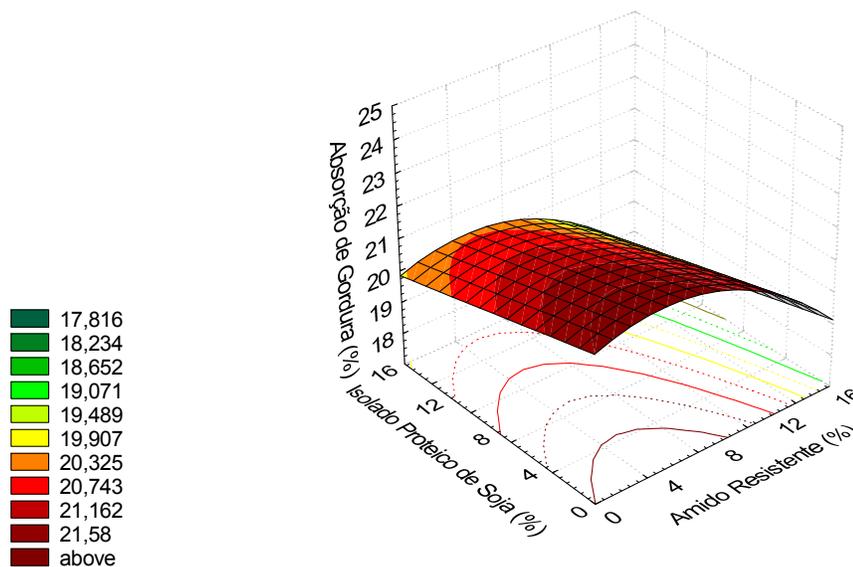


Figura 7. Superfície de resposta para a absorção de gordura pelo processo de fritura a vácuo em função do amido resistente e isolado protéico de soja.

Apesar dos coeficientes de regressão da Equação 8 apresentarem uma influência negativa sobre os valores de absorção de gordura, na Figura 7, observa-se que em níveis intermediários e baixos das duas variáveis, a absorção de gordura apresenta os maiores valores, enquanto que para níveis altos de IPS combinados com níveis altos de amido resistente observa-se uma redução significativa nesse parâmetro. Concluindo-se que os menores valores de absorção de gordura podem ser alcançados quando utilizados altos valores das duas variáveis.

Discussão

Houve diferença entre os valores obtidos (Tabelas 9 e 10) na absorção de gordura nos processos de fritura convencional e fritura a vácuo, porém essa diferença não foi tão pronunciada quanto era esperada. De forma geral, os macarrões fritos no processo de fritura a vácuo apresentaram um teor de gordura menor aos obtidos pelo processo de fritura convencional, no entanto, essa diferença foi pequena e não suficientemente satisfatória, pois há autores que obtiveram uma redução de até 45 % de gordura usando a tecnologia a vácuo.

Garayo e Moreira (2002) ao estudar o processo de fritura a vácuo em *chips* de batatas fritas concluíram que o teor de óleo foi significativamente diferente para as amostras obtidas pelo processo de fritura a vácuo e fritura em condições atmosféricas, obtendo-se valores de teor de óleo de 37 % e 66 %, respectivamente para cada processo. Mariscal e Bouchon (2008) compararam o processo de fritura em condições atmosféricas e a vácuo de fatias de maçã e de fatias de maçã pré-secas superficialmente (até 64% umidade) e concluíram que as fatias pré-tratadas fritas sob condições a vácuo absorveram 50 % menos de gordura do que as fritas em condições atmosféricas. Dueik et al. (2010) utilizaram o processo a vácuo para produzir *chips* de cenoura e os resultados mostraram uma redução de aproximadamente 50 %.

Outros autores obtiveram resultados diferentes ao estudar a tecnologia de fritura a vácuo, demonstrando que houve um aumento na absorção de óleo quando utilizada essa tecnologia. Tan e Mittal (2006) utilizaram a fritura a vácuo na produção de *donuts* e compararam com o processamento convencional. Os autores concluíram que o teor de gordura aumentou significativamente ao usar a nova tecnologia. Troncoso e Pedreschi (2007) determinaram as cinéticas de perda de umidade e aumento de gordura em fatias de batatas *in natura* e pré-tratadas fritas sob vácuo e sob condições atmosféricas, e reportaram que o teor de gordura aumentou em 57,1 % e 75,4 % nas amostras *in natura* e pré-tratadas, respectivamente, quando comparadas às fritas sob condições atmosféricas.

Na superfície dos macarrões fritos sob vácuo, foi mais fácil observar uma camada maior de gordura que na superfície dos macarrões fritos sob condições atmosféricas. É importante ressaltar que nesta pesquisa a redução de óleo após a fritura a vácuo foi devido à remoção da gordura superficial (dados não apresentados).

Troncoso et al. (2009) explicaram que o aumento no teor de óleo na fritura a vácuo está caracterizado somente por dois estágios: fritura e pressurização. Na primeira fase, a alta taxa de transferência de calor e massa produz uma evaporação parcial da água no alimento, que migra desde o interior do produto. Na segunda fase, na pressurização, que prossegue depois que o produto foi retirado do óleo e ainda permanece no interior do sistema, a pressão dos poros aumenta rapidamente, fazendo com que o óleo na superfície se adira ou penetre rapidamente no alimento, gerando um efeito esponja, até que a pressão nos poros seja igual à pressão atmosférica.

Vários autores também reportaram outros parâmetros que podem afetar na absorção de óleo quando utilizada a fritura a vácuo. Entre os fatores mais importantes

encontrados na literatura encontram-se os mecanismos de desengorduramento (*de-oiling*) após a fritura a vácuo. Vários mecanismos têm sido utilizados, tais como, centrifugação antes da etapa de pressurização, absorção do excesso de óleo pela utilização de papel toalha, drenagem do excesso de óleo por vários segundos antes da pressurização (Moreira et al., 2008; Da Silva e Moreira, 2008; Nunes e Moreira 2009). Outro fator que influencia a absorção de óleo é o tamanho da amostra a ser frita. Uma superfície de contato grande ou uma relação alta de superfície / volume entre o produto e o óleo favorece a transferência de calor, acelerando o processo que degrada a topografia da superfície do alimento, permitindo que o óleo seja absorvido mais facilmente (Pedreschi et al., 2008; Mir-Bel et al., 2009). A velocidade de quebra de vácuo e alguns pré-tratamentos como desidratação osmótica ou secagem da superfície do alimento antes da fritura a vácuo, podem também diminuir o teor final de óleo (Shyu e Hwang, 2001; Fan et al., 2005; Mir-Bel et al., 2009; Nunes e Moreira, 2009; Da Silva et al. 2009; Troncoso e Pedreschi et al., 2009). Finalmente, os fatores mais conhecidos e mais estudados que afetam a absorção de óleo em produtos fritos a vácuo são: o nível de vácuo, a temperatura do óleo e o tempo de processo. Ao utilizar pressões mais baixas de vácuo e temperaturas e tempos maiores de processo, o teor de óleo aumenta significativamente (Shyu e Hwang, 2001; Garayo e Moreira, 2002; Fan et al., 2005; Troncoso e Pedreschi et al., 2009).

Nesta pesquisa, a baixa redução da absorção de óleo após utilizar a fritura a vácuo pode ser explicada pelos fatores encontrados na literatura. Em primeiro lugar, o equipamento utilizado Gastrovac não permite modificar o nível de vácuo, utilizando-se sempre a mesma pressão. Em segundo lugar, o equipamento não possui nenhum mecanismo de desengorduramento interno, como centrifugação, e em terceiro lugar, o formato ou tamanho do macarrão é muito fino, apresentando uma superfície de área de contato muito grande entre o produto e o óleo, aumentando assim o teor final de gordura nas amostras. No entanto, foi possível obter aproximadamente 3 % a menos de gordura nos macarrões fritos sob condições a vácuo, graças à remoção do excesso do óleo com papel toalha, sendo que no processo industrial esta nova tecnologia seria inviável de executar.

3.2.6. Teor final de amido resistente

3.2.6.1. Teor final de amido resistente após o processo de fritura convencional

Os valores de amido resistente após a fritura convencional apresentados na Tabela 9 foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre o teor de amido resistente final após o processo de fritura convencional.

Observou-se, nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 9), que os valores de amido resistente final após o processo de fritura convencional variaram entre 4,44 e 8,47 % como valor mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,85 e o valor de $F_{\text{calculado}}$ 6,2 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi obtido o modelo codificado representado na Equação 9 que mostra a possibilidade do teor final de amido resistente após o processo de fritura convencional ser estimado em função do teor de amido resistente e isolado protéico de soja adicionados à formulação, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. A equação que explica estatisticamente o teor final de amido resistente é quadrático e representado unicamente pelos efeitos da variável amido resistente, sendo que os fatores do isolado protéico de soja e da interação não significativos e eliminados após o ajuste.

$$\text{Amido resistente (\%)} = 7,44 + 1,07 \cdot \text{AR} - 0,51 \cdot \text{AR}^2 \quad (\text{Equação 9})$$

onde:

AR = Amido Resistente (%)

A partir do modelo obtido, foi possível obter a superfície de resposta para o teor final de amido resistente após o processo de fritura convencional, apresentada na Figura 8, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

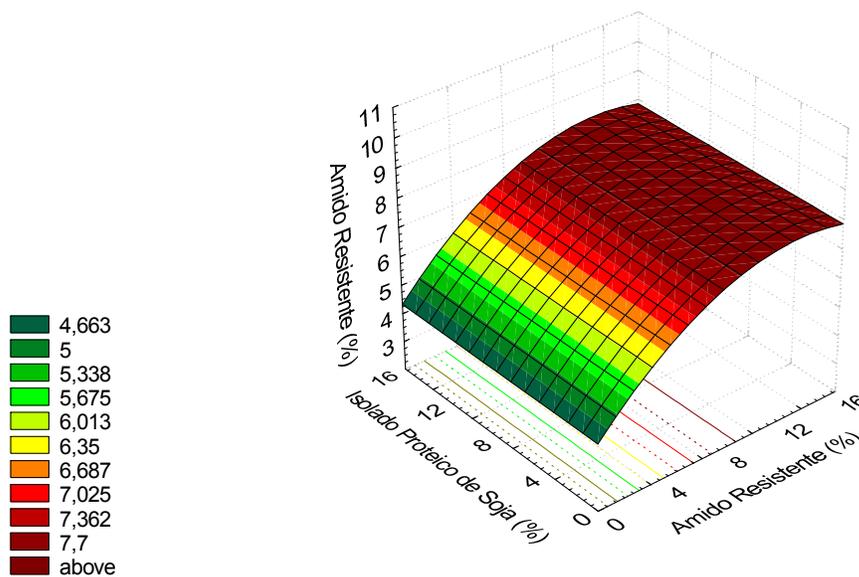


Figura 8. Superfície de resposta para o teor de amido resistente final após o processo de fritura convencional em função do amido resistente e isolado protéico de soja.

Observa-se na Equação 9 e na Figura 8, que o isolado protéico de soja não teve nenhum efeito sobre o teor de amido resistente residual no processo de fritura convencional. Ao aumentar o teor de amido resistente até 8 %, aumenta o teor de amido resistente final. A superfície de resposta mostrou que a adição de AR3 após 8 % não afeta a resposta. Em todos os ensaios foi observado um teor de amido resistente significativo.

3.2.6.2. Teor de amido resistente final após o processo de fritura a vácuo

Os valores de amido resistente após o processo de fritura a vácuo, apresentados na Tabela 10, foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre o teor final de amido resistente após o processo de fritura a vácuo.

Observou-se, nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 10), que os valores de amido resistente final após o processo de fritura a vácuo variaram entre 4,61 e 10,12 % como valor mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,89 e o valor de $F_{\text{calculado}}$ 10 vezes maior que o F_{tabelado} , a 5 % de significância. Como era esperado, se observa que a equação que explica estatisticamente o teor final de amido

resistente é quadrática e é representada unicamente pelos efeitos da variável amido resistente, sendo que os fatores do isolado protéico de soja e de interação não significativos e eliminados após o ajuste.

$$\text{Amido resistente (\%)} = 7,81 + 1,73 \cdot \text{AR} - 0,54 \cdot \text{AR}^2 \quad (\text{Equação 10})$$

onde:

AR = Amido Resistente (%)

A partir do modelo obtido, foi possível construir a superfície de resposta para teor de amido resistente final após o processo de fritura a vácuo, apresentada na Figura 9, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

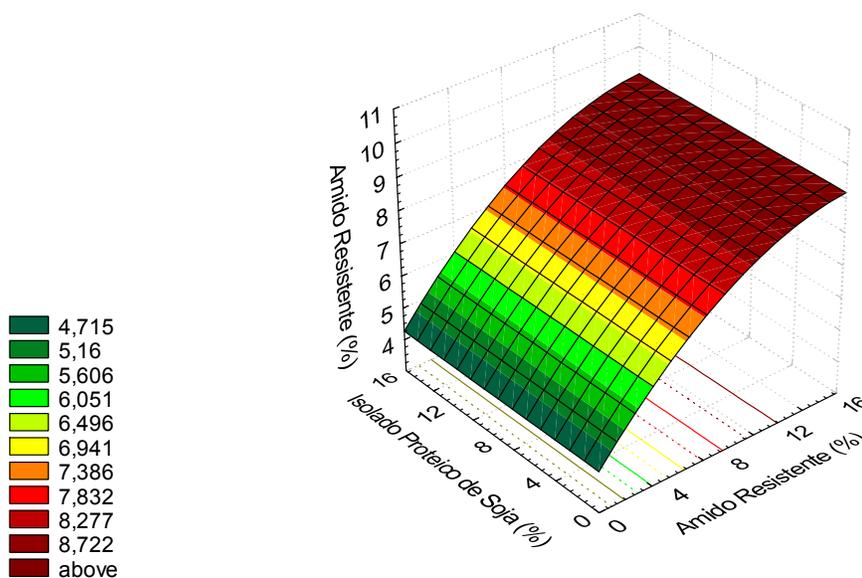


Figura 9. Superfície de resposta para o teor final de amido resistente no processo de fritura a vácuo em função do amido resistente e isolado protéico de soja.

Observa-se na Equação 10 e na Figura 9, que o isolado protéico de soja não teve nenhum efeito sobre o teor de amido resistente residual no processo de fritura a vácuo. Ao aumentar o teor de amido resistente até 12 %, aumenta o teor de amido resistente final. A superfície de resposta mostrou que a adição de AR3 após 12 % não afeta a resposta. Em todos os ensaios foi observado um teor de amido resistente significativo.

Discussão

Na legislação brasileira não existe nenhuma norma sobre o amido resistente indicando os níveis mínimos para ser declarado, no entanto, como o amido resistente se comporta como a fibra alimentar, pode-se concluir que todos os macarrões obtidos podem ser declarados como “fonte de fibra” ou como “alto teor de fibra”, uma vez que a legislação brasileira descreve esses dois termos para a rotulagem referente ao teor de fibras. O primeiro termo “fonte de fibras” equivale a um valor mínimo de 3 g de fibras por cada 100 g de produto sólido, enquanto que o segundo termo “alto teor de fibras” equivale a um valor mínimo de 6 g de fibras por cada 100 g de produto sólido (Brasil, 1998).

Os ensaios número 5 das Tabelas 9 e 10, mostraram que apesar de que não foi adicionado amido resistente na formulação, os macarrões instantâneos apresentaram um teor considerável de amido resistente final. Isto pode ser explicado por três razões: i) devido à farinha de trigo utilizada que apresentou em torno de 2 % fibra alimentar total e de amido resistente (ver Tabela 3 e Figura 1 na caracterização das matérias-primas), ii) devido à presença da goma guar na formulação, que pode formar uma película protetora no amido resistente e no amido presente na farinha de trigo, evitando que o amido resistente se degrade e que as enzimas digestivas ataquem o amido presente na farinha e iii) devido à formação de amido resistente após o processamento de macarrão instantâneo. Os pesquisadores Dhital et al. (2010) estudaram a formação de amido resistente durante o processamento (diferentes condições de cozimento a vapor e fritura) e armazenamento (condições atmosféricas e refrigeradas) de macarrão instantâneo. Eles concluíram que, ao processar macarrão instantâneo à base de farinha de trigo, o teor de amido resistente aumentou significativamente ao longo do processamento.

O amido resistente formado pelo processamento de macarrão instantâneo se deve à re-associação e re-cristalinização da amilose gelatinizada e fragmentada durante os processos térmicos. No amido gelatinizado, quando resfriado, as moléculas de amido dispersas sofrem uma lenta re-associação formando uma estrutura mais compacta e fechada. A amilose concentrada durante o processo de retrogradação cristaliza lentamente a uma forma dupla helicoidal com temperaturas de fusão acima dos 120 – 160 °C, aumentando a sua resistência à digestão enzimática.

3.2.7. Firmeza

Para a análise de firmeza, os macarrões foram cozidos até seu ponto ótimo de cozimento. O processo de fritura remove a maior parte da umidade do produto e modifica a estrutura interna, determinando as propriedades físicas e sensoriais finais.

3.2.7.1. Firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional

Os valores da firmeza apresentados na tabela 9 foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional.

Observou-se, nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 9), que os valores da firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional variaram entre 63,01 e 75,00 gf como valor mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. Na análise de variância (ANOVA) obteve-se um coeficiente de variação (R^2) igual a 0,83 e o valor de $F_{\text{calculado}}$ 3 vezes maior que o F_{tabelado} , a 10 % de significância.

Em vista dos resultados obtidos na análise de variância, foi obtido o modelo codificado representado na Equação 8, que mostra a possibilidade da firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional ser estimada em função do teor de amido resistente e isolado protéico de soja, desde que estas variáveis sejam analisadas nas faixas de variação utilizadas neste estudo. Observa-se que a equação que explica estatisticamente a firmeza é quadrática, no entanto, o fator quadrático do amido resistente e o fator de interação foram não significativos e eliminados após o ajuste.

$$\text{Firmeza (gf)} = 64,56 - 3,22 \cdot \text{AR} - 2,60 \cdot \text{IPS} + 3,00 \cdot \text{IPS}^2 \quad (\text{Equação 8})$$

onde:

AR = Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

A partir do modelo obtido, foi possível construir a superfície de resposta para a textura dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional, apresentada na Figura 10, que permite visualizar as melhores condições para esta propriedade estudada.

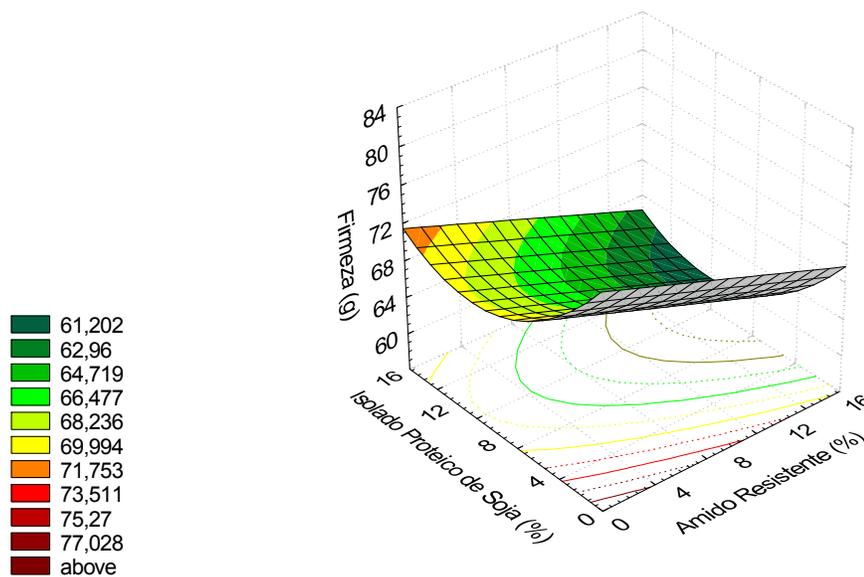


Figura 10. Superfície de resposta para a firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional em função do amido resistente e isolado protéico de soja.

Na superfície de resposta e pela Equação 8 foi possível observar que ao aumentar o teor de amido resistente e o isolado protéico de soja, a firmeza diminuiu significativamente.

3.2.7.2. Firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo

Os valores da firmeza apresentados na Tabela 10 foram utilizados nas análises estatísticas para verificar os efeitos das variáveis independentes sobre a textura dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo.

Observou-se, nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 10), que os valores da textura dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo variaram entre 52,09 e 82,78 g como valor mínimo e máximo, respectivamente, para os 12 ensaios. No entanto, não foi possível gerar superfícies de respostas nem modelo matemático.

A Tabela 13 mostra os efeitos obtidos para a resposta textura dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo. Analisando os efeitos observou-se que os únicos parâmetros que tiveram efeito significativo ($p < 0,10$) foram os efeitos linear e quadrático do

isolado protéico de soja. No entanto, o modelo matemático e a superfície de resposta não foram considerados, pois, ao ignorar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação (R^2) apresentou um valor baixo (0,68) e não significativo.

Tabela 13. Análise dos efeitos para a resposta textura dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo

	Efeitos	Erro Padrão	T(6)	p-valor
Média	61,15	2,52	24,27	3,22E-07
AR (L)	-3,96	3,56	-1,11	0,309
AR (Q)	-5,66	3,98	-1,42	0,205
IPS (L)	-13,90	3,56	-3,90	0,008
IPS (Q)	8,00	3,98	2,01	0,091
AR (L) x IPS (L)	3,54	5,04	0,70	0,509

$R^2=0,81$

Ao analisar a Tabela 13 dos efeitos para a resposta textura dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo, observa-se que a adição de amido resistente e de isolado protéico de soja tiveram um efeito negativo sobre a firmeza. No entanto, o efeito do isolado protéico foi mais notável do que o efeito do amido resistente.

Discussão

Nos resultados obtidos (Tabelas 9 e 10), tanto da fritura convencional, como da fritura a vácuo, foi claramente observado que ao adicionar outros ingredientes à formulação, a textura dos macarrões foi afetada.

A farinha de trigo contém proteínas únicas, gliadinas e gluteninas, que com hidratação e energia mecânica formam o glúten. O uso da farinha de trigo na produção de vários produtos está influenciado principalmente pela quantidade e qualidade do glúten do que os outros componentes da farinha. Por isso, a adição de qualquer ingrediente não constituinte do trigo ou do glúten, alterará as características da farinha significativamente. Neste estudo, foi possível observar que a adição de amido resistente e de isolado protéico de soja diluíram as proteínas formadoras da rede de glúten (gliadina e glutenina), favorecendo a formação de uma estrutura mais fraca, resultando em macarrões menos firmes.

Vários autores estudaram a adição de proteínas de soja na produção de macarrão e reportaram uma diminuição na firmeza ao adicionar as proteínas de soja (Limroongreungrat e Huang, 2007; Lamacchia et al., 2010). Lamacchia et al. (2010), ao estudar as interações entre a proteína de soja e a semolina de trigo na produção de macarrão, reportaram que a adição de proteínas de soja atua sobre as proteínas da semolina formando polímeros maiores, aumentando a concentração das ligações do grupo SH e diminuindo as do grupo S-S. Por isso, os autores concluíram que as proteínas globulares presentes na soja interrompem a formação da matriz protéica do glúten rica em ligações do grupo S-S.

A firmeza é uma qualidade muito subjetiva, dependendo dos hábitos, costumes e culturas das pessoas. Em todos os países varia o tipo de produto ideal aceito pelos consumidores. Por exemplo, nos países asiáticos, um dos alimentos mais consumidos são os *noodles* que são elaborados com farinha de trigo comum, água e sal ou sais alcalinos. No Japão, os consumidores preferem *noodles* com uma textura mais macia, mais elásticos, lisos e com uma aparência clara e translúcida, enquanto que na China os consumidores preferem os *noodles* com uma estrutura mais firme e compacta e com uma aparência menos translúcida e mais amarela devido à adição de sais alcalinos (Hou, 2001). O consumo de *noodles* no Brasil ainda está em crescimento, no entanto já existe um perfil entre os consumidores, os quais preferem um macarrão com menor firmeza.

3.3. Caracterização dos pontos ótimos

A escolha do ponto ótimo foi baseada na absorção de óleo e teor de amido resistente dos dois processos. Após a análise dos resultados foi escolhida a formulação que com adição de 12 % de amido resistente (AR) e 8 % de isolado protéico de soja (IPS), a qual foi testada nos dois processos de fritura, para garantir uma absorção média de gordura e com um teor alto de amido resistente. A visualização dos pontos ótimos se apresenta na Figura 11.



a)

b)

Figura 11. Macarrões instantâneos com adição de 12 % de amido resistente e 8 % de isolado protéico de soja: a) macarrão obtido pelo processo de fritura convencional e b) macarrão obtido pelo processo de fritura a vácuo.

3.3.1. Composição centesimal dos pontos ótimos

Os valores da composição centesimal dos macarrões instantâneos obtidos nos pontos ótimos pelo processo de fritura convencional (Mlcon) e pelo processo de fritura a vácuo (Mlvac) estão apresentados na Tabela 14. Os resultados da composição centesimal apontam que os mesmos apresentam um elevador teor de proteína e um valor significativo de fibras.

O teor de proteína aumentou consideravelmente ao adicionar 8 % de IPS. No Brasil o consumo de macarrão instantâneo vem aumentando a taxas consideravelmente altas, sendo que este tipo de produto é consumido na sua maioria por adolescentes e crianças. Ao adicionar 8 % de IPS, o teor de proteína aumentou os valores a aproximadamente 11 % (aproximadamente 15 % em base seca e desengordurada), sendo uma fonte de proteína interessante, quando consumido macarrão instantâneo. Além disso, é interessante observar o aumento no teor de isoflavonas (ver item 3.3.4), o que diferencia este produto dos produtos tradicionais encontrados nos mercados.

Tabela 14. Composição centesimal dos pontos ótimos.

Componente (%)	Mlcon	Mlvac
Umidade	2,17 ± 0,041 ^a	2,22 ± 0,060 ^a
Gordura	23,40 ± 0,113 ^a	20,28 ± 0,015 ^b
Proteínas	11,66 ± 0,526 ^a	11,31 ± 0,082 ^a
Cinzas	1,70 ± 0,010 ^a	1,65 ± 0,020 ^a
Carboidratos**	60,97	64,54
Fibra alimentar total	8,13 ± 0,79 ^a	8,43 ± 0,06 ^a

*Média de 3 determinações

Mlcon = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional

Mlvac = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura a vácuo.

**Calculados por diferença, incluem a fração de fibra alimentar

Médias com letras distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas entre amostras pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Tabela 14 garante que o uso de 12 % de amido resistente na formulação inicial dos macarrões supre o mínimo estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998) para que o produto possa ser considerado como alto teor de fibras (6 g de fibra alimentar por cada 100 g de produto), já que o produto apresentou aproximadamente 8 % de fibra alimentar total na sua composição.

Observa-se, na Tabela 14, que o único componente que apresentou diferença significativa foi o teor de gordura. Quando utilizado o processo de fritura a vácuo foi possível observar uma diminuição de aproximadamente 3 % de gordura do total da massa. No entanto, não foi uma diminuição significativa do ponto de vista comercial, uma vez que a implantação do processo de fritura a vácuo aumenta os custos para a indústria.

3.3.2. Propriedades térmicas (DSC) dos pontos ótimos

Foram realizadas análises em calorimetria diferencial de varredura em várias amostras obtidas ao longo do processamento para obtenção de macarrão instantâneo, tanto pelo processo de fritura convencional, como de fritura a vácuo. As amostras analisadas foram: macarrão cru, macarrão após o cozimento a vapor, macarrão após cada processo de fritura e finalmente depois da re-hidratação.

Observa-se na Figura 12 que a única amostra que apresentou um pico endotérmico foi a amostra da massa crua. Os valores obtidos foram: 56,61 °C ± 0,82, 64,71 °C ± 0,04, 68,50 °C ± 0,12 e -3,02 J/g ± 0,04 para a temperatura inicial de

gelatinização (T_0), temperatura de pico ou de gelatinização (T_p), temperatura final de gelatinização (T_f) e entalpia de gelatinização (ΔH), respectivamente.

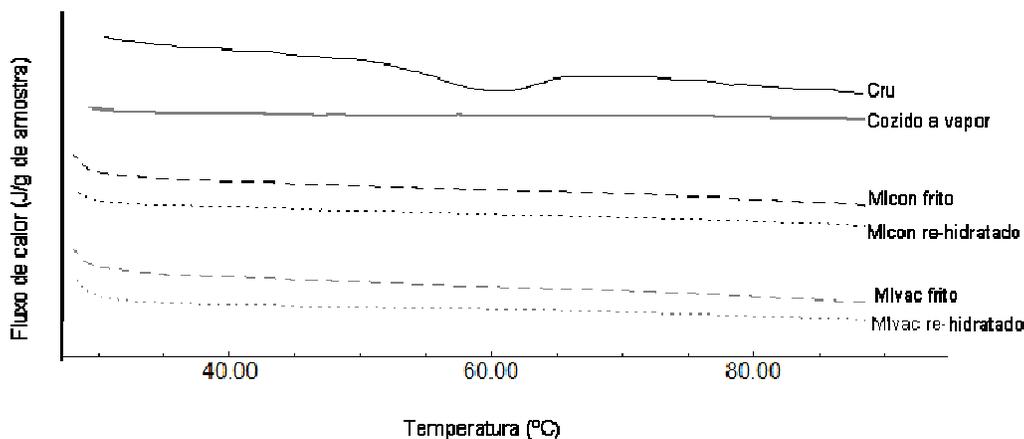


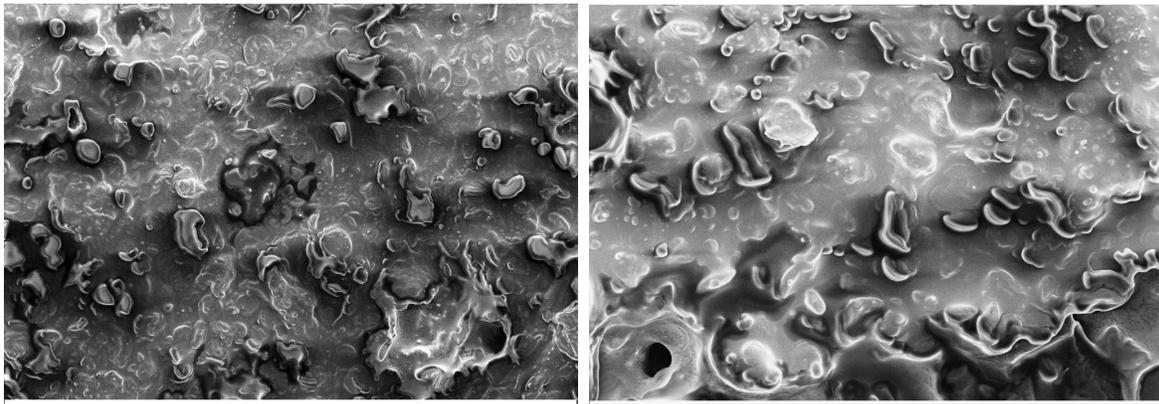
Figura 12. Termogramas dos produtos obtidos durante o processamento de macarrão instantâneo (Mlcon = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional; Mlvac = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura a vácuo).

Na Figura 12, foi possível observar que o tempo de cozimento a vapor utilizado neste projeto foi suficiente para gelatinizar o amido presente na farinha de trigo. O propósito do vapor é permitir a intumescência do amido e a sua gelatinização, o que é necessário para uma maior taxa de re-hidratação do produto final. O vapor também desnatura a proteína e ajuda a fixar a estrutura do macarrão. O processo de desnaturação da proteína geralmente ocorre antes da gelatinização do amido devido à baixa umidade dos *noodles* (40-45 %), enquanto que a gelatinização do amido começa a partir de 64 °C (Hou, 2001). Durante o cozimento a vapor, se o aquecimento é insuficiente, os *noodles* ficam frágeis e podem quebrar facilmente. Por outro lado, muito aquecimento produz *noodles* mais duros e de textura pegajosa (Kubomura, 1996).

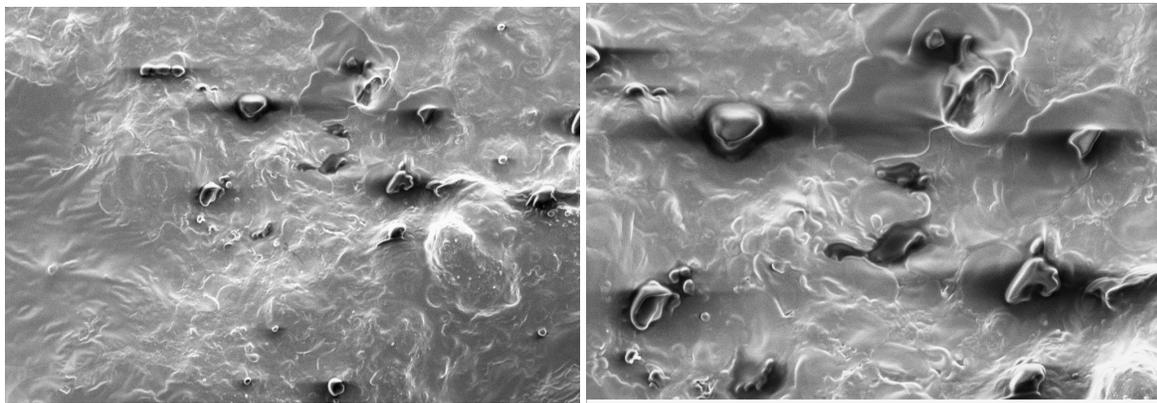
3.3.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Com auxílio das imagens obtidas na microscopia eletrônica de varredura, foi possível analisar a histologia das amostras. Foram realizadas análises de microscopia

eletrônica das superfícies e das seções transversais dos macarrões obtidos pelos dois processos de fritura: convencional e a vácuo. As imagens estão apresentadas nas Figuras 13 e 14 para a vista da superfície e do corte transversal, respectivamente.

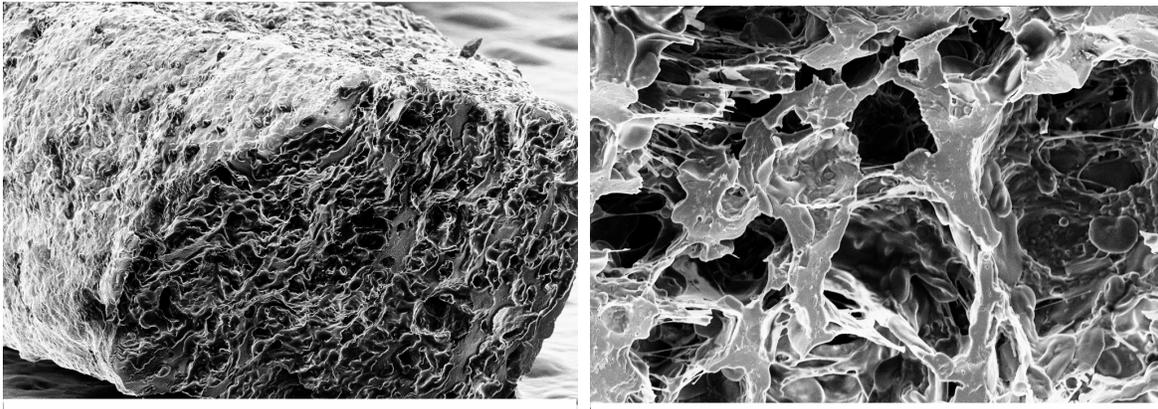


a) 500 e 1000 x de aumento

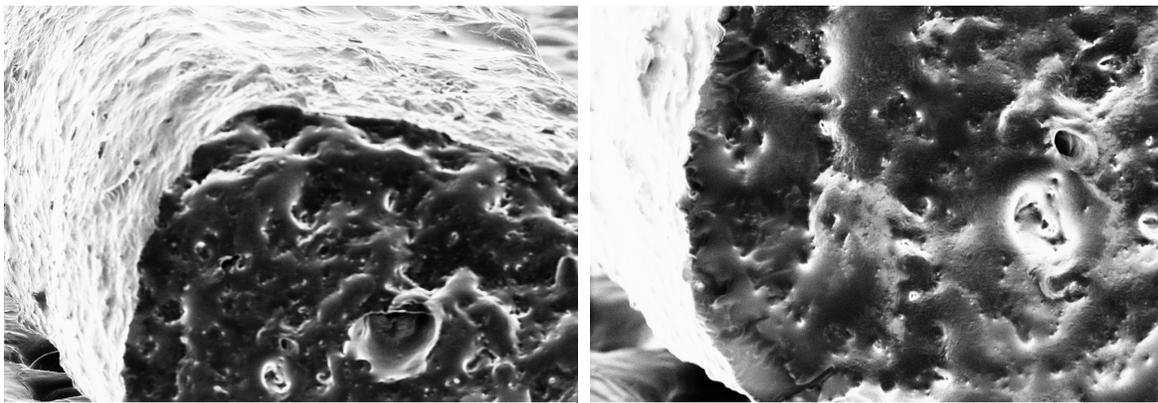


b) 500 e 1000 x de aumento

Figura 13. Vista da superfície dos macarrões a) obtidos pelo processo de fritura convencional e b) obtidos pelo processo de fritura a vácuo



a) 200 e 1000 x de aumento



b) 200 e 500 x de aumento

Figura 14. Vista do corte transversal dos macarrões a) obtidos pelo processo de fritura convencional e b) obtidos pelo processo de fritura a vácuo.

Nas imagens de microscopia, a gordura é a camada esbranquiçada que cobre os macarrões. Nas imagens da superfície (Figura 13) se observa que os macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo apresentam um maior teor de gordura na superfície do que os obtidos pelo processo de fritura convencional. No entanto, nas imagens do corte transversal (Figura 14) pode-se observar que os macarrões fritos no processo a vácuo apresentaram uma estrutura mais fechada, enquanto que os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional apresentam uma estrutura bem mais porosa.

A diferença na estrutura dos macarrões se deve à diferença da faixa de temperatura entre a temperatura de ebulição da água dentro das fritadeiras e a

temperatura do produto que entra no sistema. A temperatura de ebulição da água no processo de fritura convencional é de aproximadamente 100 °C, ou seja, a diferença entre a temperatura do produto (que geralmente está a temperatura ambiente) e a temperatura de ebulição da água nesse sistema é muito maior do que no processo a vácuo. No processo a vácuo, a diferença entre a temperatura do produto (que geralmente está a temperatura ambiente) e a temperatura de ebulição da água no vácuo é muito menor, pois no sistema a vácuo a temperatura de ebulição da água é mais baixa (em torno dos 50 °C). Essa diferença de temperatura faz com que a água se comporte diferente nos dois sistemas. Neste estudo, a velocidade de evaporação foi maior no processo convencional do que no processo a vácuo. Essa diferença alterou a estrutura, e conseqüentemente diminuiu a absorção de gordura dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo, no entanto, o teor de gordura na superfície foi maior nesses macarrões com a necessidade de remover esse excesso de gordura para conseguir uma diminuição significativa.

3.3.4. Teor de isoflavonas nos pontos ótimos

Os macarrões instantâneos atuais são produzidos a base de farinha de trigo, sal e em alguns casos com adição em proporções bem baixas de goma guar, não apresentando nenhum tipo de benefício à saúde. No entanto, neste estudo, além das matérias-primas mencionadas, foram adicionados isolado protéico de soja e amido resistente. Na Tabela 15, se observa que o produto final obtido neste estudo contém aproximadamente 8 mg de isoflavonas por cada 100 g de produto, sendo que no processo de cozimento a vapor e fritura as isoflavonas não foram degradadas. Foi observado que as formas de isoflavonas mais susceptíveis foram as formas glicitina e acetilglicosiladas.

Tabela 15. Teor de isoflavonas nos macarrões instantâneos obtidos no ponto ótimo pelos processos de fritura convencional e a vácuo.

Isoflavonas	Mlcon*	Mlvac*
Glicosiladas		
Daidzina	0,52 ± 0,01	0,45 ± 0,01
Glicitina	0,00	0,00
Genistina	1,67 ± 0,01	1,50 ± 0,01
Malonilglicosiladas		
Malonil Daidzina	0,30 ± 0,01	0,38 ± 0,00
Malonil Glicitina	0,10 ± 0,03	0,20 ± 0,01
Malonil Genistina	1,43 ± 0,01	1,86 ± 0,01
Acetilglicosiladas		
Acetil Daidzina	0,16 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Acetil Glicitina	0,00	0,00
Acetil Genistina	0,87 ± 0,00	0,41 ± 0,01
Agliconas		
Diadzeína	1,03 ± 0,00	1,06 ± 0,00
Gliciteína	0,22 ± 0,01	0,25 ± 0,01
Genisteína	1,95 ± 0,01	2,04 ± 0,01
Total isoflavonas	8,23 ± 0,03	8,19 ± 0,01

Média de 4 determinações

*mg/100 g amostra

Mlcon = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional;

Mlvac = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura a vácuo.

3.3.5. Perfil de aminoácidos totais dos pontos ótimos

O teor de aminoácidos totais dos dois tipos de macarrões obtidos pelos dois processos de fritura está apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. Teor de aminoácidos totais nos macarrões instantâneos obtidos no ponto ótimo pelos processos de fritura convencional e a vácuo.

Aminoácidos	Mlcon*	Mlvac*
Histidina	0,25 ± 0,000 ^a	0,24 ± 0,000 ^a
Isoleucina	0,52 ± 0,007 ^a	0,49 ± 0,000 ^b
Leucina	0,95 ± 0,000 ^a	0,92 ± 0,007 ^b
Lisina	0,48 ± 0,007 ^a	0,48 ± 0,007 ^a
Metionina	0,22 ± 0,000 ^a	0,21 ± 0,000 ^a
Cisteína	0,10 ± 0,000 ^a	0,10 ± 0,007 ^a
Fenilalanina	0,68 ± 0,000 ^a	0,66 ± 0,000 ^a
Tirosina	0,46 ± 0,007 ^a	0,43 ± 0,000 ^b
Treonina	0,35 ± 0,028 ^a	0,35 ± 0,000 ^a
Triptófano	n.d.	n.d.
Valina	0,55 ± 0,000 ^a	0,53 ± 0,007 ^b
Alanina	0,43 ± 0,000 ^a	0,41 ± 0,000 ^a
Arginina	0,70 ± 0,000 ^a	0,67 ± 0,000 ^a
Ac. Aspártico	0,83 ± 0,014 ^a	0,78 ± 0,042 ^a
Ac. Glutâmico	3,57 ± 0,021 ^a	3,42 ± 0,042 ^a
Glicina	0,46 ± 0,000 ^a	0,45 ± 0,007 ^a
Prolina	1,20 ± 0,007 ^a	1,15 ± 0,000 ^a
Serina	0,61 ± 0,007 ^a	0,59 ± 0,007 ^a
Total	12,32 ± 0,057^a	11,86 ± 0,127^b
Aminoácidos sulfurados (Met e Cis)	0,32	0,31
Aminoácidos aromáticos (Phe e Tyr)	1,14	1,09

Média de 3 determinações

*(g/100 g amostra)

n.d. = não determinado

Mlcon = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional;

Mlvac = macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura a vácuo.

Médias com letras distintas na mesma linha demonstram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Se o macarrão instantâneo tivesse sido produzido unicamente com a farinha de trigo, o teor de aminoácidos totais teria sido menor. Quando se compara a Tabela 16 com os valores de aminoácidos totais obtidos na farinha de trigo (Tabela 7), observa-se que a maioria dos aminoácidos teve um aumento significativo, salvo os aminoácidos sulfurados,

o ácido glutâmico e a prolina. Isto pode ser explicado pelo fato de que o isolado protéico de soja contém baixo teor desses aminoácidos (Tabela 7), diluindo os encontrados na farinha de trigo. Também é importante ressaltar que o teor de lisina se duplicou nos produtos finais, concluindo que a adição de isolado protéico de soja, aumentou o valor nutricional do macarrão instantâneo, já que a combinação de proteínas de leguminosas e cereais são complementares em relação à lisina. Outros aminoácidos que aumentaram consideravelmente foram o ácido aspártico e arginina.

3.3.6. Caracterização da gordura de palma após os processos de fritura

A Tabela 17 mostra os resultados obtidos das análises realizadas na gordura de palma após os processos de fritura.

Tabela 17. Caracterização da gordura de palma após os processos de fritura

	Fritura convencional	Fritura a vácuo
Ponto de fumaça (°C) ¹	209,00 ± 0,02 ^a	199,00 ± 0,03 ^b
Índice de peróxido (óleos) (meq O ₂ / kg) ¹	3,70 ± 0,02 ^a	3,20 ± 0,02 ^b
Ácidos graxos livres* (%) ¹	0,10 ± 0,003 ^a	0,10 ± 0,002 ^a

¹Média de 3 determinações

*% ácidos graxos livres como ácido palmítico (% ácido palmítico)

Os macarrões foram fritos a 150 °C e após a quinta replicata frita, foi tomada uma alíquota representativa da gordura para ser analisada. Na Tabela 17 pode ser observado que houve diferença significativa entre os valores obtidos para o ponto de fumaça e para o índice de peróxido das gorduras utilizadas nos dois processos de fritura. Observou-se que o processo de fritura a vácuo manteve mais baixos os índices de decomposição da gordura, apresentando vantagens quando utilizada essa nova tecnologia.

3.3.7. Validação dos modelos matemáticos nos níveis escolhidos para os pontos ótimos dos dois processos de fritura

Os valores escolhidos para o ponto ótimo foram: 12 % de Amido Resistente e 8 % de Isolado Protéico de Soja. Os valores codificados tanto para o AR3 como para o IPS foram de 0,7071 e 0, respectivamente. A escolha do ponto ótimo foi baseada na absorção de óleo e teor final de amido resistente, após a análise dos resultados obtidos nos delineamentos experimentais.

A Tabela 18 apresenta os valores preditos e os resultados obtidos experimentalmente para a absorção de água, água adicionada à formulação, tempo de cozimento, absorção de gordura, teor final de amido resistente e firmeza dos macarrões obtidos pelas duas tecnologias de fritura. Como explicado anteriormente, não foi possível gerar a superfície para a resposta firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo, no entanto, o valor experimental obtido para essa resposta esta apresentada na Tabela 18, sem o valor predito.

Tabela 18. Valores experimentais e preditos

Resposta	Valor experimental	Valor predito *	% de desvio relativo
Absorção de água (%)*	66,60	66,72	-0,18
Água adicionada à formulação (%)*	39,1	39,22	0,31
Tempo de cozimento (s)*	170	168,3	1,01
Absorção de gordura (%) (fritura convencional)*	22,33 ± 0,113 ^a	21,15	5,58
Absorção de gordura (%) (fritura a vácuo)*	20,14 ± 0,015 ^b	19,90	1,21
Teor final de AR (%) (fritura convencional)**	6,95 ± 0,59 ^c	7,94	9,47
Teor final de AR (%) (fritura a vácuo)**	7,89 ± 0,79 ^c	8,62	8,47
Firmeza (g) (fritura convencional)***	63,11 ± 3,96 ^d	60,98	3,49
Firmeza (g) (fritura a vácuo)***	61,06 ± 2,60 ^d	-	-

* Média de 3 determinações

** Média de 4 determinações

***Média de 7 determinações

Médias com letras distintas na mesma coluna demonstram diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes amostras pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ao comparar os valores experimentais com os preditos pelas equações obtidas observa-se na Tabela 18 que os desvios foram relativamente baixos (< 10 %), validando os modelos matemáticos obtidos neste estudo.

Observa-se também, na Tabela 18, que o teor de gordura foi menor nos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo. Como observado na análise de microscopia eletrônica de varredura os macarrões fritos no processo a vácuo apresentaram uma estrutura mais fechada do que os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional. Pelo fato dos macarrões fritos a vácuo apresentarem uma estrutura mais fechada, pode-se justificar a diminuição da absorção de gordura, pois o óleo não conseguiu penetrar no interior dos macarrões. No entanto, esses macarrões apresentaram um teor de gordura bem maior na superfície (Figura 13), sendo possível a diminuição da gordura unicamente quando esse excesso de óleo seja removido da superfície.

Vários autores têm explicado que a absorção de óleo é um fenômeno relacionado à superfície do alimento resultante da concorrência entre a drenagem e sucção na crosta porosa do alimento, uma vez que ele é retirado do banho de óleo e começa a resfriar. A presença de óleo na superfície dos macarrões fritos sob condições a vácuo se deve em grande parte à fase de pressurização, que prossegue depois que o produto foi retirado do óleo e aumenta a pressão rapidamente fazendo com que o óleo seja aderido na superfície mais facilmente. Essa diferença de pressão entre o produto e a quebra de vácuo faz com que o óleo de fritura seja aderido mais intensamente na superfície do macarrão instantâneo. Por isso, é importante ressaltar, neste estudo, que a diminuição do óleo nos macarrões fritos a vácuo foi causada pela retirada do excesso da gordura presente na superfície do macarrão. Já os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional, não apresentaram muita gordura na superfície, no entanto, a estrutura mais porosa (Figura 14) faz com que o óleo penetre mais rapidamente e se adira aos poros no interior da estrutura do macarrão.

Na análise de firmeza, apesar de que os valores terem sido maiores para os macarrões fritos sob condições ambientais, não houve diferença significativa. Os desvios padrão na análise de textura geralmente são muito altos. Devido a que o formato dos macarrões era muito fino, foi muito difícil encontrar diferença significativa entre as duas amostras. A sensibilidade do equipamento não conseguiu detectar diferença quando as duas amostras foram preparadas pelo mesmo tempo de cozimento.

Apesar de que o teor final de amido resistente ter sido maior nos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo, não houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras obtidas pelos dois processos. O teor de amido resistente

também foi analisado nas amostras cozidas prontas para o consumo, ou seja, após 170 s de cozimento em água fervente. Os valores obtidos foram de $6,11 \pm 0,47$ e de $7,04 \pm 0,81$ para o macarrão frito sob condições atmosféricas e sob condições a vácuo, respectivamente. Ao comparar esses valores com os obtidos na Tabela 18, foi possível calcular a porcentagem de perda de amido resistente na etapa cozimento (re-hidratação) das amostras, encontrando-se uma perda de aproximadamente 12 % para as duas amostras. Apesar da perda ocasionada na re-hidratação, os macarrões instantâneos obtidos pelos dois processos apresentaram um valor de amido resistente maior a 6 %, podendo-se concluir que os dois produtos podem ser declarados como produtos com “alto teor de fibras”.

4. CONCLUSÕES

Na produção de macarrão instantâneo funcional, as superfícies de resposta mostraram que a adição de isolado protéico de soja (IPS) aumentou a absorção de água obtida em farinógrafo, enquanto que o amido resistente diminuiu esse parâmetro. Foi possível obter uma relação entre os valores obtidos no farinógrafo e a quantidade de água necessária a ser adicionada à formulação para obter macarrões instantâneos de qualidade.

A adição de IPS e de AR3 diminuiu a absorção de gordura quando utilizados os dois processos de fritura (convencional e a vácuo), porém, os macarrões instantâneos obtidos pelo processo de fritura convencional apresentaram teores de gordura maiores do que os obtidos pelo processo de fritura a vácuo.

Em ambos os processos foi possível obter macarrões instantâneos com um teor de amido resistente significativo (acima de 3 % para todos os ensaios).

Na análise de textura, os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional apresentaram uma firmeza maior do que os obtidos pelo processo de fritura a vácuo. As superfícies de resposta mostraram que a adição de IPS e de AR3 afetaram a firmeza dos macarrões devido à diluição das proteínas do glúten, apresentando macarrões menos firmes.

Na caracterização dos macarrões instantâneos obtidos no ponto ótimo (12 % AR3 e 8 % IPS), os macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo apresentaram aproximadamente 3 % a menos de gordura na massa total. Os macarrões obtidos pelos dois processos apresentaram um valor considerável de proteína (em torno de 15 % b.s. e

desengordurada) e um teor alto de fibras, sendo que os produtos poderiam ser declarados como com “alto teor de fibra” segundo a legislação brasileira.

Pela análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), foi possível concluir que os macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo, apresentaram uma estrutura interna mais fechada e uma camada maior de gordura na superfície, enquanto que os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional apresentaram menos gordura na superfície e uma estrutura interna mais porosa, permitindo que a gordura penetre com mais facilidade e seja aderida à estrutura interna. Por isso, pode ser concluído que a diminuição do teor final de gordura foi menor nos macarrões fritos sob condições a vácuo devido à estrutura interna e compacta.

A adição de IPS permitiu obter macarrões instantâneos com um teor considerável de isoflavonas (33 % na forma aglicona) e aumentou o teor de todos os aminoácidos, salvo os sulfurados, sendo que o valor da lisina se duplicou.

O processo de fritura a vácuo apresenta algumas vantagens quando comparado com o processo de fritura convencional, no entanto, os resultados apresentados não foram suficientemente satisfatórios para concluir que a utilização do processo a vácuo é uma tecnologia promissora na produção de macarrão instantâneo.

Finalmente, independente do processo de fritura utilizado, foi possível desenvolver um produto funcional e nutricional com alto teor de fibras, alto teor de proteínas, presença de isoflavonas e com um perfil de aminoácidos melhorado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES-PEC-PG pela bolsa de doutorado da aluna Maria Gabriela Vernaza Leoro, e a FAPESP (Processo no. 08/02474-1) pelo auxílio a pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho. Os autores também agradecem às empresas: Bunge, Tate and Lyle, Agropalma e Máster Sense pelas doações da farinha de trigo, amido resistente tipo 3, gordura de palma e goma guar, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.A.C.C - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.** 9^a ed. St. Paul: Approved Methods Committee, 1995. v. 1 e 2.

ABIMA. Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias, 2002. Disponível em <http://www.abima.com.br/mercado03.asp>. Acesso em: 24 fev de 2007.

ACHOURI, A.; BOYE, J.I. BELANGER, D. Soybean isoflavones: Efficacy of extraction conditions and the effect of food type on extractability. **Food Research International**, v.38, p. 1199-1204, 2005.

ANTHONY, M.S.; CLARKSON, T.B; BULLOCK, B.C. Soy protein versus soy phytoestrogens (isoflavones) in the prevention of coronary artery arteriosclerosis of cynomolus monkeys. **Circulation**, v.94: abstract, 1996.

A.O.A.C - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 16^a ed. Arlington: AOAC International, 1995. v.1.
ASA. AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION. Soy food, v,11, n.1, 2000.

BAIXAULI, R.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. **Journal of Cereal Science**, v.47, p.502-509, 2008.

BERHOW, M. A. Modern analytical techniques for flavonoid determination. In: Buslig, B. S.; Manthey, J. A. (ed.). *Flavonoids in the living cell*. New York: Klusher Academic, **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v.505. p.61-76, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa. Instrução Normativa nº7 de 15 de agosto de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Trigo**. Disponível em www.agricultura.gov.br. Acesso em 16 de janeiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa. Instrução Normativa nº8 de 02 de junho de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Farinha de Trigo**. Disponível em www.agricultura.gov.br. Acesso em 16 de janeiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resoluções. Resolução RDC Nº 263 de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos**. Disponível em: <http://www.e-legis.bvs.br>. Acesso em 16 de janeiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária Resolução - RDC nº 268, de 22 de setembro de 2005. **Padrão de Identidade e Qualidade para Farinha Desengordurada de Soja, Proteína Texturizada de Soja, Proteína Concentrada de Soja, Proteína Isolada de Soja e Extrato de Soja**. <http://www.e-legis.bvs.br>

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar**. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/search.php>.

BRASIL. Ministério de Saúde. Resolução Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: Analytical and physiological aspects. **Bol SBCTA**, v.30, p.37-43, 1996.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Como fazer massas**. Icone Editora e Editora da Unicamp, 1986, 127p.

CHOO, C.L., AZIZ, N.A.A. Effects of banana flour and b-glucan on the nutritional and sensory evaluation of *noodles*. **Food Chemistry**, v.119, p.34-40, 2010.

DA SILVA, P.; MOREIRA, R. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. **Food Science and Technology**, v.41, p.1758-1767, 2008

DHITAL, S; KATAWAL, S.B.; SHRESTHA, A.K. Formation of Resistant Starch During Processing and Storage of Instant *Noodles*. **International Journal of Food Properties**, v.13. p.454-463, 2010.

DUEIK, V.; ROBERT, P.; BOUCHON, P. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. **Food Chemistry**, v.119, p.1143-1149, 2010.

EERLINGEN, R. C.; DELCOUR. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science**, v. 22, p.129-138, 1995.

ENGLYST, H.N.; KINGMAN, S.M.; CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. **European Journal of Clinical Nutrition**, v,46. p.33-50, 1992.

ESTEVES, E.A.; MONTEIRO, J.B.R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas beneficial effects of soy isoflavones on chronic diseases *Revista de Nutrição*, v.14, p.43-52, 2001.

FAN, L.P.; ZHANG, M.; XIAO, G.N. The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. **International Journal Food Science Technology**, v.40, p.911-919, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>

FUENTES-ZARAGOZA, E.; RIQUELME-NAVARRETE, M.J.; SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. Resistant starch as functional ingredient, a review. **Food Research International**, v. 43, p. 931-942, 2010.

GARAYO, J.; MORREIRA, R. Vacuum frying of potato chips. **Journal of Food Engineering**, v.55, p.181-191, 2002.

GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Terminação de isoflavonas em derivados de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, p.86-93, 2001.

GOEL, P.K.; SINGHAL, R.S.; KULKARMI, P.R. Deep-fat fried noodle-like products from model individual blends of corn starch with casein, soy protein or their hydrolysates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, p.1577-1582, 1999.

GOÑI, I.; GARCIA-DIZ, L.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, v.56, p.445-449, 1996.

GRANDA, C.; MOREIRA, R.G. Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. **Journal of Food Process Engineering**, v.28, p.478-493, 2005.

HAGEN SR, FROST B, AUGUSTIN J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in foods. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 72 (6): 912-916 Nov-Dec 1989.

HERNÁNDEZ-NAVA, R.G.; BERRIOS, J.; DE PAN, J.; OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PEREZ, L.A. Development and Characterization of Spaghetti with High Resistant Starch Content Supplemented with Banana Starch. **Food Science and Technology International**, v. 15, p. 73-78, 2009.

HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**, 2a Edição, St. Paul, Minnesota, American Association of Cereal Chemists, Inc, 1998, 273.

HOU, G.Q. Oriental *noodles*. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.43, p.141-193, 2001.

JENKINS, D.J. Starchy foods and glycemic index. **Diabetes Care**, v.11, n.2, p.149-159, 1988.

KUBOMURA, K. Instant *Noodles* in Japan. **Cereal Foods World**, v.43, n.4, p.194-197, 1998.

LAMACCHIA, C.; BAIANO, A.; LAMPARELLI, S.; PADALINO, L.; LA NOTTE, E.; DI LUCCIA A. Study on the interactions between soy and semolina proteins during pasta making. **Food Research International**, v.43, p. 1049-1056, 2010.

LAJOLO, F. Alimentos funcionales en América Latina. **Alimentación Latinoamericana**, n.238, p.22-24, 2001.

LIGGINS, J., BLUCK, L.J.C., RUNSWICK, S., ATKINSON, C., COWARD, W.A., BINGHAM, S.A. Daidzein and genistein contents of vegetables. **British Journal of Nutrition**, v. 84, p. 717-725, 2000.

LIMROONGREUNGRAT K.; HUANG, Y.W. Pasta products made from sweetpotato fortified with soy protein. **LWT**, v.40, p.200-206, 2007.

MAKI, K.C.; SANDERS, L.M.; REEVES, M.S.; KADEN, V.N.; RAINS, T.M.; CARTWRIGHT, Y. Beneficial effects of resistant starch on laxation in healthy adults. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v.60, p.296-305, 2009.

MARISCAL, M., & BOUCHON, P. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. **Food Chemistry**, v.107, p.1561-1569, 2008.

MCCUE, P; SHETTY, K. Health benefits of Soy Isoflavonoids and Strategies for Enhancement: A Review. **Critical Reviews in. Food Science and Nutrition**, v.44, p.361-367, 2004.

MIR-BEL, J.; ORIA, R.; SALVADOR, M. L. Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potatopost-frying cooling. **Journal of Food Engineering**, v. 95, p. 416–422, 2009.

MURPHY, P.A. Phytoestrogen content of processed soybean products. **Food Technology**, v.36, n.1, p.60,64, 1982.

NUNES, Y.; MOREIRA, R.G. Effect of osmotic dehydration and vacuum-frying parameters to produce high-quality mango chips. **Journal of Food Science**, v.74, p. E355-E360, 2009.

OVANDO-MARTINEZ, M.; SÁYAGO-AYERDIB,S.; AGAMA-ACEVEDOA, E.; GOÑI, I.; BELLO-PÉREZ, L.A. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta **Food Chemistry**, v.113, p.121-126, 2009.

PAREDES-LÓPEZ, O.; BELLO-PÉREZ, L. A.; LÓPEZ, M. G. Amylopectin, structural, gelatinization and melting studies. **Food Chemistry**, v.50, p.411–418, 1994.

PEREIRA, C.A.S.; OLIVEIRA, F.B. **Soja, alimento e saúde: valor nutricional e preparo**. Viçosa: UFV, 2004.

POTTER, S.M; BAUNG, J.A.; TENGH, H.; STILLMAN, R.J.; SHAY, N.F.; ERDWAN, J.W. Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal woman. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, n.6, p.1375S-1379S, 1998.

RIBEIRO M. L.; MANDARINO J.M.G.; CARRÃO-PANIZZI M.C, OLIVEIRA M.C.N. CAMPO C.B.H., NEPOMUCENO A.L.; IDA E.I. β -glucosidase activity and isoflavone content in germinated soybean radicles and cotyledons **Journal of Food Biochemistry**, v.30, p.453–465, 2006.

RYAN, M. ; MCEVOY, E; DUIGNAN, S. ; CROWLEY, C,; FENELON, M; O'CALLAGHAN, D.N.; FITZGERALD, R.J. Thermal stability of soy protein isolate and hydrolysate ingredients. **Food Chemistry**, v.108, p.503–510, 2008.

SAGUY I.S; DANA, D.; Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v.56, p.143-152, 2003.

SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S.M. Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit. **Food Hydrocolloids**, *Article in Press*, 2007.

SANZ T., SALVADOR A., FISZMAN S.M. Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit. **Food Hydrocolloids**, v.22, p.543-549, 2008.

SETCHELL, K.D.R.; COLE, S.J. Variations in Isoflavone Levels in Soy Foods and Soy Protein Isolates and Issues Related to Isoflavona Databases and Food Labeling. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.4146-4155, 2003.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. Livraria Varela Ltda, São Paulo, 1996.

SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B. Revisão: Alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, n.12, p.7-19, 1999.

SAJILATA, M.G., SINGHAL, R.S. KULKARNI, P. R. Resistant Starch: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, p.1-17, 2006.

SHYU, S.L.; HWANG, L.S. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. **Food Research International**, v. 34, p. 133-142, 2001.

SOZER, N.; DALGIÇ, A.C.; KAYA, A. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. **Journal of Food Engineering**, v.18, p.476-484, 2007.

TAN K.J.; MITTAL G.S. Physicochemical Properties Changes of Donuts During Vacuum Frying. **International Journal of Food Properties**, v. 9, p.85-98, 2006.

TANG, C. H.; CHOI, S.-M.; MA, C.-Y. Study of thermal properties and heat-induced denaturation and aggregation of soy proteins by modulated differential scanning calorimetry. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.40, p.96–104, 2007.

TRONCOSO E.; PEDRESCHI F.; ZUNIGA R.N. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.187-195, 2006.

WANG, H.J.; MURPHY, P.A. Mass balance study of isoflavone during soybean processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 2377-2383, 1996.

WHITE, J.A.; HART, R.J.; FRY, J.C. An evaluation of the waters pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v.8, p. 170-177 Oct-Dec 1986.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO **Technical Report Series 935**. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. 267 p. 2007.

WU, J.; ALUKO, R.E.; CORKE, H. Partial least-squares regression study of the effect of wheat flour composition, protein and starch quality characteristics on oil content of steamed-and-fried instant *noodles*. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.117-126, 2006.

YUE, P.; WANG, S. Resistant starch in food applications. **Cereal Food World**, v.43, n.9, p.690-695, 1998.

CONCLUSOES GERAIS

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que:

- Com o uso de 12 % de AR3 e 8 % de IPS foi possível desenvolver um produto funcional com alto teor de fibras (8 %), alto teor de proteínas (11 %), presença de isoflavonas (8 mg/100 g amostra) e com um perfil de aminoácidos melhorado, independentemente do processo de fritura utilizado.
- Foi possível encontrar uma relação entre a absorção de água obtida no farinógrafo com a adição de água ótima necessária para a produção de macarrão instantâneo de boa qualidade
- Os macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo apresentaram uma estrutura interna mais fechada e uma camada maior de gordura na superfície, enquanto que os macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional apresentaram menos gordura na superfície e uma estrutura interna mais porosa, permitindo que a gordura penetre com mais facilidade e seja aderida à estrutura interna.
- Os macarrões obtidos com o processo de fritura a vácuo apresentaram menor teor de gordura quando comparado com os obtidos com o processo de fritura convencional (3 % menos de gordura da massa total).
- A diminuição da absorção de gordura nos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo foi possível devido à retirada do excesso de gordura da superfície, devendo-se estudar, em futuros projetos, outras técnicas para aperfeiçoar e otimizar a retirada do excesso de óleo da superfície.

ANEXO A

Análise estatística do planejamento experimental para a determinação do efeito da adição de sal e goma guar nas propriedades tecnológicas de macarrão instantâneo (Capítulo 2).

Tabela A1. Efeitos estimados para a resposta *absorção de água*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	62,56*	0,20	309,59	7,67E-14
Sal (L)	-1,04*	0,29	-3,63	0,01
Sal (Q)	0,83*	0,32	2,58	0,04
Goma Guar (L)	1,12*	0,29	3,91	0,01
Goma Guar (Q)	1,13*	0,32	3,52	0,01
Sal x Goma Guar	0,15	0,40	0,37	0,72

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

Tabela A2. Coeficientes de Regressão para a resposta *absorção de água*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(7)	p-valor
Média	62,56*	0,19	330,62	6,11E-16
Sal (L)	-0,52*	0,13	-3,88	0,01
Sal (Q)	0,41*	0,15	2,76	0,03
Goma Guar (L)	0,56*	0,13	4,18	0,00
Goma Guar (Q)	0,56*	0,15	3,76	0,01

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

Tabela A3. Anova para a resposta *absorção de água*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	7,28	4	1,82	12,70	0,0025
Resíduo	1,00	7	0,14		
Total	8,28	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 87,89%. F(4;7;0,05) = 4,12.

Tabela A4. Efeitos estimados para a resposta *água adicionada à formulação*

	Efeitos	Erro Padrão	t(7)	p-valor
Média	35,06*	0,20	173,51	2,47E-12
Sal (L)	-1,04*	0,29	-3,63	0,01
Sal (Q)	0,83*	0,32	2,58	0,04
Goma Guar (L)	1,12*	0,29	3,91	0,01
Goma Guar (Q)	1,13*	0,32	3,52	0,01
Sal x Goma Guar	0,15	0,40	0,37	0,72

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

Tabela A5. Coeficientes de Regressão para a resposta *água adicionada à formulação*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(7)	p-valor
Média	35,06*	0,19	185,29	3,52E-14
Sal (L)	-0,52*	0,13	-3,88	0,006
Sal (Q)	0,41*	0,15	2,76	0,028
Goma Guar (L)	0,56*	0,13	4,18	0,004
Goma Guar (Q)	0,56*	0,15	3,76	0,007

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

Tabela A6. Anova para a resposta *água adicionada à formulação*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	7,28	4	1,82	12,70	0,0025
Resíduo	1,00	7	0,14		
Total	8,28	11			

Porcentagem de variação explicada (R2) = 87,89%. F(4;7;0,05) = 4,12.

Tabela A7. Efeitos estimados para a resposta *umidade final*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	1,55	0,13	12,36	1,71E-05
Sal (L)	-0,02	0,18	-0,10	0,93
Sal (Q)	-0,11	0,20	-0,54	0,61
Goma Guar (L)	-0,16	0,18	-0,92	0,39
Goma Guar (Q)	0,54	0,20	2,71	0,04
Sal x Goma Guar	0,60	0,25	2,38	0,05

Porcentagem de variação explicada (R2) = 71,10%.

A resposta *umidade final dos macarrões* não apresentaram modelo significativo ao nível de 5% de significância, pois a retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação apresentou um valor menor a 0,70.

Tabela A8. Efeitos estimados para a resposta *absorção de gordura*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	25,11*	0,21	119,98	2,26E-11
Sal (L)	-0,20	0,30	-0,66	0,534
Sal (Q)	-2,50*	0,33	-7,55	<0,001
Goma Guar (L)	1,18*	0,30	4,00	0,007
Goma Guar (Q)	-2,39*	0,33	-7,21	<0,001
Sal x Goma Guar	1,38*	0,42	3,29	0,017

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

Tabela A9. Coeficientes de Regressão para a resposta *absorção de gordura*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(7)	p-valor
Média	25,11*	0,20	125,13	5,49E-13
Sal (Q)	-1,25*	0,16	-7,88	<0,001
Goma Guar (L)	0,59*	0,14	4,17	0,004
Goma Guar (Q)	-1,19*	0,16	-7,52	<0,001
Sal x Goma Guar	0,69*	0,20	3,43	0,011

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

Tabela A10. Anova para a resposta *absorção de gordura*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	20,62	4	5,15	32,00	0,0001
Resíduo	1,13	7	0,16		
Total	21,75	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 94,81%. F(4;7;0,05) = 4,12.

Tabela A11. Efeitos estimados para a resposta *firmeza*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	85,62*	4,23	20,23	9,48E-07
Sal (L)	-8,14	5,99	-1,36	0,22
Sal (Q)	16,60*	6,69	2,48	0,05
Goma Guar (L)	11,15	5,99	1,86	0,11
Goma Guar (Q)	21,05*	6,69	3,15	0,02
Sal x Goma Guar	1,36	8,47	0,16	0,88

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 10% de significância.

Tabela A12. Coeficientes de Regressão para a resposta *firmeza* *

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(8)	p-valor
Média	85,62	4,20	20,39	3,5E-08
SAL (Q)	8,30*	3,32	2,50	0,037
GG (L)	5,57*	2,97	1,88	0,097
GG (Q)	10,52*	3,32	3,17	0,013

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 10% de significância.

Tabela A13. Anova para a resposta *firmeza*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	1213,46	3	404,49	5,73	0,0216
Resíduo	564,40	8	70,55		
Total	1777,86	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 68,25%. F(3;8;0,10) = 2,92.

ANEXO B

Análise estatística do planejamento experimental para a determinação do efeito da adição de amido resistente e isolado protéico de soja nas propriedades tecnológicas e nutricionais de macarrão instantâneo (Capítulo 4).

Tabela B1. Efeitos estimados para a resposta *absorção de água*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	66,73*	0,17	402,26	1,59E-14
AR (L)	-1,06*	0,23	-4,52	0,004
AR (Q)	1,46*	0,26	5,58	0,001
IPS (L)	9,05*	0,23	38,60	0,000
IPS (Q)	0,71*	0,26	2,72	0,035
AR (L) x IPS (L)	-0,10	0,33	-0,30	0,773

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B2. Coeficientes de Regressão para a resposta *absorção de água*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(7)	p-valor
Média	66,73*	0,15	431,23	9,52E-17
AR (L)	-0,53*	0,11	-4,84	0,002
AR (Q)	0,73*	0,12	5,98	0,001
IPS (L)	4,53*	0,11	41,38	0,000
IPS (Q)	0,36*	0,12	2,91	0,023

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B3. Anova para a resposta *absorção de água*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	169,94	4	42,48	443,63	1,7E-08
Resíduo	0,67	7	0,10		
Total	170,61	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 99,61%. F(4;7;0,05) = 4,12.

Tabela B4. Efeitos estimados para a resposta *água adicionada à formulação*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	39,23*	0,17	236,47	3,86E-13
AR (L)	-1,06*	0,23	-4,52	0,00
AR (Q)	1,46*	0,26	5,58	0,00
IPS (L)	9,05*	0,23	38,60	0,00
IPS (Q)	0,71*	0,26	2,72	0,03
AR (L) x IPS (L)	-0,10	0,33	-0,30	0,77

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B5. Coeficientes de Regressão para a resposta *água adicionada à formulação*

	Coefficientes Regressão	Erro Padrão	t(7)	p-valor
Média	39,23*	0,15	253,51	3,92E-15
AR (L)	-0,53*	0,11	-4,84	0,002
AR (Q)	0,73*	0,12	5,98	0,001
IPS (L)	4,53*	0,11	41,38	<0,001
IPS (Q)	0,36*	0,12	2,91	0,023

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B6. Anova para a resposta *água adicionada à formulação*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	169,94	4	42,48	443,63	1,7E-08
Resíduo	0,67	7	0,10		
Total	170,61	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 99,61%. F(4;7;0,05) = 4,12.

Tabela B7. Efeitos estimados para a resposta *tempo de cozimento*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	156,00*	6,76	23,06	4,35E-07
AR (L)	6,98	9,57	0,73	0,493
AR (Q)	49,13*	10,69	4,59	0,004
IPS (L)	22,82*	9,57	2,39	0,054
IPS (Q)	16,12	10,69	1,51	0,182
AR (L) x IPS (L)	-2,50	13,53	-0,18	0,859

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 10% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B8. Coeficientes de Regressão para a resposta *água tempo de cozimento*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(8)	p-valor
Média	156,00*	6,13	25,46	6,08E-09
AR (Q)	24,56*	4,84	5,07	0,001
IPS (L)	11,41*	4,33	2,63	0,030
IPS (Q)	8,06*	4,84	1,66	0,135

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 10% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B9. Anova para a resposta *água tempo de cozimento*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	4968,56	3	1656,19	11,03	0,003
Resíduo	1201,69	8	150,21		
Total	6170,25	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 80,52%. F(3;8;0,10) = 2,92.

Tabela B10. Efeitos estimados para a resposta *absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	22,35*	0,25	88,70	1,38E-10
AR (L)	-1,20*	0,36	-3,37	0,015
AR (Q)	-2,39*	0,40	-6,00	0,001
IPS (L)	-4,60*	0,36	-12,90	<0,001
IPS (Q)	-0,48	0,40	-1,21	0,272
AR (L) x IPS (L)	1,19	0,50	2,36	0,051

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B11. Coeficientes de Regressão para a resposta *absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(8)	p-valor
Média	22,15*	0,20	109,93	1,36E-12
AR (L)	-0,60*	0,18	-3,26	0,014
AR (Q)	-1,15*	0,20	-5,69	0,001
IPS (L)	-2,30*	0,18	-12,49	<0,001

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B12. Anova para a resposta *absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura convencional*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	55,32	3	13,83	51,08	2,9E-05
Resíduo	1,90	8	0,27		
Total	57,22	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 94,69%. F(3;8;0,05) = 4,07.

Tabela B13. Efeitos estimados para a resposta *absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura a vácuo*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	21,02*	0,24	88,88	1,37E-10
AR (L)	-1,73*	0,33	-5,16	0,00
AR (Q)	-1,45*	0,37	-3,89	0,01
IPS (L)	-1,23*	0,33	-3,67	0,01
IPS (Q)	-0,42	0,37	-1,12	0,31
AR (L) x IPS (L)	0,81	0,47	1,71	0,14

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B14. Coeficientes de Regressão para a resposta *absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura a vácuo*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(8)	p-valor
Média	20,86*	0,21	100,88	1,04E-13
AR (L)	-0,86*	0,19	-4,57	0,002
AR (Q)	-0,69*	0,21	-3,31	0,011
IPS (L)	-0,61*	0,19	-3,26	0,012

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B15. Anova para a resposta *absorção de gordura em macarrão instantâneo obtido pelo processo de fritura a vácuo*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	12,11	3	4,04	14,17	0,0014
Resíduo	2,28	8	0,28		
Total	14,39	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 94,69%. F(3;8;0,05) = 4,07.

Tabela B16. Efeitos estimados para a resposta *teor de amido resistente após o processo de fritura convencional*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	7,60*	0,22	34,13	4,21E-08
AR (L)	2,13*	0,31	6,77	0,001
AR (Q)	-1,09*	0,35	-3,09	0,021
IPS (L)	0,46	0,31	1,47	0,193
IPS (Q)	-0,38	0,35	-1,07	0,325
AR (L) x IPS (L)	-0,02	0,45	-0,06	0,957

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B17. Coeficientes de Regressão para a resposta *teor de amido resistente após o processo de fritura convencional*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(9)	p-valor
Média	7,44*	0,18	42,48	1,11E-11
AR (L)	1,07*	0,16	6,66	9,28E-05
AR (Q)	-0,51*	0,18	-2,89	0,018

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B18. Anova para a resposta *absorção de teor de amido resistente após o processo de fritura convencional*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	10,79	2	5,39	26,34	0,0002
Resíduo	1,84	9	0,20		
Total	12,63	11			

Porcentagem de variação explicada (R2) = 85,41%. F(2;9;0,05) = 4,26.

Tabela B19. Efeitos estimados para a resposta *teor de amido resistente após o processo de fritura a vácuo*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	7,98*	0,25	31,55	6,73E-08
AR (L)	3,11*	0,36	8,70	<0,001
AR (Q)	-0,80*	0,40	-1,99	0,033
IPS (L)	-0,08	0,36	-0,23	0,825
IPS (Q)	-0,55	0,40	-1,38	0,216
AR (L) x IPS (L)	0,08	0,51	0,16	0,876

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B20. Coeficientes de Regressão para a resposta *teor de amido resistente após o processo de fritura a vácuo*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(9)	p-valor
Média	7,81*	0,22	35,08	6,14E-11
AR (L)	1,73*	0,20	8,53	1,33E-05
AR (Q)	-0,54*	0,22	-2,44	0,037

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B21. Anova para a resposta *absorção de teor de amido resistente após o processo de fritura a vácuo*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	25,95	2	12,98	39,33	3,56E-05
Resíduo	2,97	9	0,33		
Total	28,92	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 89,73%. F(2;9;0,05) = 4,26.

Tabela B22. Efeitos estimados para a resposta *firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional*

	Efeitos	Erro Padrão	t(6)	p-valor
Média	64,59*	1,32	48,97	4,86E-09
AR (L)	-6,44*	1,87	-3,45	0,014
AR (Q)	-0,08	2,09	-0,04	0,970
IPS (L)	-5,19*	1,87	-2,78	0,032
IPS (Q)	5,98*	2,09	2,87	0,028
AR (L) x IPS (L)	1,00	2,64	0,38	0,719

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 10% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B23. Coeficientes de Regressão para a resposta *firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional*

	Coeficientes Regressão	Erro Padrão	t(8)	p-valor
Média	64,56*	0,90	72,10	1,52E-12
AR (L)	-3,22*	0,82	-3,94	0,004
IPS (L)	-2,60*	0,82	-3,18	0,013
IPS (Q)	3,00*	0,90	3,35	0,010

*Termos estatisticamente significativos ao nível de 10% de significância.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

Tabela B24. Anova para a resposta *firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura convencional*

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado	p
Regressão	196,96	3	65,65	12,28	0,0023
Resíduo	42,76	8	5,34		
Total	239,72	11			

Porcentagem de variação explicada (R²) = 82,16%. F(3;8;0,05) = 4,07.

Tabela B25. Efeitos estimados para a resposta *firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo*

	Efeitos	Erro Padrão	T(6)	p-valor
Média	61,15	2,52	24,27	3,22E-07
AR (L)	-3,96	3,56	-1,11	0,309
AR (Q)	-5,66	3,98	-1,42	0,205
IPS (L)	-13,90	3,56	-3,90	0,008
IPS (Q)	8,00	3,98	2,01	0,091
AR (L) x IPS (L)	3,54	5,04	0,70	0,509

Porcentagem de variação explicada (R²) = 81,10%.

AR= Amido Resistente (%)

IPS = Isolado Protéico de Soja (%)

A resposta *firmeza dos macarrões obtidos pelo processo de fritura a vácuo* não apresentaram modelo significativo ao nível de 5% de significância, pois a retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação apresentou um valor menor a 0,70.