



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
Departamento de Tecnologia de Alimentos

Tratamento enzimático em suco de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) para redução dos teores de sacarose e glicose e obtenção de geléia através de processo contínuo

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Gabriela Aparecida Pompeu Torezan, aprovada pela Comissão Julgadora em 09 de outubro de 2000.

Campinas, 09 de outubro de 2000

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García
Presidente da Banca

Gabriela Aparecida Pompeu Torezan
Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa García
Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

setembro 2000



UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE BC
 N.º CHAMADA:
I/UNICAMP
T631t
 V. _____ Ex. _____
 TOMBO BC/ 43481
 PROC. 16-392104
 C ☐ D ☒
 PREÇO R\$ 11,00
 DATA 30/04/01
 N.º CPD _____

CM-00153989-0

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

T636t
 631

Torezan, Gabriela Aparecida Pompeu
 Tratamento enzimático em suco de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) para redução dos teores de sacarose e glicose e obtenção de geléia através de processo contínuo / Gabriela Aparecida Pompeu Torezan. – Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Nelson Horacio Pezoa García
 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Manga. 2.Geléia. 3.Substitutos de açúcar. 4.Enzimas.
 I.Pezoa García, Nelson Horacio. II.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.
 III.Título.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. N. Horacio Pezoa García
(Orientador)



Profa. Dra. Hélia Harumi Sato
(Membro)



Profa. Dra. Hilary C. de Menezes
(Membro)

Prof. Dr. Carlos R. Grosso
(Membro)

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. N. Horacio Pezoa García, por sua dedicada orientação, incentivo e apoio durante o curso de Mestrado.

Aos professores da banca examinadora, Profa. Dra. Hélia Harumi Sato, Profa. Dra. Hilary C. de Menezes e Prof. Dr. Carlos Grosso, pelas valiosas correções e sugestões apresentadas à dissertação.

Mais uma vez à Profa. Dra. Hélia Harumi Sato, pelos esclarecimentos e atenciosa ajuda na parte experimental referente ao tratamento enzimático.

À Profa. Dra. Marisa de N. H. Jackix, pelas sugestões na etapa de qualificação.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, onde foi possível a realização deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Às empresas BRASPETINA e NOVO NORDISK, pela doação de material utilizado no trabalho (pectina e enzimas, respectivamente).

Às queridas Ana Koon e Priscila, do Laboratório de Frutas, Hortaliças e Produtos Açucarados, não só por toda ajuda que sempre me ofereceram mas principalmente pela amizade.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Aos queridos Bernardete, Ana Lourdes, Adauto e Valdeci, pela ajuda e atenção durante toda a execução da parte experimental, pessoas que realmente fazem acontecer.

Ao Cosme e ao Marcelo, da Secretaria de Pós-Graduação da FEA, pela paciência e atenção de sempre.

A todos meus amigos, cada um com sua importância única e especial durante esta etapa, fosse colocando literalmente "a mão na massa" ou simplesmente estando ao meu lado, dando apoio e compartilhando o dia-dia-dia.

À minha família, pai, mãe, Gio, Tás e Sérgio, pelo amor, compreensão e apoio, por tudo.

A Deus, que sempre iluminou o meu caminho.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

*O homem não é senão o seu projeto
e só existe na medida em que se realiza*

Jean Paul Sartre

*Dedico a meus pais,
por tudo que são pra mim,
por tudo que eu sou*

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

ÍNDICE

RESUMO GERAL	i
GENERAL SUMMARY	iii
INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
OBJETIVO GERAL	4
<i>Objetivos específicos</i>	4
CAPÍTULO I: Revisão bibliográfica	5
1. MANGA.....	6
1.1. Histórico e produção nacional.....	6
1.2. Composição química.....	7
2. GELÉIA DE FRUTA.....	10
2.1. Definição.....	10
2.2. Constituintes básicos.....	11
2.2.1. <i>Frutas</i>	11
2.2.2. <i>Açúcares</i>	12
2.2.3. <i>Ácidos</i>	13
2.2.4. <i>Pectina</i>	13
2.3. Processos de fabricação.....	16
2.3.1. <i>Cocção à pressão atmosférica</i>	16
2.3.2. <i>Cocção a vácuo</i>	17
2.3.3. <i>Processo contínuo</i>	18
3. ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS.....	19
3.1. Definição.....	19
3.2. Uso da frutose em alimentos dietéticos.....	20

4. PROCESSO ENZIMÁTICO.....	22
4.1. Definição de enzimas.....	22
4.2. Enzimas utilizadas no estudo.....	23
4.2.1. <i>Invertase</i>	24
4.2.2. <i>Glicose oxidase</i>	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

CAPÍTULO II: Processamento e caracterização de suco de manga (variedade Keitt) para utilização na produção de geléia.....

RESUMO.....	37
SUMMARY.....	38
INTRODUÇÃO.....	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	42
1. MATERIAL.....	42
2. MÉTODOS.....	42
2.1. Caracterização físico-geométrica do fruto.....	42
2.2. Processamento do suco.....	43
2.3. Caracterização química do suco.....	43
2.3.1. <i>Sólidos solúveis</i>	44
2.3.2. <i>pH</i>	44
2.3.3. <i>Acidez total titulável</i>	44
2.3.4. <i>Umidade</i>	44
2.3.5. <i>Pectina</i>	44
2.3.6. <i>Açúcares redutores e totais</i>	45
2.3.7. <i>Fibra</i>	45
2.3.8. <i>Vitamina C</i>	45
2.3.9. <i>Cinzas</i>	45
2.4. Avaliação microbiológica do suco.....	46
2.4.1. <i>Contagem total</i>	46

2.4.2. <i>Bolores e leveduras</i>	46
2.4.3. <i>Coliformes</i>	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
1. Caracterização físico-geométrica	46
2. Caracterização química do suco.....	48
3. Avaliação microbiológica do suco.....	51
CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

CAPÍTULO III: Estudo sobre o emprego das enzimas invertase e glicose oxidase em suco integral de manga (variedade Keitt).....58

RESUMO.....	59
SUMMARY.....	60
INTRODUÇÃO.....	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	65
1. MATERIAL.....	65
2. MÉTODOS.....	66
2.1. Estudos preliminares	66
2.1.1. <i>Determinação da temperatura utilizada nos tratamentos enzimáticos</i>	66
2.1.2. <i>Determinação do tempo de reação enzimática</i>	66
2.1.3. <i>Determinação da faixa de concentração de glicose oxidase utilizada nos ensaios definitivos</i>	67
2.2. Planejamento experimental.....	67
2.3. Avaliação da atuação de glicose oxidase em solução modelo.....	69
2.4. Determinações químicas.....	69
2.4.1. <i>Sólidos solúveis</i>	69
2.4.2. <i>pH</i>	70
2.5. Determinações de açúcares.....	70

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

2.5.1. Glicose.....	70
2.5.2. Açúcares redutores e totais.....	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
1. Estudos preliminares	71
1.1. Determinação da temperatura utilizada nos tratamentos enzimáticos...	71
1.2. Determinação do tempo de reação enzimática.....	71
1.3. Determinação da faixa de concentração de glicose oxidase utilizada nos ensaios definitivos.....	74
2. Planejamento experimental.....	75
2.1. Efeito da concentração de glicose oxidase em conjunto com invertase na oxidação de glicose.....	76
2.2. Efeito da concentração de invertase em conjunto com a glicose oxidase na inversão de sacarose.....	82
3. Avaliação da atuação de glicose oxidase em solução modelo.....	87
CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

CAPÍTULO IV: Produção de geléia de manga rica em sólidos da fruta e sem adição de açúcares através de processo contínuo.....	94
RESUMO.....	95
SUMMARY.....	96
INTRODUÇÃO.....	97
MATERIAL E MÉTODOS.....	101
1. MATERIAL.....	101
1.1. Geléia convencional.....	101
1.2. Geléia sem adição de sacarose e glicose.....	101
2. MÉTODOS.....	102
2.1. Testes preliminares para formulação de geléia sem adição de sacarose e glicose.....	102

2.2.	Processamento das geléias em planta piloto.....	102
2.2.1.	<i>Processamento de geléia sem adição de sacarose e glicose...</i>	102
2.2.2.	<i>Processamento de geléia convencional.....</i>	106
2.3.	Determinações químicas das geléias.....	109
2.3.1.	<i>Sólidos solúveis.....</i>	109
2.3.2.	<i>pH.....</i>	109
2.3.3.	<i>Acidez total titulável.....</i>	109
2.3.4.	<i>Umidade.....</i>	109
2.3.5.	<i>Atividade de água.....</i>	109
2.3.6.	<i>Açúcares redutores e totais.....</i>	110
2.3.7.	<i>Vitamina C.....</i>	110
2.4.	Determinações físicas das geléias.....	110
2.4.1.	<i>Sinerese.....</i>	110
2.4.2.	<i>Cor.....</i>	111
2.4.3.	<i>Textura.....</i>	111
2.5.	Análise Sensorial.....	111
2.6.	Avaliação microbiológica das geléias.....	112
2.6.1.	<i>Contagem total.....</i>	113
2.6.2.	<i>Bolores e leveduras.....</i>	113
2.6.3.	<i>Coliformes.....</i>	113
2.6.4.	<i>Teste de esterilidade comercial.....</i>	113
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	114
1.	Formulações preliminares de geléia sem adição de sacarose e glicose processadas em laboratório.....	114
2.	Formulações finais das geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose processadas em planta piloto.....	115
3.	Caracterização química das geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose.....	118
4.	Caracterização física das geléias.....	123
4.1.	<i>Medida da sinerese.....</i>	123

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

SEÇÃO CIRCULANTE

4.2. <i>Determinação da cor</i>	124
4.3. <i>Medida da textura</i>	125
5. <i>Análise sensorial</i>	127
6. <i>Avaliação microbiológica</i>	131
CONCLUSÕES.....	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138

CONCLUSÕES FINAIS	145
--------------------------------	-----

ANEXOS	148
ANEXO Ia: Curvas de atividade enzimática da enzima glicose oxidase versus temperatura e pH.....	149
ANEXO Ib: Curvas de atividade enzimática da enzima invertase versus temperatura e pH.....	149
ANEXO II: Cálculos da porcentagem de oxidação de glicose e de inversão de sacarose a partir dos teores de açúcares redutores e totais.....	150
ANEXO III: Ficha técnica e metodologia do kit enzimático (LABORLAB) para determinação de glicose.....	151
ANEXO IV: Resultados médios e desvio-padrão das análises de açúcares redutores e totais dos ensaios do delineamento experimental e do suco sem tratamento enzimático.....	152
ANEXO V: Cromatograma obtido para os ensaios referentes à avaliação da atuação da glicose oxidase em solução modelo.....	153
ANEXO VIa: Formulação de geléia dietética sugerida pela empresa BRASPECTINA.....	154
ANEXO VIb: Formulação de geléia dietética sugerida pela empresa BRASFANTA.....	155

ANEXO VIIa: Curva do perfil de textura da geléia convencional obtida pelo medidor de textura TAXT2.....	156
ANEXO VIIb: Curva do perfil de textura da geléia sem adição de sacarose e glicose obtida pelo medidor de textura TAXT2.....	157
ANEXO VIII: Ficha sensorial utilizada no teste afetivo de aceitação das geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose.....	158

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO II

TABELA 1: Valores médios e desvio padrão das análises físicas de manga Keitt.....	47
TABELA 2: Valores médios e desvio-padrão das características químicas do suco de manga Keitt.....	49
TABELA 3: Resultados da avaliação microbiológica de suco de manga integral pasteurizado e congelado.....	51

CAPÍTULO III

TABELA 1: Resultados médios e desvio-padrão para os teores de açúcares redutores, totais e glicose dos ensaios para determinação do tempo de reação enzimática.....	71
TABELA 2: Resultados da concentração de glicose utilizando 0,1, 0,25 e 0,5% de glicose oxidase, adicionadas após 20 minutos de tratamento com invertase.....	74
TABELA 3: Delineamento experimental para o estudo do tratamento enzimático em suco de manga simples.....	75
TABELA 4: Resultados da porcentagem de oxidação de glicose em suco de manga simples obtidos para os 11 ensaios do planejamento experimental.....	76
TABELA 5: Efeitos estimados e coeficientes do modelo de regressão completa para a porcentagem de oxidação de glicose em suco de manga simples.....	77

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

SEÇÃO CIRCULANTE

TABELA 6: Resultados da análise de variância (ANOVA) para o modelo ajustado da porcentagem de oxidação de glicose em suco de manga simples.....	78
TABELA 7: Resultados da porcentagem de inversão de sacarose em suco de manga simples obtidos para os 11 ensaios do planejamento experimental.....	82
TABELA 8: Efeitos estimados e coeficientes do modelo de regressão completa para a porcentagem de inversão de sacarose em suco de manga simples.....	83
TABELA 9: Resultados da análise de variância (ANOVA) para o modelo ajustado da porcentagem de inversão de sacarose em suco de manga simples.....	84
TABELA 10: Resultados da porcentagem de oxidação de glicose para os tratamentos com diferentes concentrações de glicose oxidase em solução 1% de glicose em tampão acetato pH 4,0 (A) e em solução tampão acetato pH 4,0 (B).....	87

CAPÍTULO IV

TABELA 1: Formulações para geléias sem adição de sacarose e glicose.....	114
TABELA 2: Formulação de geléia convencional com 66,5°B processada em tacho aberto.....	117
TABELA 3: Formulação de geléia sem adição de sacarose e glicose com 20,2°B processada através de processo contínuo.....	117
TABELA 4: Valores médios e desvio-padrão das características químicas das geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose.....	118
TABELA 5: Valores da média e desvio-padrão para sinerese ocorrida nas geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose.....	123

TABELA 6: Valores médios e desvio-padrão dos parâmetros de cor das geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose.....	124
TABELA 7: Valores médios e desvio-padrão dos atributos de textura das geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose.....	126
TABELA 8: Valores médios e desvio-padrão das respostas sensoriais para as geléias de manga convencional sem adição de sacarose e glicose.....	127
TABELA 9: Resultados da avaliação microbiológica em geléia de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose.....	132
TABELA 10: Resultados da avaliação microbiológica em geléia de manga sem adição de sacarose e glicose.....	134

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO III

FIGURA 1: Comportamento dos teores de açúcares redutores, totais, glicose e sacarose para 20, 40 e 60 minutos de reação enzimática.....	72
FIGURA 2: Superfície de resposta para a oxidação de glicose.....	81
FIGURA 3: Superfície de contorno para a oxidação de glicose.....	81
FIGURA 4: Superfície de resposta para a inversão de sacarose.....	86
FIGURA 5: Superfície de contorno para a inversão de sacarose.....	86

CAPÍTULO IV

FIGURA 1: Fluxograma do processamento contínuo de geléia de manga sem adição de sacarose e glicose.....	104
FIGURA 2: Equipamento utilizado no processamento contínuo de geléia.....	105
FIGURA 3: Fluxograma do processamento de geléia de manga convencional em tacho aberto.....	107
FIGURA 4: Tacho encamisado utilizado no processamento convencional de geléia.....	108
FIGURA 5: Geléia sem adição de sacarose e glicose e geléia convencional (da esquerda para a direita).....	116

FIGURA 6: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo aroma.....129

FIGURA 7: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo sabor.....129

FIGURA 8: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo aparência.....130

FIGURA 9: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo textura.....130

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO I

QUADRO 1 – Resultados médios das análises físicas e químicas de manga Keitt cultivada no Triângulo Mineiro.....8

QUADRO 2- Resultados médios de rendimento e análises químicas de cultivares de manga madura.....9

CAPÍTULO II

QUADRO 1 - Caracterização química de manga Keitt realizada por diferentes autores.....41

RESUMO GERAL

A tendência atual na procura por produtos com redução do valor calórico e dos teores de açúcares pelos consumidores, sejam eles dependentes de dietas restritivas devido a questões de saúde ou por opção, tem impulsionado o crescimento da indústria alimentícia nesse setor, com o comprometimento na formulação de produtos com qualidades sensoriais e nutricionais diferenciadas. Com base nisso, a finalidade deste trabalho foi promover enzimaticamente a redução de sacarose e glicose em suco de manga, e posterior produção de geléia sem adição de açúcares, mantendo a frutose naturalmente presente, e rica em sólidos da fruta. Para esse fim, foi processado suco simples de manga, variedade Keitt, e realizada sua caracterização química e microbiológica. Primeiramente foi realizado um estudo do tratamento do suco com as enzimas invertase, para hidrolisar a sacarose em frutose e glicose, e glicose oxidase, para promover a oxidação da glicose. Dessa forma, o suco com maior teor de frutose em relação aos outros dois açúcares pode ser consumido por indivíduos portadores de diabetes. Os ensaios foram realizados utilizando planejamento fatorial composto central, com cinco níveis para as variáveis independentes, sendo estas concentração de invertase (p/p) e concentração de glicose oxidase (v/p); as condições tempo de tratamento e temperatura, bem como agitação do sistema foram pré-determinadas e fixadas. Os resultados obtidos mostraram uma inversão de sacarose de até 100%, enquanto que a oxidação da glicose, após os inúmeros ensaios realizados, atingiu uma porcentagem máxima de 8%, devido provavelmente à baixa atividade da enzima glicose oxidase no suco de manga. Um segundo objetivo foi produzir geléia de manga rica em sólidos da fruta e sem adição de açúcares (sacarose, xarope de glicose ou outros), comparando com geléia convencional sob os aspectos físicos, químicos, sensoriais e microbiológicos. As geléias foram obtidas através de processos diferentes, sendo cocção a vácuo e processo contínuo. Os resultados da caracterização química e física das duas geléias mostraram concordância com os trabalhos encontrados na

UNICAMP

literatura e dentro das faixas estabelecidas de padrão de qualidade de geléia, principalmente os parâmetros pH, acidez e teor de sólidos solúveis, necessários para a formação do gel. Os resultados do teste afetivo de aceitação mostraram uma boa aceitação das duas geléias, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, com uma diferença pequena entre si nos atributos sabor (6,38 para geléia sem adição de açúcares e 7,38 para a geléia convencional) e textura (7,36 para geléia sem adição de açúcares e 6,18 para a geléia convencional) a nível de 5% de significância. Através da avaliação microbiológica pôde-se classificar a geléia convencional como “comercialmente estéril”, porém a geléia sem adição de sacarose e glicose, quando incubada a 55°C, foi classificada como “não comercialmente estéril”, indicando que o tratamento térmico não foi eficiente para manter a estabilidade microbiológica do produto, sendo necessários ajustes no processo ou esterilização comercial do produto acondicionado.

GENERAL SUMMARY

The new trend of searching for products with reduced caloric values and sugar contents by consumers dependent on restrictive diets, either for health-related reasons or by personal option, has stimulated the growth of the food industry in this sector, with the commitment to formulate products of sensory and nutritional quality. Based on this context, the objective of this work was to promote sucrose and glucose reduction in mango juice and the production of mango jelly without the addition of sucrose and glucose, maintaining the natural fructose and rich in fruit solids. To accomplish this, whole mango juice (cv. Keitt) was processed and characterized chemically and microbiologically. First, a study of the enzymatic treatment of the juice with invertase was carried out, this enzyme hydrolyzing sucrose into fructose and glucose, and also with glucose oxidase, which promotes glucose oxidation. The idea was to produce juice with a greater proportion of fructose than other sugars, which may be eaten by diabetic individuals. The trials were planned using a central composite design, with five levels for each independent variable, namely, invertase concentration (w/w) and glucose oxidase concentration (v/w). Treatment time and temperature, as well as stirring, were pre-determined and fixed. The results showed up to 100% of sucrose inversion, while glucose oxidation achieved a maximum level of 8%, probably because of low glucose oxidase activity in mango juice. A second objective was to produce a mango jelly rich in fruit solids and without the addition of the commonly used sugars (sucrose, glucose syrup), which was compared to a conventional jelly with respect to physical, chemical, sensorial and microbiological aspects. The jellies were produced by different processes, namely, open-air process for the conventional jelly and a continuous method for the jelly without added sugars. The results of the chemical and physical characterization of both the jellies were compatible with articles found in the specialized literature and within the ranges established as standards for jelly quality, mainly in terms of the parameters pH, acidity and soluble solids content, essential for gel formation. The results of the

sensory test showed that both the jellies had good acceptance, ranging from "liked slightly" to "liked moderately", with only a small difference in the attributes flavor (6.38 for jelly without added sugars and 7.38 for the conventional one) and texture (7.36 for the jelly without added sugars and 6.18 for the conventional one), at 5% significance. Microbiologically, the conventional jelly was classified as "commercially sterile", but the one without added sucrose, when incubated at 55°C, was classified as "non-commercially sterile" when processed in the continuous process pilot equipment. The latter indicated that the thermal treatment was not efficient in maintaining the microbiological stability of the product, adjustments being required in the process.

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Recentemente tem-se observado um grande aumento do grau de conscientização da população quanto à saúde e qualidade de vida, levando a hábitos alimentares mais equilibrados, não restritivos e sem exageros.

Em decorrência disso as empresas alimentícias estão cada vez mais envolvidas com a promoção de saúde e prevenção de doenças, desenvolvendo produtos com baixo teor de gordura ou com substituição da sacarose por outros adoçantes ou edulcorantes, mantendo-se a qualidade e o equilíbrio nutricional dos alimentos.

Em 1991, 20% de todos os novos produtos introduzidos no Japão, Europa e EUA correspondiam a alimentos nutricionalmente modificados, sendo o crescimento desse mercado atribuído principalmente a razões de saúde geral do que de dieta (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

No Brasil no início da década de 90 já existiam cerca de 30 milhões de consumidores de produtos dietéticos, entre os quais um terço de diabéticos e o restante composto por obesos, hipertensos e consumidores por opção (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

Em relação ao diabetes, síndrome clínica caracterizada pela deficiência da produção de insulina pelo pâncreas e/ou sua utilização, causando transtornos importantes no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas do organismo humano, o "Estudo Multicêntrico sobre Prevalência do Diabetes Mellitus no Brasil", realizado em nove cidades brasileiras durante o período de 1986 a 1988, mostrou a prevalência dessa síndrome em 7,6% da população de 30 a 69 anos, a qual está se tornando um dos principais problemas de saúde na população brasileira (BRASIL, 1993).

Apesar do mercado nacional de produtos dietéticos ter apresentado um grande crescimento principalmente a partir de 1988, quando a legislação brasileira passou a considerar esses produtos alimentos e não mais medicamentos, no início da década de 90 ele correspondia a apenas 0,5% do mercado total de alimentos, enquanto que nos EUA e na Europa esse nicho de mercado já representava 50% e 30% do total, respectivamente (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

De acordo com a ABIAD (Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos Dietéticos) o mercado de alimentos dietéticos e para fins especiais movimentou no Brasil, em 1998, US\$ 1,1 bilhão, enquanto que em 1990 a cifra era de US\$ 160 milhões, mostrando o grande crescimento deste setor na última década (VISSOTTO & LUCAS, 2000).

O desenvolvimento de produtos dietéticos com alto valor nutricional, e características sensoriais iguais ou superiores aos alimentos processados tradicionalmente constitui um desafio para a indústria de alimentos, devendo-se levar em conta a introdução de novas técnicas e matérias-primas, já que a textura, a palatabilidade e o sabor são propriedades de importância crítica ao desenvolvimento desses novos produtos.

No desenvolvimento de produtos com substituição da sacarose por outros adoçantes ou edulcorantes, estes devem apresentar certos atributos, tais como disponibilidade comercial, compatibilidade química com os constituintes dos alimentos, fácil solubilidade, estabilidade química e térmica, isentos de toxicidade e de sabores estranhos, entre outros.

A frutose, além de apresentar todas essas características, é um adoçante natural, encontrado em frutas e no mel, e não provoca problemas relativos à qualidade do sabor do alimento (amargor), ao contrário de alguns edulcorantes sintéticos. Além disso, a frutose possui metabolismo insulino-independente, podendo ser administrada a indivíduos portadores de Diabetes Mellitus.

Quanto ao emprego de novas tecnologias, o uso de enzimas na indústria alimentícia tem ganhado papel de destaque nos últimos anos, principalmente pelo fato de serem naturais e não tóxicas, reagirem sob condições moderadas de temperatura e pH e por apresentarem economia e praticidade em aplicações comerciais, pois são efetivas e portanto usadas em pequenas quantidades.

Assim, é de extrema importância o investimento de pesquisa no setor de produtos dietéticos, com desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias que visem melhorias quanto aos atributos sensoriais e nutricionais dos mesmos e que venham atender às exigências de consumidores que dependem ou optam por esse tipo de produto.

OBJETIVO GERAL

Redução dos teores de sacarose e glicose de suco de manga Keitt através do tratamento com invertase e glicose oxidase, e sua utilização em processamento contínuo de geléia rica em sólidos da fruta.

Objetivos específicos

- Processamento e caracterização química e microbiológica de suco de manga da variedade Keitt;
- Redução do teor de sacarose do suco de fruta através do uso da enzima invertase, que catalisa a hidrólise deste açúcar em glicose e frutose;
- Redução do teor de glicose do suco de fruta utilizando a enzima glicose oxidase, causando sua oxidação;
- Produção de geléia sem adição de açúcares através de processo contínuo, a fim de minimizar perdas nutricionais e mudanças sensoriais em relação ao suco original, comparando-se com uma geléia convencional produzida em tacho aberto (pressão atmosférica);
- Caracterização química, física e microbiológica dos produtos obtidos, e avaliação sensorial através de teste afetivo.

CAPÍTULO I

Revisão Bibliográfica

1. MANGA

1.1. Histórico e produção nacional

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das frutas mais apreciadas do mundo, devido principalmente ao sabor exótico e valor nutritivo.

Pertencente à família *Anarcadiaceae*, é originária da Ásia tropical, sendo atualmente cultivada nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e das Américas (MEDINA *et al.*, 1981).

O Brasil foi o primeiro país americano a introduzir o cultivo da mangueira, trazida pelos colonizadores portugueses no século XVI. Há cerca de vinte anos já existiam aproximadamente 100 variedades de manga no território nacional (MEDINA *et al.*, 1981).

Em 1994 a produção brasileira de manga era de 1.728.302 toneladas, perdendo apenas para a produção de laranja, tangerina, maçã e maracujá, atingindo em 1995 1.823.917 toneladas ou a cifra de R\$ 136,101 milhões, fazendo do Brasil um dos maiores produtores mundiais. Quanto às regiões produtoras, o Nordeste se destaca como a maior (IBGE, 1997). Por outro lado estima-se que há perdas de 40 a 50% da produção nacional (NEVES FILHO, 1994), o que pode ser explicado pelo baixo aproveitamento da matéria-prima e problemas com estocagem da mesma para atender às necessidades da indústria em período de entre-safra, principalmente pela grande parte da agroindústria nordestina, formada por pequenas e médias empresas (SOUZA FILHO, 1998).

Quanto às exportações, em 1992 os Estados Unidos representavam os maiores importadores do produto nacional, com 74% do total exportado, seguido pela União Européia (18%), Canadá (3%), outros países europeus (3%) e Mercosul (2%) (BRASIL, 1994).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

1.2. Composição química

Segundo STAFFORD (1983), a manga é uma excelente fonte de vitaminas A e C e outros elementos nutricionais, tais como ferro, sódio e potássio.

O teor de carotenóides presentes na manga aumenta de acordo com a maturação, conferindo a cor amarela do fruto maduro. Dentre eles o β -caroteno está presente em maior quantidade, fato este de extrema importância já que ele é o precursor da vitamina A. De forma inversa, o ácido ascórbico tem o seu teor diminuído com o amadurecimento do fruto (HULME, 1970, MEDINA *et al.*, 1981). Estudos citados por MEDINA *et al.* (1981) mostram um decréscimo de 70-130mg/100g em frutos verdes para 15-50mg/100g em frutos maduros, em variedades comerciais da Índia, e de 192mg/100g para 96,1mg/100g segundo estudo citado por STAFFORD (1983).

A porcentagem de açúcares totais pode variar de acordo com a variedade, sendo os maiores teores de sacarose, em seguida frutose e glicose (MEDINA *et al.*, 1981).

Quanto aos ácidos orgânicos, o cítrico e o málico são aqueles que estão em maior quantidade na manga, sendo que a acidez total da fruta, normalmente expressa em ácido cítrico, varia de acordo com o estágio de maturação do fruto (MEDINA *et al.*, 1981). De acordo com SOUZA *et al.* (1984) a acidez desejável dos frutos depende do seu destino, sendo que os frutos com menor acidez são indicados para o consumo nacional e com maior acidez para os consumidores do mercado externo bem como industrialização.

A pectina se encontra na parede celular da fruta, sendo que durante a maturação ocorre sua degradação, com redução do tamanho molecular e esterificação, representando a principal transformação química sofrida pela manga durante esse período (MEDINA *et al.*, 1981). Com a maturação do fruto há

um aumento no teor de pectinas solúveis e conseqüente amolecimento do fruto (ROE & BRUEMMER, 1981).

SIQUEIRA *et al.* (1988), caracterizaram física e quimicamente frutos de vinte cultivares de mangueira da região de Uberaba, MG, das quais se sobressaem Tommy Atkins, Keitt e Van Dyke, por apresentarem excelente aceitação no mercado consumidor. Os resultados das análises para a variedade Keitt estão apresentados no quadro 1.

QUADRO 1 – Resultados médios das análises físicas e químicas de manga Keitt cultivada no Triângulo Mineiro.

ANÁLISES DO FRUTO	RESULTADOS
Peso (g)	379,0
Polpa (%)	77,00
pH	4,24
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,28
Sólidos solúveis (°Brix)	17,80

Fonte: SIQUEIRA *et al.* (1988)

BLEINROTH *et al.* (1985) avaliaram cultivares de manga para industrialização quanto a produtividade e características físico-geométricas e químicas, concluindo que as cultivares Joe Welch, Rubi, Smith, Keitt, Gouveia, Itamarati, Manga-d'água, Pele de Moça, Pico e Ubá atenderam aos atributos de produtividade, rendimento e qualidade da polpa em relação à análise química. Os resultados de rendimento e análises químicas dos frutos estão apresentados no quadro 2.

QUADRO 2- Resultados médios de rendimento e análises químicas de cultivares de manga madura.

<i>Cultivar</i>	<i>Polpa(%)</i>	<i>pH</i>	<i>°Brix</i>	<i>Acidez (% ácido cítrico)</i>	<i>Sólidos Totais(%)</i>	<i>Açúcares Redutores(%)</i>	<i>Açúcares Totais (%)</i>	<i>Vitamina C (mg/100g)</i>	<i>Fibras (%)</i>	<i>Pectina (%)</i>
Edward	72,71	4,07	16,20	0,45	18,05	4,97	13,71	47	1,13	1,56
Gouveia	74,99	3,51	16,00	0,87	18,15	3,71	13,78	40	0,90	1,23
Haden 2H	73,09	3,96	16,10	0,42	17,98	4,25	14,15	45	0,95	1,21
Haden HM	74,64	3,54	16,50	0,55	18,36	4,63	14,31	39	1,39	1,41
Irwin	68,05	3,73	12,10	0,46	14,44	3,48	10,80	58	0,84	1,00
Itamarati	68,05	3,85	13,90	0,60	14,86	4,13	12,55	40	0,73	0,97
Joe Welch	72,64	3,63	14,90	0,75	16,61	3,15	12,00	38	0,95	3,06
Keitt	70,85	3,69	14,10	0,57	15,49	3,72	11,30	58	1,45	0,96
Kent	68,39	3,76	14,20	0,58	18,74	4,02	11,45	30	1,06	1,20
Manga-d'água	69,51	4,00	16,00	0,50	18,16	4,36	13,60	21	1,14	1,55
Maracanã	56,45	4,00	16,60	0,71	17,05	4,40	13,51	—	0,85	1,52
Palmer	70,43	3,85	14,70	0,47	17,49	3,32	14,44	71	0,83	1,34
Pele-de-moça	64,36	4,34	18,70	0,38	19,73	5,37	15,14	57	1,34	1,74
Regina	63,81	3,40	13,60	1,00	15,60	4,02	10,80	—	1,04	2,16
Pico	69,11	4,18	17,80	0,52	19,87	4,89	14,69	78	1,11	3,00
Rubi	69,91	3,60	16,10	0,55	17,75	4,20	12,83	69	0,90	1,06
Sensation	63,52	4,31	16,50	0,34	17,72	3,69	13,70	39	1,64	2,00
Smith	71,90	3,69	13,90	0,46	14,99	4,48	12,30	68	0,62	1,37
Tommy Atkins	69,53	4,29	15,60	0,38	16,24	4,08	12,37	42	0,82	1,24
Torrinha	69,71	3,71	17,40	1,10	20,00	4,94	13,53	—	1,10	2,44
Ubá	64,41	4,04	18,80	0,62	19,80	4,54	14,55	—	1,24	3,03
Zill	70,74	4,28	19,00	0,30	20,30	3,83	15,10	59	1,10	1,25

2. GELÉIA DE FRUTA

2.1. Definição

De acordo com a legislação brasileira, NTA-25, geléia de fruta é o produto obtido pela cocção de frutas inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água, e concentrado até consistência gelatinosa (SÃO PAULO, 1978).

As geléias são classificadas em:

- a) Comum – quando preparadas numa proporção de 40 partes de fruta fresca ou seu equivalente para 60 partes de açúcar.
- b) Extra – quando preparadas numa proporção de 50 partes de frutas frescas ou seu equivalente para 50 partes de açúcar.

O produto deve ser preparado com frutas sadias e limpas; não deverá conter substâncias estranhas à sua composição normal, como matéria terrosa, parasitos, detritos de animais e de vegetais, pedúnculos e cascas, mas pode conter fragmentos da fruta, dependendo da espécie empregada no preparo. Poderá se adicionado de glicose e açúcar invertido, bem como de acidulantes e pectina para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina e acidez da fruta. Não pode ser colorido nem aromatizado artificialmente (SÃO PAULO, 1978)

Quanto às características organolépticas, as geléias devem apresentar-se sob o aspecto de massa gelatinosa, de consistência tal que quando extraídas de seus recipientes sejam capazes de se manter no estado semi-sólido. As geléias transparentes que não contiverem em sua massa pedaços de frutas devem apresentar elasticidade ao toque, retornando à sua forma primitiva após ligeira pressão. A cor e o aroma devem ser próprios da fruta de origem; o sabor deve ser doce, semi-ácido, também de acordo com a fruta de origem (SÃO PAULO, 1978).

Segundo o Codex Alimentarius (CODEX STAN 79-1981), “jam” e “preserve” são termos freqüentemente usados para o mesmo produto, feito com a fruta inteira, pedaços, polpa ou purê, com ou sem adição de suco de fruta, misturado a um açúcar com ou sem adição de água e processado até consistência apropriada. “Jelly” se diferencia por ser o produto preparado a partir de um ingrediente de fruta praticamente livre de partículas suspensas, ou seja, suco extraído de frutas inteiras e clarificado por filtração ou outros meios (FAO, 1994)

Em todos os casos acima citados a concentração final de açúcar não deve ser menor que 65°Brix, a fim de assegurar sua conservação (JACKIX, 1988).

2.2. Constituintes básicos

Os componentes básicos para elaboração de uma geléia são fruta, pectina, ácido e açúcar (substituído por adoçante/edulcorante no caso de geléia dietética), sendo que tanto a quantidade como a ordem de adição de cada um durante o processamento definem a qualidade do produto final.

2.2.1. Frutas

As frutas utilizadas na produção de geléia devem estar no estado bom de maturação, quando apresentam melhores sabor e cor, bem como quantidades adequadas de açúcar e pectina. A fruta verde, além de sua deficiência nos atributos citados, pode causar cor castanha no produto final, enquanto que a fruta muito madura sofre perda de pectina devido à ação de enzimas pécticas e é mais susceptível ao ataque de fungos e leveduras (JACKIX, 1988).

Normalmente no Brasil é utilizada a fruta "in natura" para a produção de geléia, enquanto que em países desenvolvidos é mais comum o uso de polpa e pedaços de fruta congelados (CETEC, 1985).

Às vezes também se aproveita material de descarte da linha de processamento de fruta em calda, que seja de boa qualidade, tornando econômico o processo nas indústrias, com o aumento do rendimento da fruta e diminuição do custo do produto (JACKIX, 1988).

2.2.2. Açúcares

O açúcar normalmente utilizado na fabricação de geleias é a sacarose, que adicionada durante o aquecimento em meio ácido é parcialmente hidrolisada em glicose e frutose. A velocidade de inversão é influenciada pela temperatura, tempo de aquecimento e valor do pH da solução (DESROSIER, 1964).

A baixa inversão da sacarose pode provocar cristalização, portanto o grau de inversão da sacarose deve ser bem controlado durante a fabricação da geléia (GAVA, 1986).

Normalmente uma quantidade suficiente de açúcar invertido é obtido durante a cocção, porém um tempo muito prolongado pode causar perdas quanto a capacidade de geleificação da pectina, cor e sabor do produto. Assim, recomenda-se a adição de açúcar invertido mantendo uma relação adequada entre açúcar invertido e sacarose de 40:60 (DESROSIER, 1964; GAVA, 1986).

No caso de processamento em concentradores a vácuo, por ocorrer pouca inversão da sacarose, deve-se adicionar açúcar invertido ou xarope de glicose (JACKIX, 1988).

Quanto às geleias de baixo teor calórico, os substitutos da sacarose mais utilizados são acesulfame e aspartame, dentre os edulcorantes sintéticos não

calóricos, esteviosídeo, que é um edulcorante não nutritivo extraído da planta *Stevia rebaudiana*, sorbitol e frutose, que são adoçantes nutritivos. Esses substitutos são geralmente utilizados em combinação, já que o sinergismo resultante ocasiona economia na quantidade adicionada dos adoçantes e/ou edulcorantes e diminuição de problemas relativos ao sabor, como amargor.

2.2.3. Ácidos

Em geral, para se obter uma geleificação adequada o pH final do produto deve estar entre 3 e 3,2 e como nem sempre o pH natural das frutas corresponde a esse valor é necessário fazer o ajuste através da adição de ácidos ou sais tamponantes permitidos pela legislação (SOLER, 1991).

Os ácidos mais comumente utilizados são os próprios constituintes naturais e predominantes das frutas, como o cítrico, o málico e o tartárico. De forma geral, o ácido cítrico é o mais utilizado devido ao sabor agradável; já o tartárico possui a vantagem de abaixar o pH para valores bem menores quando utilizado na mesma quantidade do cítrico, porém pode promover a formação de cristais de tartarato de potássio no produto (JACKIX, 1988).

2.2.4. Pectina

Segundo DESROSIER (1964), as frutas e seus extratos obtêm suas características de forma de geléia a partir de uma substância chamada pectina, que foi descoberta primeiramente na França por Braconnot por volta de 1825.

Pectinas são uma classe de polissacarídeos complexos encontrados na parede celular de muitas plantas, com a função de agente de hidratação e material de cimentação para a rede de celulose (MURALIKRISHNA & TARANATHAN, 1994, citado por THAKUR et al., 1997). Constituem-se de uma

cadeia linear de ácidos D-galacturônicos ligados em $\alpha(1-4)$ parcialmente esterificados com metanol (DA SILVA & RAO, 1995; BOBBIO & BOBBIO, 1989).

A pectina usada na indústria de alimentos classifica-se em dois grupos, conforme a propriedade de geleificação decorrente do seu grau de metoxilação. O grau de metoxilação, por sua vez, é definido pela proporção dos grupos carboxílicos (ácidos), presentes na forma esterificada.

A pectina de alto metoxil (ATM) é aquela com grau de metoxilação (DM) superior a 50%, e forma géis com um conteúdo de sólidos solúveis acima de 60% e um pH em torno de 2,8 e 3,4. A pectina de baixo metoxil (BTM), com DM inferior a 50% tem a propriedade de formar géis termo-reversíveis, pela interação com cálcio em uma larga faixa de sólidos solúveis (10 a 80%) e pH (2,6-6,0) (BRASPECTINA).

Existem muitas teorias a respeito do mecanismo de geleificação de pectina de alto teor de metoxilação (ATM), porém há um consenso de que há a formação de uma rede, através da precipitação das pectinas, na presença de ácidos, água e açúcares, em quantidades apropriadas. Segundo RAUCH (1965), para se obter um ótimo grau de geleificação com pectinas ATM, a concentração de açúcar deve ser em torno de 67,5% e pH próximo de 3,2.

OAKENFULL & SCOTT (1984) investigaram o papel das interações hidrofóbicas entre os grupos metoxilas na geleificação de pectinas ATM utilizando diferentes temperaturas e solutos, concluindo que a rede de moléculas de polissacarídeos nos géis é estabilizada pela combinação dessas interações e pontes de hidrogênio; apesar da contribuição da interação hidrofóbica para energia livre de formação das zonas de junção ser metade da contribuição das pontes de hidrogênio, ela é essencial para a formação do gel, pois apenas a ponte de hidrogênio é insuficiente para transpor a barreira entrópica para geleificação.

RAO *et al.* (1993) estudaram mudanças reológicas durante a geleificação de dispersões de pectina de alto grau de metoxilação (0,5 e 1%) e frutose (60%) quanto ao efeito da temperatura e envelhecimento e constataram através dos dados do teste dinâmico de reologia durante aquecimento que tanto as pontes de hidrogênio como efeitos hidrofóbicos influenciam a estrutura do gel.

Devido ao fato da magnitude da interação hidrofóbica ser afetada pelo soluto usado e pela temperatura, a dureza do gel e grau do desenvolvimento da estrutura também são afetados por esses fatores (RAO & COOLEY, 1994 *citado por* THAKUR *et al.* (1997); OAKENFULL & SCOTT, 1984).

Segundo GROSSO (1992), a absorção de água pelo gel formado a partir de pectina ATM se deve à capacidade de hidratação do soluto, bem como da capacidade de interação do mesmo com a pectina, levando à exposição de grupos hidrofílicos. Quanto aos solutos utilizados, conclui que os géis com sorbitol mostraram maior dureza, seguido de gel formado com sacarose, e com frutose e glicose, estes com dureza equivalente.

Já a geleificação em pectinas de baixa metoxilação (BTM) resulta do acoplamento iônico via pontes de cálcio entre dois grupos carboxilas pertencentes a duas cadeias distintas em estreito contato. As interações entre íons Ca^{2+} e grupos carboxilas da pectina são descritas por um modelo de caixa de ovos envolvendo um processo de dois estágios de inicial dimerização e subsequente agregação de caixas de ovos pré-formadas (THAKUR *et al.*, 1997).

O cálcio é um ovo nos limites da caixa de ovos, que são as moléculas de pectina; como a quantidade de cálcio presente é elevada, o número de ligações aumenta, formando progressivamente seções mais compridas de ligações ou zonas de junção, causando inicialmente um engrossamento, porém o gel só será formado quando houver zonas de junção suficientes para construir uma matriz de 3 dimensões. Até determinado nível de cálcio o gel é forte e elástico, mas além

desse ponto ocorrem ligações excessivas entre as moléculas causando contração e aproximação, levando à sinerese (SIGUEMOTO, 1991).

EL-NAWAWI & HEIKAL (1995) investigaram os fatores que afetam a produção de géis de pectina de baixa metoxilação, a fim de obter condições ótimas para a formação de géis com alta firmeza e dureza, com uma faixa de elasticidade e livre de sinerese, chegando aos seguintes resultados: pH de 3 a 3,6; 35 a 45 mg Ca^{2+} /g pectina; 1% de pectina e 20 a 30% de sacarose.

2.3. Processos de fabricação

São três os tipos de processo utilizados na produção de geléia: cocção à pressão atmosférica, cocção a vácuo e processo contínuo.

2.3.1. Cocção à pressão atmosférica ou em tachos abertos

O processo à pressão atmosférica, amplamente difundido, utiliza normalmente tachos abertos com camisa de vapor e agitador mecânico. O tempo de aquecimento deve ser controlado, de preferência na faixa de 8 a 12 minutos, pois períodos longos causam a caramelização do açúcar, com conseqüente escurecimento do produto, além de excessiva inversão da sacarose, grande perda de aromas, degradação da pectina e gastos desnecessários de tempo e energia; já um período muito curto de cocção pode resultar em pouca ou nenhuma inversão da sacarose e absorção incompleta do açúcar pela fruta, causando durante o armazenamento destruição do gel e diminuição da concentração de sólidos solúveis do produto (JACKIX, 1988).

Assim, para se aumentar a produção da linha é recomendável o uso de uma bateria de tachos ao invés de tachos com grande volume, uma vez que neste

último caso a transferência de calor é prejudicada e o tempo de cocção torna-se prolongado (JACKIX, 1988).

2.3.2. Cocção a vácuo

Na cocção a vácuo os tachos com camisa de vapor são fechados e conectados a uma bomba de vácuo, possibilitando que o processo ocorra a baixas temperaturas. Desse modo, a cocção a vácuo possui as seguintes vantagens:

- Processamento de bateladas maiores de geléia sem que ocorra caramelização;
- Melhor conservação das características sensoriais da fruta;
- Redução do grau de hidrólise da pectina durante a cocção, o que permite a sua adição entre 5 a 10% a menos que nos processamentos em tachos abertos (CETEC, 1985)

Outra vantagem apontada por SCHOLEY (1969), é o fato da baixa pressão remover grande parte do ar incluso nos tecidos da fruta, o qual é substituído por xarope quando a pressão retorna à atmosférica, garantindo assim uma melhor distribuição dos sólidos solúveis na geléia.

Porém, esse tipo de processo apresenta desvantagens em relação ao método tradicional como custo elevado de instalação, necessidade de aparelhos precisos de controle, maior dificuldade quanto à limpeza da linha e necessidade do uso parcial de xarope de açúcar invertido ou xarope de milho, uma vez que devido à baixa temperatura o grau de inversão da sacarose é pequeno (JACKIX, 1988).

2.3.3. Processo contínuo

O princípio básico do processo contínuo de produção de geléia é que os ingredientes são sucessivamente adicionados à polpa de fruta, enquanto esta é continuamente bombeada através de uma série de trocadores de calor (SCHOLEY, 1969).

Foi descrita uma linha em funcionamento na Suécia de produção contínua de geléia: nesse processo a fruta, o açúcar e a pectina são automaticamente medidos em tanques horizontais de mistura, que possuem um agitador que opera cuidadosamente. Dois tanques são abastecidos e esvaziados alternadamente, sendo o controle efetuado por um painel central. Ocorre um pré-aquecimento nos tanques de mistura e o produto é então bombeado para três trocadores de calor de superfície raspada em série, onde é aquecido por vapor chegando rapidamente a 95°C. O produto passa então por um tubo serpentina por 3 minutos a fim de permitir a penetração de açúcar e ingredientes antes de seguir para outro trocador de calor para resfriamento, atingindo temperatura adequada de enchimento. O ajuste de pH é feito automaticamente antes da etapa de enchimento (JAM..., 1979)

PONTING *et al.* (1958) descreveram um processo contínuo de fabricação de geléias a partir de suco de fruta concentrado, constituindo basicamente na mistura de três vazões dimensionadas: xarope de açúcar, solução de pectina e suco concentrado. No processo apenas o xarope foi aquecido a alta temperatura, sendo misturado à solução fria de pectina (o que evita sua degradação) e ao suco já contendo aroma e ácido. Como há um abaixamento da temperatura para 76,7°C, o produto é aquecido no momento de envase até 82,2°C, temperatura essa que não provoca a queima do mesmo. Assim, um dos benefícios apontados pelos autores quanto à utilização de suco concentrado é a redução na perda da cor devido ao aquecimento prolongado das geléias, que apresentaram cor mais brilhante que aquelas obtidas pelo processo convencional.

MADRID (1983) enumera as seguintes vantagens para o processo contínuo:

- Trata-se de um sistema capaz de evitar a oxidação do produto, acarretando em melhoria na sua qualidade sensorial, principalmente quanto a cor e sabor;
- Menor consumo de energia em comparação ao sistema tradicional;
- A limpeza pode ser feita através do sistema CIP, evitando a desmontagem da linha;
- Uniformidade do produto.

Além disso, outro fator de extrema importância a ser considerado é a diminuição das perdas nutricionais da fruta devido ao rápido tratamento térmico sofrido pelo produto, quando comparado ao método tradicional, considerando que o processo de concentração do suco como etapa prévia ao processo contínuo seja realizado sob vácuo e portanto a temperaturas mais baixas daquelas às quais o produto é submetido no processo à pressão atmosférica.

3. ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS

3.1. Definição

A Secretaria de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde, através da Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998, define como “Alimentos para Fins Especiais” os alimentos especialmente formulados ou processados, nos quais se introduzem modificações no conteúdo de nutrientes, adequados à utilização em dietas diferenciadas e ou opcionais, atendendo às necessidades de pessoas em condições metabólicas e fisiológicas específicas (BRASIL, 1998).

Os “Alimentos para Fins Especiais” classificam-se em três grupos, sendo eles: alimentos para dietas com restrição de nutrientes, alimentos para ingestão controlada de nutrientes e alimentos para grupos populacionais específicos (BRASIL, 1998).

No caso de alimentos para dietas com restrição de açúcares, sejam eles sacarose, frutose e ou glicose, bem como outros mono e dissacarídeos, estes podem conter no máximo 0,5 g do nutriente em referência por 100 g ou 100 mL do produto final a ser consumido (BRASIL, 1998).

Quanto aos alimentos para dietas de ingestão controlada de açúcares é permitida a presença dos açúcares naturalmente existentes nas matérias-primas utilizadas (BRASIL, 1998).

3.2. Uso da frutose em alimentos dietéticos

O monossacarídeo D-frutose, é também conhecido como açúcar de fruta ou levulose, por ser altamente levorotatória. É a única cetose que ocorre em grande quantidade na natureza, principalmente em frutas e mel (BOBBIO & BOBBIO, 1989).

A frutose pode ser obtida pela isomerização enzimática de soluções de dextrose pura ou extraída de plantas. Industrialmente é obtida através de técnicas cromatográficas e de troca iônica, promovendo as etapas de inversão, desmineralização e separação necessárias para isolar a frutose da solução de açúcar invertido (OSBERGER & LINN, 1978) (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996). Outra maneira é promover a hidrólise (inversão) ácida ou enzimática (invertase) e subsequente oxidação enzimática (glicose oxidase) da glicose a ácido glucônico, cuja cristalização a gluconato de sódio permite sua retirada da solução (OSBERGER, 1986).

A frutose possui as seguintes propriedades: alta solubilidade em água (evitando cristalização no armazenamento de alimentos); alta higroscopicidade; suas soluções são menos viscosas que as da sacarose e em relação a esta se decompõe mais facilmente a altas temperaturas; ressalta o sabor de frutas e ácidos; reduz a atividade de água, auxiliando no controle do desenvolvimento microbiano; tem alto poder adoçante, sendo o mais doce de todos os açúcares naturais com grau de doçura igual a 1,2 em relação à sacarose, à qual é atribuído o valor 1 de doçura (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

Do ponto de vista de metabolismo, a frutose pode ser administrada a pessoas portadoras de Diabetes Mellitus, já que é metabolizada independentemente da insulina, não ocasionando alterações bruscas na glicemia. O aumento dos níveis de glicose sanguínea ocasionado pela ingestão de frutose é cerca de 80% inferior ao observado pela ingestão de glicose. Deve-se ressaltar porém que sua ingestão não deve ultrapassar a dose de 0,5-1g/dia/Kg de peso corpóreo para pessoas diabéticas (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

De acordo com DWIVEDI (1986), pelo fato do transporte e dos passos iniciais do metabolismo da frutose serem insulino-independentes, esta apresenta uma significativa vantagem em relação à sacarose e à glicose quanto à administração a pessoas diabéticas.

BOHANNON *et al.* (1980) investigaram a ingestão de sacarose, glicose e frutose em humanos, em doses de 100g em três dias diferentes, e compararam seus efeitos quanto às respostas endócrinas, chegando às seguintes conclusões: a frutose diminuiu significativamente a resposta à insulina e limitou ou abrandou a elevação de glicose no sangue; quanto aos níveis de triglicerídeos, não houve diferença significativa entre a frutose e a sacarose, mas aumentaram depois da ingestão de frutose comparativamente à glicose.

Comparando a frutose com a sacarose, a ingestão da primeira pode resultar em menor nível de glicose e diminuição da resposta à insulina em adultos

com Diabetes Melittus, podendo ser usada em pequenas quantidades. Entretanto, por ser um adoçante calórico (4 kcal/g) e totalmente assimilado, os produtos adoçados com frutose podem representar uma contribuição calórica significativa e deve ser levada em conta quando uma dieta é planejada. Além disso, quando consumida em quantidades maiores que 75 g/dia pode causar diarreia osmótica (APPROPRIATE..., 1987).

Nos EUA a frutose consta na lista GRAS, não existindo nenhuma evidência que constitui um risco para a população em níveis normais de consumo, a não ser por contribuir para cárie dental (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

4. PROCESSO ENZIMÁTICO

4.1. Definição de enzimas

Enzimas são catalisadores biológicos que atuam acelerando as reações químicas. São específicas, efetivas em pequenas quantidades e reagem sob moderadas condições de temperatura e pH. Derivam de fontes naturais e podem ser prontamente inativadas após uma reação desejada (JAMES & SIMPSON, 1996).

Quimicamente as enzimas são proteínas com uma estrutura química especial, contendo um centro ativo, a apoenzima, e às vezes um grupo não protéico, chamado coenzima, sendo toda molécula denominada haloenzima (BOBBIO & BOBBIO, 1989)

Ao contrário de catalisadores inorgânicos, as enzimas são altamente específicas, catalisando a transformação de apenas um substrato ou o mais marcante de um pequeno grupo de componentes afins ou uma ligação específica.

Durante a catálise, a enzima forma um complexo transiente com o substrato, o qual pode se decompor formando enzima livre e produto.

Possuem vantagens econômicas no uso industrial, uma vez que reagem sob condições moderadas de pH e temperatura, reduzindo custos de energia, além do fato de serem efetivas em pequenas quantidades (JAMES & SIMPSON, 1996).

Industrialmente são classificadas em três grupos: hidrolases, oxidoredutases e isomerases.

4.2. Enzimas utilizadas no estudo

Por serem derivadas de plantas, animais ou fontes microbianas as enzimas são consideradas como componentes naturais e não tóxicos e preferidos a substâncias químicas no auxílio no processamento de alimentos (JAMES & SIMPSON, 1996).

Nos EUA o uso de enzimas em alimentos é regulamentado pelo “US Food and Drug Administration” (FDA), que lista substâncias permitidas utilizadas no processamento de alimentos ou adicionadas a alimentos como aditivos, segundo o capítulo 21 do Código de Regulamentação Federal Americano (21 CFR). O FDA também aprova enzimas como auxiliadoras de processo, concedendo a posição de GRAS (geralmente reconhecidos como seguros).

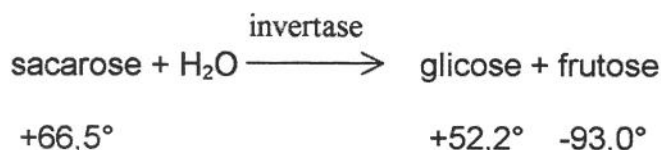
Na União Européia todas as enzimas, com exceção da lisozima, são consideradas como ajudantes de processo, sendo aprovado o uso intencional em alimentos ou processamento (MEYER & ISAKSEN, 1995).

Segundo a legislação brasileira, as enzimas são consideradas coadjuvantes de tecnologia, não necessitando declaração no rótulo.

4.2.1. Invertase

A enzima β -fructofuranosidase (β - D- fructofuranosidase fructohidrolase, EC 3.2.1.26) pertence ao grupo das hidrolases, e atua sobre a sacarose, hidrolisando-a em glicose e frutose.

A reação catalisada pela enzima, com os respectivos valores de rotação dos compostos é mostrada abaixo:



Devido à inversão de rotação (+66,5° para -20,5°) da solução durante a reação, a enzima recebeu o nome de invertase (WHITAKER, 1972).

O produto da hidrólise da sacarose, uma mistura de glicose e frutose 1:1 é chamado açúcar invertido (WISEMAN, 1987). A hidrólise também pode ser feita pela ação de ácidos, resultando em um produto de coloração mais escura devido às drásticas condições de pH e temperatura da reação (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

A invertase é usualmente derivada de microrganismos como *Aspergillus niger*, *Aureobasidium pullulans* (YUN *et al.*, 1994) e *Saccharomyces cerevisiae* (WISEMAN, 1987).

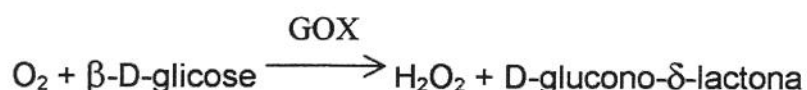
Atualmente a invertase é utilizada na preparação de balas com recheio mole, adicionada ao confeito que é coberto com chocolate, hidrolisando parcialmente a sacarose a glicose e frutose após um determinado tempo (JAMES & SIMPSON, 1996). Também pode ser utilizada juntamente com a glicose oxidase na produção de fructo-oligossacarídeos (FOS) de alto teor, que são adoçantes

com excelentes vantagens funcionais em alimentos, como anti-diabetes e baixas propriedades cariogênicas (YUN *et al.*, 1994).

4.2.2. Glicose oxidase

Glicose oxidase (GOX ou GOD, EC 1.1.3.4, β -glicose: oxigênio 1-oxidoreductase), classificada como oxidoreductase, catalisa a formação de peróxido de hidrogênio e D-glucono- δ -lactona a partir de β -D-glicose e oxigênio molecular em uma reação de transferência de dois elétrons (FUGLSANG *et al.*, 1995).

A reação está representada abaixo:



A D-gluconolactona se hidrolisa espontaneamente a ácido glucônico, enquanto o peróxido de hidrogênio é usualmente esgotado para água e oxigênio através de catálise (GARZILLO *et al.*, 1995).

Foi descoberta em 1928 por Müller em *Aspergillus niger* e *Penicillium glaucum* (WHITAKER, 1972). Atualmente GOX é produzida, para uso industrial, empregando-se culturas selecionadas de *Aspergillus niger* e *Penicillium amagasakiense* (CRUEGER & CRUEGER, 1990), e estudos estão sendo realizados quanto à seleção e melhoramento de outras culturas para sua

obtenção, como *Penicillium variable* P16 (PETRUCCIOLI & FEDERICI, 1993; GARZILLO *et al.*, 1995).

A glicose oxidase possui várias aplicações na indústria alimentícia, sendo utilizada geralmente em conjunto com a catalase. A enzima pode ser empregada como: antioxidante em alimentos (MEYER & ISAKSEN, 1995), prevenindo alterações na cor e sabor durante o processo, transporte e estocagem; para promover a desoxigenação de suco de laranja anteriormente à pasteurização (DUXBURY, 1993); remoção de glicose residual em ovo no processo de desidratação, evitando a ocorrência de escurecimento não enzimático (reação de Maillard) (MAROLIA & D'SOUZA, 1994); aumento na proporção de frutose em relação à glicose em Mosto Concentrado Retificado de Frutose, através da conversão de glicose a ácido glucônico (GALVEZ *et al.*, 1994); determinação enzimática de glicose, entre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPROPRIATE use of nutritive and non-nutritive sweeteners: technical support paper. **Journal of The American Dietetic Association**, v. 87, n. 12, p. 1690-1694, 1987.
- BLEINROTH, E. W., FIGUEIREDO, I. B., VEIGA, A. A., SOARES, N. B., MEDINA, J. C., SABINO, J. C. Avaliação de novas cultivares de manga para industrialização. I. Análise das características físico-geométricas e químicas da matéria-prima. **Boletim do ITAL**, v. 22, n. 2, p. 207-216, Campinas, 1985.
- BOBBIO, P.A., BOBBIO, F.O. **Introdução à química dos alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1992, 223 p.
- BOHANNON, N. V., KARAM, J. H., FORSHAM, P. H. Endocrine responses to sugar ingestion in man. **Journal of The American Dietetic Association**, v. 76, p. 555-560, 1980.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Brasilian Fruits: An Illustred Guide for Importes**. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Rural - SDR - Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais (FRUPEX), 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual do Diabetes**. 2 ed. Brasília, Secretaria de Assistência à Saúde, 1993, 92 p.

_____. Portaria nº 29, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 15 de janeiro de 1998.

BRASPECTINA. **Catálogo**.

CÂNDIDO, L. M. B., CAMPOS, A M. **Alimentos para fins especiais**. São Paulo: Varela, 1996, 423 p.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Manual para fabricação de geléias**. Belo Horizonte, 1985, 42 p. (Série Publicações Técnicas / SPT-015).

CRUEGER, A., CRUEGER, W. Glucose-transforming enzymes. In: FOGART, W. M., KELLY, C. T. (ed.) **Microbial Enzymes and Biotechnology**. London: Elsevier Applied Science, 1990, p.177-226.

DA SILVA, J. A. L., RAO, M. A. Rheology of structure development in high-methoxyl pectin/sugar systems. **Food Technology**, v. 49, n. 10, p. 70, 72, 73, 1995.

DESROSIER, N. W. **Conservación de alimentos**. 1. ed. México: Compañía Editorial Continental, 1964. 468 p.

DUXBURY, D. D. New enzymes enhance mechanical processing. **Food Processing**, p. 65, 1993.

DWIVEDI, B. K. Food products for special dietary needs. In: DWIVEDI, B. K. **Low calorie and special dietary foods**. CRC Press, 1978, p. 1-22.

EL-NAWAWI, S. A., HEIKAL, Y. A. Factors affecting the production of low-ester pectin gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, n. 3, p. 189-193, 1995.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization. **Codex Alimentarius – Processed and quick frozen fruits and vegetables**. Codex standard for jams (fruit preserves) and jellies (codex stan 79-1981). Rome, 1994, v.5A.

FUGLSANG, C. C., JOHANSEN, C., CHRISTGAU, S., ADLER-NISSEN, J. Antimicrobial enzymes: applications and future potential in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, n. 12, p. 390-396, 1995.

GARZILLO, A. M. V., DI PAOLO, S., FENICE, M., PETRUCCIOLI, M., BUONOCORE, V., FEDERICI, F. Production, purification and characterization

of glucose oxidase from *Penicillium variable* P16. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 169-178, 1995.

GALVEZ, J. A., PIA, J. M., ERCOLI, E. C. High fructose rectified concentrate must. **Starch / Stärke**, v. 46, n. 5, p. 197-199, 1994.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1986. p 233-239.

GROSSO, C. R. F. **Efeito de diferentes açúcares, pectinas e ligações de água na formação de géis pécticos**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1992. 138p. Tese (Doutorado).

HULME, A C. The biochemistry of fruit and their products. London: Academic Press, 1970, v. 2, 788 p.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1997, v.57.

JACKIX, M. N. H. **Doces, geléias e doces em calda**. Campinas: Editora da Unicamp, 1988. 172 p.

- JAMES, J., SIMPSON, B. K. Application of enzymes in food processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 36, n. 5, p. 437-463, 1996.
- JAM for Sweden's largest food organisation. **Food Processing Industry**, p. 48, 49, 51, 1979.
- MADRID, A. Produzione in continuo di confetture e gelatine di frutta. **Industrie alimentari**, p.111-115, 1983.
- MAROLIA, K. Z., D'SOUZA, S. F. Removal of glucose from hen egg using glucose oxidase and catalase co-immobilized in hen egg white foam matrix. **Journal of Food Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 153-155, 1994.
- MEDINA, J. C., BLEINROTH, E. W., DE MARTINS, Z. J., QUAST, D. G., HASHIZUME, T., FIGUEIREDO, N. M. S., CANTO, W. L., BICUDO NETO, L. C.. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 1981 (Série Frutas Tropicais n. 8).
- MEYER, A. S., ISAKSEN, A. Application of enzymes as food antioxidants. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 300-304, 1995.
- MURALIKRISHNA, G., TARANATHAN, R. N., Characterization of pectin polyssaccharides from pulse husks. **Food Chemistry**, v.50, n.87, 1994. *Citado*

por THAKUR, B. R., SINGH, R. K., HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 37, n.1, p. 47-73, 1997.

NEVES FILHO, L. G. Alimentos resfriados e congelados. In: **XIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, 1994, p. 12-19.

OAKENFULL, D., SCOTT, A. Hydrofobic interaction in the gelation of high methoxyl pectins. **Journal of Food Science**, v. 49., n. 4, p. 1093-1098, 1984.

OSBERGER, T. F. Pure crystalline fructose. In: NABORS, L. O, GELARDI, R. C. **Alternative sweeteners**. New York: Marcel Dekker Inc., 1986, p. 245-275.

OSBERGER, T. F., LINN, H. R. Pure fructose and its applications in reduced-calorie foods. In: DWIVEDI, B.K. **Low calorie and special dietary foods**. CRC Press, 1978, p. 115-123.

PETRUCCIOLI, M., FEDERICI, F. Glucose oxidase production by *Penicillium variable* P16: effect of medium composition. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 75, p. 369-372, 1993.

- PONTING, J. D., SANSHUCK, D. W., BREKKE, J. E. Continuous jelly manufacture. **Food Technology**, v. 12, n. 5, p. 252-254, 1958.
- RAO, M. A., COOLEY, H. J. Influence of glucose and fructose on high methoxyl pectin gel strenght and structure development. **Journal of Food Quality**, v. 17, n. 21, 1994.
- RAO, M. A., VAN BUREN, J. P., COOLEY, H. J. Rheological changes during gelation of high-methoxyl pectin/fructose dispersions: effect of temperature and aging. **Journal of Food Science**, v.58, n. 1, p. 173-185, 1993.
- RAUCH, G. H. Jam manufacture. 2 ed. London: Leonard Hill Books, 1965, 191p.
- ROE, B., BRUEMMER, J. H. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangos. **Journal of Food Science**, v. 16, p. 187-189, 1981.
- SÃO PAULO. Governo do Estado. Decreto nº 12.488, 20/10/1978. Aprova normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas do Estado de São Paulo. **Diário Oficial**, Estado de São Paulo, 20 de outubro de 1978, 42 p.
- SCHOLEY, J. Recent developments in jam manufacture. **Food Manufacture**, v. 44, n. 11, p. 41-43, 1969.

- SIGUEMOTO, A. T. Propriedades de pectina – Braspectina. In: SOLER, M.P. (coord.) **Industrialização de geléias**. Manual técnico nº 7. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 1991. p. 48-63.
- SIQUEIRA, D. L., BOTREL, N., CARVALHO, V. D., RAMOS, V. H. V., COUTO, F.A. D. Características físicas e químicas de frutos de vinte cultivares de mangueira (*Mangífera indica* L.) em Uberaba –MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 10, n. 2, p. 49-54, 1998.
- SOLER, M. P. Processamento industrial. In: SOLER, M. P. (coord.) **Industrialização de geléias**. Manual técnico nº 7. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. p. 1-20.
- SOUZA FILHO, M. S. M., NASSU, R. T., BRANDÃO, M. C. C., MACHADO, T. F., SOUZA, P. H. M. Obtenção de produto de umidade intermediária através da desidratação osmótica de manga. **Anais do Simpósio “Avanços Tecnológicos na Agroindústria Tropical”**. Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 1998, p. 101-105.
- SOUZA, S. J. F.; PINHEIRO, A. J. R., PINHEIRO, R. V. R., GOMES, J. C., SOUZA, A. C. G., CHAVES, J. B. P. Comparação de onze variedades de jmanga produzidas em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo natural e a elaboração de geléias. **Ceres**, v. 31, n. 178, p. 465-478, nov./dez. 1984, Viçosa.

STAFFORD, A. E. Mango. In: CHAN, H. T. J. (ed) **Handbook of tropical foods**. New York: Marcel Dekker, 1983, p.399-431.

THAKUR, B. R., SINGH, R. K., HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 37, n. 1, p. 47-73, 1997.

VISSOTTO, F. Z., LUCCAS, V. (coord.). **Seminário: produtos diet e light**. Cereal Chocotec (Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate) - Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas, junho 2000.

WHITAKER, J. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York: Marcel Dekker, , 1972, 636 p.

WISEMAN, A. **Handbook of enzyme biotechnology**. 2. ed. England, 1987, p. 335-336.

YUN, J. W., LEE, M. G., SONG, S. K. Batch production of high-content fructo-oligosaccharides from sucrose by the mixed-enzyme system of β -fructofuranosidase and glucose oxidase. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, v. 77, n. 2, p. 159-163, 1994.

CAPÍTULO II

Obtenção e caracterização de suco de
manga (variedade Keitt) para utilização
no processamento de geléia

RESUMO

Manga da variedade Keitt, proveniente da região de Votuporanga-SP, foi processada em planta piloto, para obtenção de suco simples pasteurizado, visando sua utilização na produção de geléia. Foram realizadas caracterizações físico-geométrica da matéria-prima (comprimento, peso, densidade, porcentagens de casca, de semente e de polpa), química (pH, sólidos solúveis, acidez total titulável, umidade, pectina, açúcares redutores e totais, ácido ascórbico, cinzas, fibra dietética, umidade) e microbiológica (contagem total de mesófilos, bolores e leveduras, coliformes) do suco, bem como avaliação do rendimento do processo de extração. Os resultados obtidos da caracterização da matéria-prima e do suco mostraram coerência com os valores citados na literatura. O fruto apresentou um peso médio de 431 g e 10,65 cm de comprimento. Quanto às principais características químicas, o suco apresentou pH 4,2, porcentagem de sólidos solúveis de 15°B e 12,6% de açúcares totais. O alto valor de teor de polpa encontrado (82,5%) indica que a variedade escolhida é vantajosa para o processamento de suco. A avaliação microbiológica indicou que tanto o processamento, como o envase e armazenamento foram conduzidos sob condições adequadas, evitando o crescimento microbiano após um ano de estocagem.

SUMMARY

Mangoes of the Keitt variety, from the region of Votuporanga, state of São Paulo, were processed on a pilot plant scale to obtain whole pasteurized juice. A physico-geometrical characterization of the raw material was carried out (length, weight, density, percentage of peel, seed and pulp), as well as chemical (pH, soluble solids, titratable acidity, pectin, reducing sugar, total sugar, ascorbic acid, ash, fiber and moisture content) and microbiological analysis of the juice, and a yield assessment of the extraction process. The characterization of the raw material (431 g, 10.65 cm) and juice (pH 4.2, 15°B, 12.6% total sugar) was consistent with the values mentioned in the literature. The high content of fruit pulp found (82.5%) shows that the variety chosen was advantageous for juice processing. The microbiological evaluation showed that the processing, as well as the bottling and storage, were done under appropriate conditions, avoiding microbial growth during one year of storage.

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.), devido a seu sabor exótico e valor nutritivo, principalmente quanto aos teores vitamina A e C (STAFFORD, 1983), é uma das frutas tropicais mais populares do mundo.

No Brasil a manga possui um importante espaço dentre a produção frutícola, sendo o Nordeste a maior região produtora. Segundo dados do IBGE, a produção nacional de manga aumentou de 1.575.523 toneladas em 1992 para 1.728.302 (ton) em 1994 e 1.823.917 (ton) em 1995, fazendo do Brasil um dos maiores produtores mundiais (IBGE, 1994, 1997). Em contrapartida, chega-se a perder até 50% da produção nacional de manga segundo NEVES FILHO (1994).

A manga, além de ser bastante apreciada em sua forma *in natura*, também é consumida através de seus produtos industrializados. Dentre eles pode-se citar *chutney*, suco, nectar, sorvete, doce em calda e em massa, e geléia. Assim, é de extrema importância o conhecimento das características físicas, físico-químicas e rendimento das variedades para seu destino, seja como fruta de mesa ou para os diferentes tipos de processamento.

Quanto à sua composição centesimal, o teor de carotenóides presentes na manga aumenta de acordo com a maturação, conferindo a cor amarela do fruto maduro e aumentando conseqüentemente o teor de vitamina A, já que o β -caroteno é seu precursor. Já no caso do ácido ascórbico (vitamina C) ocorre um decréscimo do teor com o amadurecimento, podendo chegar até 50% de perdas do teor de um fruto verde para um fruto maduro (MEDINA *et al.*, 1981).

Com o amadurecimento também ocorrem modificações na pectina, sendo esta a principal transformação química sofrida pela manga durante esse período. A pectina sofre degradação, com redução do tamanho molecular e esterificação,

causando um aumento do teor de pectinas solúveis e conseqüente amolecimento do fruto (MEDINA *et al.*, 1981)(ROE & BRUEMMER, 1981).

A porcentagem de açúcares totais, assim como as demais características químicas e químicas da matéria-prima, varia de acordo com a variedade, estágio de maturação da fruta, e condições ambientais, como clima e solo. Dentre eles a sacarose apresenta os maiores teores, seguida pela frutose e glicose (MEDINA *et al.*, 1981).

Os ácidos orgânicos que estão presentes em maior quantidade na manga, são o cítrico e o málico. De forma geral a acidez total é expressa em porcentagem de ácido cítrico (MEDINA *et al.*, 1981).

Os principais minerais presentes na manga são cálcio, magnésio, potássio, silício, fósforo e ferro, variando de 0,26 a 1,16% na composição (MEDINA, 1981).

BLEINROTH *et al.* (1985) avaliaram 22 cultivares de manga para industrialização, onde foram determinados a produtividade, as características físico-geométricas, rendimento e análise química. Os autores concluíram que as cultivares Joe Welch, Rubi, Smith e Keitt satisfizeram as exigências quanto aos quesitos produtividade, rendimento e qualidade da polpa quanto à sua análise química. Os frutos da variedade Keitt apresentaram produção média de 283 frutos por planta em três anos de análise, sendo classificada como boa; comprimento de 11,49 cm, peso de 472,84 g e 68,4% de polpa. Quanto às características químicas, os valores encontrados foram: pH 3,69, 14,1°B, 0,57% ácido cítrico, 15,49% de sólidos totais, 3,72% açúcares redutores, 11,30% açúcares totais, 58mg/100g de ácido ascórbico, 1,45% de fibras e 0,96% de pectina.

O quadro 1 mostra a caracterização química de manga Keitt descrita por dois autores.

Quanto às características físicas do fruto, a manga da variedade Keitt tem peso entre 400 e 450g, forma oval-alongada, base inclinada para o lado dorsal, pedúnculo inserido para o mesmo lado, casca grossa, firme, de cor básica amarelo-esverdeada, com laivos róseos e com pequenas e numerosas lenticelas amarelas a avermelhadas, polpa firme de cor amarelo-ovo (BLEINROTH *et al.*, 1985).

QUADRO 1 - Caracterização química de manga Keitt realizada por diferentes autores

Características	BLEINROTH <i>et al.</i>	SIQUEIRA <i>et al.</i>
	(1985)	(1988)
pH	4,24	3,69
Sólidos Solúveis (° Brix)	17,8	14,10
Acidez Total (% ácido cítrico)	0,28	0,57
Açúcares Redutores (%)	—	3,72
Açúcares Totais (%)	—	11,30
Fibras (%)	—	1,45
Vitamina C (mg/100g)	—	58
Pectina (%)	—	0,96

O presente trabalho teve como objetivo o processamento de suco de manga da variedade Keitt e sua caracterização química e microbiológica, bem como a caracterização físico-geométrica da matéria-prima, visando seu consumo direto ou utilização como matéria-prima em outros produtos industrializados, como geléia.

MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

A matéria-prima utilizada, manga da variedade Keitt, em estado de maturação entre de vez e madura, foi adquirida no Ceasa da cidade de Campinas-SP, proveniente da região de Votuporanga-SP, em março de 1998.

2. MÉTODOS

2.1. Caracterização físico-geométrica do fruto

As análises físicas da matéria-prima foram feitas em 30 frutos retirados ao acaso do lote total processado, com exceção da densidade, onde foram tomados 03 frutos.

- Peso (g): em balança semi-analítica;
- Comprimento (cm): através de paquímetro;
- Densidade real (g/cm^3): através da leitura do deslocamento de água em proveta de 500 mL pela fruta (200g em cubos), obtendo-se o valor da densidade real pela divisão do peso da amostra pelo volume de líquido deslocado (CARDOSO, 1994);
- Porcentagem de casca, de semente e de polpa: foram determinadas as porcentagens de casca e de semente através do peso individual dos 30 frutos tomados do lote, enquanto que a porcentagem de polpa foi obtida pela diferença do peso total e da somatória dos pesos totais de casca e semente.

2.2. Processamento do suco

O processamento do suco de manga foi realizado na planta piloto de Frutas, Hortaliças e Produtos Açucarados, nas instalações do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos, seguindo as etapas propostas por GEIDA (1979):

- Inspeção, seleção e lavagem das frutas;
- descascamento e retirada do caroço manualmente;
- obtenção da polpa em triturador de facas tipo Reitz com peneira de 9,5 mm;
- extração e acabamento do suco em finisher, malha 0,8 mm;
- tratamento térmico a temperatura de 85° por 3 minutos em tacho aberto de camisa dupla.
- acondicionamento em latas de 1Kg e recravação das latas (recravadeira DIXIE CANNER CO);
- armazenamento em câmara frigorífica a -20°C.

2.3. Caracterização química do suco

A caracterização química foi realizada em triplicata, no suco simples pasteurizado e congelado, com exceção do pH e sólidos solúveis, determinados logo em seguida ao processamento.

2.3.1. Sólidos solúveis

A determinação do teor de sólidos foi realizada em refratômetro Carl Zeiss (JENA), método 13.6.1 do INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976), sendo feitas as correções das leituras de acordo com a temperatura.

2.3.2. pH

A determinação do pH foi feita em pHmetro Micronal modelo B374, método 13.010, AOAC (1984).

2.3.3. Acidez total titulável

A acidez total titulável foi quantificada através do método 942.15, AOAC (1997), e expressa em % de ácido cítrico anidro.

2.3.4. Umidade

O teor de umidade do suco foi determinado utilizando estufa a vácuo a 70°C até peso constante, método 920.151, AOAC (1997)

2.3.5. Pectina

O teor de pectina do suco foi determinado através de metodologia citada por BLUMENKRANTZ & ASBOE-HANSEN (1973), baseada na determinação de ácido urônico com meta-hydroxy-diphenyl.

2.3.6. Açúcares redutores e totais

Os teores de açúcares redutores e totais foi determinado através dos métodos 4.13.2 e 4.13.3, INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976).

2.3.7. Fibra

O teor de fibra dietética presente no suco simples de manga foi determinado através do método de detergência, com extração da fibra com detergente-ácido a quente, descrito por GOERING & VAN SOEST (1970), o qual inclui celulose e lignina.

2.3.8. Vitamina C

O teor de vitamina C do suco foi determinado através do método que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol indofenol-sódico pelo ácido ascórbico, AOAC (1984), modificado por BENASSI (1990), que substitui o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico. O preparo da amostra foi realizado de acordo com SILVA (1999), da seguinte forma: diluição de 20 g de amostra a 100 mL com ácido oxálico, seguida de agitação sob refrigeração (7-8°C/15 minutos) com proteção de luz.

2.3.9. Cinzas

O teor de cinzas foi analisado de acordo com o método 13.013, AOAC (1984) em mufla ARTLAB.

2.4. Avaliação microbiológica do suco

2.4.1. Contagem total

A contagem total de mesófilos aeróbicos foi realizada segundo metodologia citada por SILVA & JUNQUEIRA (1995).

2.4.2. Bolores e leveduras

A contagem de bolores e leveduras foi realizada segundo metodologia proposta por VANDERSANT & SPLITSTTOESSER (1992).

2.4.3. Coliformes

A análise de coliformes foi realizada segundo metodologia proposta por VANDERSANT & SPLITSTTOESSER (1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Caracterização físico-geométrica

O processo de obtenção de suco em planta piloto apresentou um rendimento de 50,33%, abaixo do rendimento industrial devido à improvisação de equipamentos, pela inexistência dos mais adequados para este fim.

Os resultados da caracterização físico-geométrica da matéria-prima estão apresentados na tabela 1. Os resultados foram comparados com estudos da literatura que utilizaram frutos da variedade Keitt.

Deve-se ressaltar que ao comparar a caracterização da matéria-prima com resultados de outros estudos, os frutos, inclusive da mesma variedade, podem apresentar diferenças devido a outros fatores como condições climáticas e de solo existentes nas diferentes regiões de cultivo (PINTO *et al.*, 1981).

TABELA 1: Valores médios e desvio padrão das análises físico-geométricas de manga Keitt

Características	Média	Desvio padrão
Peso (g)*	431,00	155,04
Comprimento (cm)*	10,65	1,34
Densidade (g/cm ³)**	0,509	0,004
% Carozo*	6,54	—
% Casca*	10,93	—
% Polpa*	82,53	—

* análises feitas em 30 frutos

** análise feita em 03 frutos

Os resultados da tabela 1 mostram um valor alto do desvio padrão para o peso e comprimento dos frutos, indicando um lote bastante heterogêneo. Como a matéria-prima foi destinada à obtenção de suco em planta piloto, o tamanho e peso sem padronização não acarretaram problema ao processamento.

O peso médio dos frutos não se distancia muito dos valores encontrados por SIQUEIRA *et al.* (1988), 379,0 g e BLEINROTH *et al.* (1984), 472,84 g; porém é bem menor que o valor 799,18 g citado por KATO *et al.* (1976).

Assim como o peso, o valor encontrado para o comprimento dos frutos no presente trabalho (tabela 1) é próximo ao valor 11,49 cm encontrado por BLEINROTH *et al.* (1984), porém menor do que 13,98 cm citado por KATO *et al.* (1976).

Comparando-se os valores de porcentagem de polpa de manga Keitt citados na literatura, 78,95% (HERNANDEZ & BENERO, 1982, citado por BLEINROTH *et al.*, 1984), 77,0% (SIQUEIRA *et al.*, 1988), 68,39% (BLEINROTH *et al.*, 1984), a porcentagem de polpa obtida neste trabalho (tabela 1) apresenta um valor bastante elevado, sobretudo quando comparado ao de outras variedades como Espada, 51,8% e Bourbon, 54,2% (KATO *et al.*, 1976) representando grande vantagem no processamento industrial.

2. Caracterização química do suco

De maneira geral, os resultados obtidos na caracterização química do suco de manga, apresentados na tabela 2, se aproximam daqueles citados na literatura, sendo estudos realizados com a fruta madura in natura e variedade Keitt (com exceção do teor de fibras, já que não foram encontrados trabalhos com a variedade em questão).

O valor de pH encontrado (tabela 2) é praticamente igual aos valores 4,24 e 4,30, encontrados respectivamente por SIQUEIRA *et al.* (1988) e MEDLICOTT & THOMPSON (1985); superior a 3,69 encontrado por BLEINROTH *et al.* (1984); e inferior a 6,2, citado por VAZQUEZ-SALINAS & LAKSMINROYANA (1985).

A acidez total titulável apresentou um valor relativamente baixo, coerente com aquele citado por SIQUEIRA *et al.* (1988) de 0,28%, e bem mais baixo do citado por BLEINROTH *et al.* (1984) de 0,57%.

Segundo RODRIGUES *et al.* (1977), o teor de sólidos solúveis é de grande importância no processamento de frutas, implicando em redução de custo e aumento da qualidade final do produto (maior teor de sólidos de fruta). O valor encontrado se mostrou entre os valores apontados por VAZQUEZ-SALINAS & LAKSMINROYANA (1985), SIQUEIRA *et al.* (1988) e BLEINROTH *et al.* (1984); 19,9, 17,8 e 14,10°B, respectivamente.

TABELA 2: Valores médios e desvio-padrão das características químicas do suco de manga Keitt

Características	Média	Desvio padrão
pH	4,21	—
Acidez (% ácido cítrico)	0,299	0,001
Sólidos solúveis (°Brix)	15,03	—
Umidade (%)	84,22	0,01
Cinzas (%)	0,239	0,005
Açúcares redutores (%)	3,97	0,23
Açúcares totais (%)	12,61	1,20
Pectina (%)	0,939	0,028
Vitamina C (mg/100g)	20,27	1,21
Fibra (%)	0,449	0,002

A porcentagem de açúcares, relacionada ao teor de sólidos solúveis, também é de extrema importância na qualidade final dos produtos industrializados de fruta. Os valores da porcentagem de açúcares redutores e totais praticamente não se diferenciam dos valores 3,72% e 11,30% obtidos por BLEINROTH *et al.* (1984); já VAZQUEZ-SALINAS & LAKSMINROYANA (1985) encontraram um teor de açúcares totais de 17,7%, bastante superior aos demais.

O teor de pectina está de acordo com o valor de 0,96% encontrado no estudo de SIQUEIRA *et al.* (1988).

No caso do teor de fibra, a qual possui um importante papel do ponto de vista nutricional é necessário fazer-se a comparação do teor obtido no trabalho com um produto similar, uma vez que ao longo do processo de obtenção do suco há grande perda na etapa de despulpamento e acabamento. Dessa forma, o valor para o teor de fibras se encontra na faixa citada por KATO *et al.* (1976), que encontraram teores entre 0,77% e 0,42%, na obtenção de polpa concentrada de manga das variedades Espada, Bourbon, Haden, São Quirino e Non Plus Ultra.

Durante o processamento o suco sofre perdas no teor de vitamina C, sendo neste caso causadas por vários fatores ambientais aos quais o produto é exposto, como oxigênio, luz e altas temperaturas. O valor encontrado no presente trabalho é inferior aos valores de 76,5 mg/100g e 58,0 mg/100g, citados por VAZQUEZ-SALINAS & LAKSMINROYANA (1985) e BLEINROTH *et al.* (1984), respectivamente. Vale ressaltar que esses estudos se procederam com a fruta *in natura*, sem sofrer nenhum tipo de tratamento térmico ou estocagem, ao contrário da amostra em questão, suco pasteurizado e congelado. Assim, o teor de vitamina C obtido está na faixa de valores encontrados em polpa de manga concentrada por KATO *et al.* (1976) de 10 a 25 mg/g.

3. Avaliação microbiológica do suco

Os resultados encontrados para a avaliação microbiológica realizada no suco de manga simples pasteurizado e congelado estão apresentados na tabela 3.

TABELA 3: Resultados da avaliação microbiológica de suco de manga simples pasteurizado e congelado

Análises microbiológicas	Resultados
Bolores e leveduras	< 10 ufc/ g amostra
Contagem total	< 10 ufc/g amostra
Coliformes	Ausência de coliformes em 5 porções de 10 mL

ufc: unidades formadoras de colônia

De acordo com os resultados percebe-se que o suco de manga simples, pasteurizado e congelado por um período de um ano não apresentou qualquer sinal de contaminação microbiológica, indicando boas condições sanitárias de processamento, bem como envase e armazenamento adequados.

CONCLUSÕES

- A manga da variedade Keitt estudada, por apresentar alta porcentagem de polpa, é bastante vantajosa para o processamento de suco.
- Os resultados encontrados para a caracterização físico-geométrica da matéria-prima e química do suco estão de acordo com estudos de diversos autores encontrados na literatura.
- O produto apresentou-se estável microbiologicamente após um ano de processamento, indicando condições adequadas de processo e armazenamento, sendo apto de ser utilizado nos estudos subseqüentes propostos neste trabalho: estudo da redução dos teores de sacarose e glicose presentes naturalmente no mesmo através de tratamento enzimático com invertase e glicose oxidase (capítulo III), e sua utilização na produção de geléia (capítulo IV).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington, 1984.

_____. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington, 1997.

BENASSI, M. T. **Análise dos estudos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1990. 159p. Dissertação (Mestrado).

BLEINROTH, E. W., FIGUEIREDO, I. B., VEIGA, A. A., SOARES, N. B., MEDINA, J. C., SABINO, J. C. Avaliação de novas cultivares de manga para industrialização. I. Análise das características físico-geométricas e químicas da matéria-prima. **Boletim do ITAL**, v. 22, n. 2, p. 207-216, Campinas, 1985.

BLUMENKRANTZ, N., ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, v. 54, p.484-489, 1973.

CARDOSO, R. L. **Estabilidade de geléia de jambo-vermelho (*Eugenia malaccensis*, Lin.) em copo de vidro**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1994. 157p. Tese (Doutorado).

GEIDA – Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola. **Contribuição ao desenvolvimento da agroindústria – manga**. Rio de Janeiro, 1972, 100 p.

GOERING, H. K., VAN SOEST, P. J. **Forage Fiber Analysis**. Agriculture Handbook, n. 375, 1970.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1994, v. 54.

. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1997, v. 57.

INSTITUTO ADOLPHO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 2. ed., São Paulo, 1976.

KATO, K., DE MARTIN, Z. J., BLEINROTH, E. W., MIYA, E. E., DA SILVA, S. D., ANGELUCCI, E. Estudo de polpa concentrada de algumas variedades

comuns de manga. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 7, p. 319-342, 1976.

MEDINA, J. C., BLEINROTH, E. W., DE MARTINS, Z. J., QUAST, D. G., HASHIZUME, T., FIGUEIREDO, N. M. S., CANTO, W. L., BICUDO NETO, L. C.. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 1981 (Série Frutas Tropicais n. 8).

MEDLICOTT, A. P., THOMPSON, A. K. Analysis of sugar and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography. **Journal Science of Food and Agriculture**, v. 36, n. 7, p. 561-566, 1985.

NEVES FILHO, L. G. Alimentos resfriados e congelados. In: **XIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, 1994, p. 12-19.

PINTO, A. C. Q., PEDRAZZI, R. G., GENÚ, P. J. C. Avaliação de sete variedades de Mangueiras (*Mangifera indica* L.) introduzidas na região dos Cerrados. In: **VI CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**. Sociedade Brasileira de Fruticultura, Recife- PE, 1981 (Anais, v. 3, p. 930 -942).

RODRIGUES, J. A. S., PINHEIRO, R. V. R., MANICA, I., CASALI, V. W. D., CONDÊ, A. R. Comportamento de dez variedades de manga

UNICAMP

(*Magifera indica* L.) em Viçosa e Visconde do Rio Branco. *Ceres*, Viçosa, v. 24, n. 136, p. 580-595, nov/dez. 1977.

ROE, B., BRUEMMER, J. H. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangos. **Journal of Food Science**, v. 16, p. 187-189, 1981.

SILVA, M. F. V. **Efeito dos diferentes tratamentos e embalagens nas características da polpa de acerola e na determinação dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o armazenamento**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1999. 224 p. Tese (Doutorado).

SILVA, N., JUNQUEIRA, U. C. A. **Métodos de análises microbiológicas de alimentos**. Manual nº 14. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1995, 229 p.

SIQUEIRA, D. L., BOTREL, N., CARVALHO, V. D., RAMOS, V. H. V., COUTO, F.A. D. Características físicas e químicas de frutos de vinte cultivares de mangueira (*Mangífera indica* L.) em Uberaba-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 10, n. 2, p. 49-54, 1998.

STAFFORD, A. E. Mango. In: CHAN, H. T. J. (ed). **Handbook of tropical foods**. New York: Marcel Dekker, 1983, p. 399-431.

VASQUEZ-SALINAS, C., LAKSHMINAROYA, S. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1646-1648, 1985.

VANDERSANT, C., SPLITSTOESSER, F. D. **Compendium of methods for the microbiological examination**. Washington: American Public Health Association (APHA) – Technical Committee on Microbiological Methods for Foods. 3. ed., 1992, 1219 p.

CAPÍTULO III

Estudo sobre o emprego das enzimas
invertase e glicose oxidase em suco
simples de manga (variedade Keitt)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo promover a redução dos teores de sacarose e glicose presentes naturalmente em suco de manga Keitt, através da aplicação das enzimas invertase, que converte sacarose a frutose e glicose em igual proporção, e glicose oxidase, a qual oxida a glicose a ácido glucônico. Foram realizados ensaios com suco simples utilizando planejamento composto central, sendo as variáveis independentes concentração de invertase e de glicose oxidase, e as variáveis dependentes ou respostas sendo porcentagem de inversão de sacarose e de oxidação de glicose. As condições temperatura e tempo de tratamento foram determinadas através das curvas de atividade enzimática das enzimas e ensaios preliminares, respectivamente. A utilização de invertase se mostrou bastante efetiva para a inversão de sacarose presente em suco de manga simples, com índices de 91 a 100%, considerando os baixos valores de concentração da enzima empregados (0,01-0,1%), à temperatura de 38°C por 60 minutos. As porcentagens de oxidação de glicose presente em suco de manga foram baixas, com o máximo de 8%, para as concentrações empregadas no estudo (0,3 a 3%). Esses índices poderiam ser incrementados com o suprimento de O_2 ao sistema, bem como elevação do pH, condições essas que poderiam prejudicar a qualidade sensorial e nutricional do produto. Dessa forma, o uso conjunto de invertase-glicose oxidase não se mostra viável para o objetivo do presente estudo, onde a oxidação de glicose é um passo imprescindível para que se obtenha um produto apto para inclusão em dietas direcionadas a consumidores diabéticos.

SUMMARY

The objective of this work was to promote the reduction of the naturally present sucrose and glucose contents in mango juice (cv. Keitt), by applying invertase, an enzyme which converts sucrose into fructose and glucose in equal proportions, and glucose oxidase, which oxidizes glucose into gluconic acid. Trials were carried out with whole juice, using a central composite design. The independent variables were invertase concentration and glucose oxidase concentration; the dependent variables or responses were sucrose inversion percentage and glucose oxidation percentage. The treatment temperature and time were determined from the enzymatic activity curves and preliminary trials, respectively. The utilization of invertase was suitably effective for the inversion of the sucrose present in whole mango juice, considering the low levels of enzymes utilized (0.01 – 0.1%), with indexes ranging from 91 to 100%, at a temperature of 38°C for 60 minutes. The oxidation percentage of the glucose present in the juice was low, with a maximum of 8% for the concentrations used in this study (0.3 – 3%). These indexes could have been enhanced by supplying O₂ to the system, as well as by increasing the pH, although these conditions could have damaged the sensory and nutritional quality of the product. Therefore, the combined use of invertase and glucose oxidase was not feasible for achieving the objective of this study, in which the glucose oxidation is an essential step for obtaining a product suitable to be included in diets aimed at diabetic consumers.

INTRODUÇÃO

O setor alimentício de alimentos modificados vem crescendo amplamente nos últimos tempos, desenvolvendo principalmente produtos com substitutos de gordura e açúcares, bem como reduzindo o valor calórico de alimentos convencionais.

O monossacarídeo D-frutose, encontrado naturalmente nas frutas, possui uma importante característica no que diz respeito à sua utilização em alimentos para dietas com restrição de açúcares, que é o fato de ser metabolizado independentemente da insulina e mais lentamente do que a glicose no trato gastrointestinal, prevenindo o rápido aumento de açúcar no sangue (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996) (BOHANNON *et al.*, 1980).

Porém, por possuir um valor calórico equivalente ao da sacarose e glicose (4kcal/g), a frutose não é recomendada como substituto desses açúcares em dieta de redução de calorias.

Nos EUA a frutose consta na lista GRAS, não existindo nenhuma evidência que constitui um risco para a população em níveis normais de consumo, a não ser por contribuir para cárie dental (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

A frutose pode ser obtida pela isomerização enzimática de soluções de dextrose pura ou extraída de plantas. Industrialmente é obtida pela inversão da sacarose utilizando troca iônica, separando-se a glicose e a frutose em seguida por cromatografia (OSBERGER & LINN, 1978) (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996). Pode ainda ser obtida através da hidrólise (inversão) ácida ou enzimática (invertase) da sacarose e subsequente oxidação enzimática (glicose oxidase) da glicose a ácido glucônico, retirado da solução após sua cristalização na forma de gluconato de sódio (OSBERGER, 1986).

Além dos aspectos relativos à saúde, a frutose apresenta as seguintes vantagens tecnológicas que tornam viável sua aplicação em alimentos: possui alta solubilidade em água; apresenta alta higroscopicidade, o que é importante em alimentos que possam cristalizar durante seu armazenamento; ressalta o sabor de frutas e ácidos; reduz a atividade de água, auxiliando no controle do desenvolvimento microbiano; tem alto poder adoçante, sendo o mais doce de todos os açúcares naturais com grau de doçura igual a 1,2 em relação à sacarose, à qual é atribuído o valor 1 de doçura (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

Os processos que empregam enzimas na indústria alimentícia tem se destacado nos últimos anos, principalmente pelo fato de serem substâncias naturais e não tóxicas, reagirem sob condições moderadas de temperatura e pH e por apresentarem economia e praticidade em aplicações comerciais, pois são efetivas e portanto usadas em pequenas quantidades (JAMES & SIMPSON, 1996).

O US Food and Drug Administration (FDA), aprova o uso de enzimas em alimentos nos EUA, sendo classificadas como auxiliadoras de processo e GRAS (geralmente reconhecidos como seguros) (MEYER & ISAKSEN, 1995). Segundo legislação brasileira, as enzimas são consideradas coadjuvantes de tecnologia, não necessitando declaração no rótulo.

A invertase ou β -fructofuranosidase (β -D-fructofuranosidase fructohidrolase (E C 3.2.1.26) é uma enzima pertencente ao grupo das hidrolases, e seu substrato é a sacarose, hidrolisando-a em glicose e frutose, na proporção de 1:1, produto este chamado de açúcar invertido (WISEMAN, 1987).

Como já citado anteriormente, a hidrólise da sacarose também pode ser feita pela ação de ácidos, resultando porém em um produto de coloração mais escura devido às drásticas condições de pH e temperatura da reação (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

Além da utilização para obtenção de xarope de açúcar invertido (MEJIAS & PERÉZ, 1996), a invertase é empregada na preparação de balas com recheio mole, adicionada ao confeito que é coberto com chocolate, hidrolisando parcialmente a sacarose a glicose e frutose após um determinado tempo (JAMES & SIMPSON, 1996). Também é utilizada juntamente com a glicose oxidase na produção de fructo-oligossacarídeos (FOS) de alto teor, que são adoçantes com excelentes vantagens funcionais em alimentos, como anti-diabetes e baixas propriedades cariogênicas (YUN *et al.*, 1994).

A glicose oxidase (GOX ou GOD, EC 1.1.3.4, β -glicose: oxigênio 1-oxidoreductase), produzida por *Aspergillus niger* e *Penicillium* ssp é classificada como oxidoreductase e catalisa a formação de peróxido de hidrogênio e D-glucono- δ -lactona a partir de β -D-glicose e oxigênio molecular em uma reação de transferência de dois elétrons (WHITAKER, 1972) (FUGLSANG *et al.*, 1995). A D-gluconolactona se hidrolisa espontaneamente a ácido glucônico, enquanto o peróxido de hidrogênio é usualmente esgotado para água e oxigênio através de catálise (GARZILLO *et al.*, 1995). Dessa forma a glicose oxidase comercial é adicionada de catalase para este fim. O ácido glucônico é normalmente usado como agente complexante de íons metálicos em alimentos e produtos farmacêuticos, e como adoçante não calórico e em dietas para diabetes (WISEMAN, 1987).

As aplicações da glicose oxidase estão relacionadas principalmente à sua capacidade de remoção de oxigênio e de glicose, e também devido à formação de peróxido de hidrogênio e ácido glucônico.

Em relação à sua função de remoção de oxigênio pode ser aplicada (juntamente com a catalase) como antioxidante em alimentos, prevenindo alterações na cor e sabor durante o processo, transporte e estocagem (MEYER & ISAKSEN, 1995). Exemplos desse tipo de utilização são em suco de laranja

anteriormente à pasteurização (DUXBURY, 1993) e em bebidas carbonatadas (JAMES & SIMPSON, 1996).

Dentre as aplicações baseadas na remoção de glicose, pode-se citar: emprego de glicose oxidase em processo de desidratação de ovo, evitando a ocorrência de reação de Maillard (SCOTT, 1975 a) (MAROLIA & D'SOUZA, 1994); produção de mosto concentrado retificado de alto teor de frutose (GALVEZ *et al.*, 1994) e em sistema com a fructosiltransferase na produção de xarope de alto teor de fruto-oligossacarídeos (JUNG *et al.*, 1993, YUN & SONG, 1993).

A glicose oxidase possui também a função antimicrobiana na aplicação em alimentos, devido à citotoxicidade de H_2O_2 formado bem como ao abaixamento de pH causado pela conversão de glicose a ácido glucônico (FUGLSANG *et al.*, 1995). Em sistemas enzimáticos de glicose oxidase-catalase o consumo de oxigênio na reação em presença de excesso de glicose previne o crescimento de microrganismos aeróbicos (JAMES & SIMPSON, 1996).

Através da formação de peróxido de hidrogênio a glicose oxidase também tem aplicação em métodos de detecção de glicose, em conjunto com a peroxidase (WISEMAN, 1987) (SCOTT, 1975 a).

Este trabalho objetivou o tratamento enzimático de suco de manga através da utilização das enzimas invertase e glicose oxidase, a fim de promover a inversão da sacarose e subsequente oxidação da glicose, ambos açúcares presentes naturalmente na fruta, reduzindo-os e aumentando o teor de frutose, possibilitando dessa forma seu consumo por consumidores que necessitam de restrição de sacarose e glicose em sua dieta.

MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

- **Suco de manga simples:** a matéria-prima da variedade Keitt, adquirida no CEASA de Campinas e proveniente da região de Votuporanga-SP foi processada na planta piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP (CAPÍTULO II).

- **Enzimas**

Invertase: β -D-fructofuranosidase (EC 3.2.1.26), procedente da NOVO NORDISK, em pó, produzida por *Saccharomyces cerevisiae*, com atividade de 200.000 SU/g (1 unidade equivale à quantidade de enzima que produz 1mg de açúcar invertido a partir de 6 mL de solução 5,4% de sacarose a 20°C e pH 4,5 em 5 minutos). É estável entre pH 3,0 e 6,0, e temperaturas até 75°C.

Glicose oxidase: Novozym[®] 771, procedente da NOVO NORDISK, preparação líquida (cor escura) de glicose oxidase (EC 1.1.3.4) de *Aspergillus niger* e catalase (EC 1.11.1.6), com atividade de 800-1200 GODUF/g (dependendo do lote) e quantidade de catalase não padronizada. É estável na faixa de pH de 3,5 a 7,0 e até 50°C.

2. MÉTODOS

2.1. Estudos preliminares

2.1.1. Determinação da temperatura utilizada nos tratamentos enzimáticos

A determinação da temperatura para o tratamento enzimático do suco de manga simples foi realizada através das curvas de atividade enzimática x temperatura para as enzimas glicose oxidase e invertase fornecidas pela NOVO NORDISK (anexos Ia e Ib respectivamente), visando um valor compatível para a atuação conjunta das mesmas.

2.1.2. Determinação do tempo de reação enzimática

Nestes ensaios 100 g de amostra de suco simples de manga de 15°B foram tratados com 0,05% de invertase e 0,01% de glicose oxidase. O suco foi pré-aquecido à temperatura de 40°C para adição das enzimas, que foram misturadas ao mesmo por agitador de haste de bancada. O suco foi então dividido em três frascos Erlenmeyer de 250 mL para retiradas de amostras nos tempos de 20, 40 e 60 minutos. Os sistemas de reação foram incubados em agitador rotatório à temperatura de 40°C com agitação de 200 rpm. Ao final de cada tempo determinado, a reação foi interrompida em banho com água em ebulição. Os ensaios foram realizados em triplicata, sendo feitas análises de açúcares redutores, totais e glicose para acompanhamento dos tratamentos. Os resultados foram analisados através de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, utilizando o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System), e calculadas as porcentagens de oxidação de glicose e inversão de sacarose (anexo II).

2.1.3. Determinação da faixa de concentração de glicose oxidase utilizada nos ensaios definitivos

Como não foram encontrados na literatura consultada trabalhos que empregassem glicose oxidase em suco de fruta com a finalidade de remoção de glicose presente, foram realizados testes preliminares para a determinação da faixa de concentração para ser utilizada nos ensaios definitivos (planejamento experimental).

Neste ensaio, amostras de 50 g de suco simples de manga foram tratados com 0,05% de invertase e as seguintes concentrações de glicose oxidase: 0,05, 0,1, 0,25 e 0,5%. A invertase foi adicionada ao suco (já aquecido à temperatura de incubação de 40°C) no início do tratamento e após 20 minutos foi adicionada a glicose oxidase. O sistema de reação foi incubado em agitador rotatório à temperatura de 40°C até 20 minutos e de 37°C nos 40 minutos seguintes de tratamento, com agitação de 250 rpm. O tempo total de incubação das amostras foi de 60 minutos (20 minutos para invertase apenas e 40 minutos seguintes para as duas enzimas). Ao final de cada tempo determinado, a reação foi interrompida em banho com água em ebulição por cinco minutos. Foi realizada análise de glicose para acompanhamento dos tratamentos e calculada a porcentagem de oxidação de glicose.

2.2. Planejamento experimental

Os ensaios enzimáticos foram realizados utilizando planejamento fatorial composto central (BOX *et al.*, 1978).

O planejamento fatorial composto central consiste de:

i) *Planejamento fatorial 2^k , onde k é o nº de variáveis independentes e os níveis dos fatores são codificados em -1 e +1*

ii) N° de pontos centrais (n_0)

iii) Dois pontos axiais nos eixos de cada variável a uma distância α a partir do centro do planejamento, calculada a partir de: $\alpha = (F)^{1/4} = (2^k)^{1/4}$ (I)

O n° total de pontos experimentais (N) é dado por: $N = 2^k + 2k + n_0$ (II)

No planejamento em questão, tem-se:

N° de fatores ou variáveis independentes (k)

- Concentração da enzima invertase
- Concentração da enzima glicose oxidase

Respostas ou variáveis dependentes

- Porcentagem de inversão da sacarose
- Porcentagem de oxidação da glicose

N° de pontos centrais = 3

Calculando o valor α por (I), tem-se $\alpha=1,41$ e número total de experimentos por (II), tem-se $N=11$

Após as faixas de concentração de enzimas do delineamento experimental terem sido determinadas através dos testes preliminares, os 11 ensaios foram realizados como segue: amostras de 100 g de suco simples de manga correspondentes a cada ensaio do planejamento foram aquecidas à temperatura de incubação (38°C), sendo adicionadas e misturadas em agitador

de haste de bancada as respectivas concentrações de invertase (p/p) e glicose oxidase (v/p). O sistema de reação foi incubado em agitador rotatório à temperatura de 38°C com agitação de 200 rpm. As amostras foram retiradas ao final de 60 minutos de tratamento, e a reação interrompida em banho com água em ebulição por cinco minutos. Foram realizadas análises dos teores de açúcares redutores e totais em quadruplicata para acompanhamento dos tratamentos, e calculadas as porcentagens de oxidação de glicose e inversão de sacarose (anexo II). Os resultados foram analisados estatisticamente através da Metodologia de Superfície de Resposta (BOX *et al.*, 1978), utilizando o programa estatístico STATISTICA.

2.3. Avaliação da atuação de glicose oxidase em solução modelo

Amostras de 1 mL de solução de glicose 1% em tampão acetato 0,01M pH 4,0 foram colocadas em tubos de ensaio com 0,1, 0,2 e 0,3 mL de glicose oxidase e incubadas à temperatura de 37°C em banho por 3 horas, sendo a reação interrompida em banho com água em ebulição por cinco minutos. Paralelamente foram incubadas amostras de solução tampão acetato 0,01M pH4 com 0,1, 0,2 e 0,3 mL de glicose oxidase; neste caso a reação foi interrompida imediatamente após a adição da enzima através do aquecimento em banho com água em ebulição por cinco minutos. Foram realizadas análises de glicose através de método enzimático e por cromatografia de papel.

2.4. Determinações químicas

2.4.1. Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis do suco foi determinado em refratômetro Carl Zeiss (JENA), método 13.6.1, INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976).

2.4.2. pH

O pH foi determinado em pHmetro Micronal modelo B374, método 13.010, AOAC (1984).

2.5. Determinações de açúcares

2.5.1. Glicose

O teor de glicose foi determinado através de método enzimático, kit LABORLAB (anexo III).

Também foi realizada análise do teor de glicose e ácido glucônico presentes nas soluções modelo estudadas nos ensaios descritos no item 2.3, utilizando-se como solvente n-butanol-piridina-H₂O (6:4:3) e reveladores AgNO₃ (saturado em acetona), NaOH alcoólico 0,5M e tiosulfato de sódio 10%. As amostras foram aplicadas em papel Whatman 1 (16cm x 46cm) e o tempo de corrida foi de 15 horas. Os padrões de glicose e ácido glucônico foram preparados em solução aquosa de 2,5%.

2.5.2. Açúcares redutores e totais

Os teores de açúcares redutores e totais foram determinados através dos métodos 4.13.2 e 4.13.3, INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Estudos preliminares

1.1. Determinação da temperatura utilizada nos tratamentos enzimáticos

Através das curvas de atividade enzimática X temperatura foi escolhida a faixa de 37 a 40°C para a atuação conjunta das enzimas. A temperatura de incubação do suco nos ensaios do delineamento experimental foi fixada em 38°C.

1.2. Determinação do tempo de reação enzimática

Os resultados do teste para determinação do tempo de reação enzimática em suco de manga 15°B e pH 3,9 apresentam-se nas tabela 1 e figura 1.

TABELA 1: Resultados médios e desvio-padrão para os teores de açúcares redutores, totais e glicose dos ensaios para determinação do tempo de reação enzimática

	Açúcares Redutores (%)		Açúcares Totais (%)		Sacarose* (%)	Glicose (%)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Média	Desvio Padrão
S/ enzimas	3,61 ^a	-----	13,46 ^a	-----	9,85	0,97 ^a	-----
20 min	10,94 ^b	0,077	13,08 ^a	0,083	2,14	4,88 ^b	0,145
40 min	11,71 ^c	0,050	12,92 ^a	0,169	1,21	5,08 ^b	0,106
60 min	11,71 ^c	0,003	12,89 ^a	0,389	1,18	4,98 ^b	0,007

Médias com letras iguais no sentido vertical não apresentam diferença significativa a $p \leq 0,05$

* calculada pela diferença entre açúcares totais e açúcares redutores

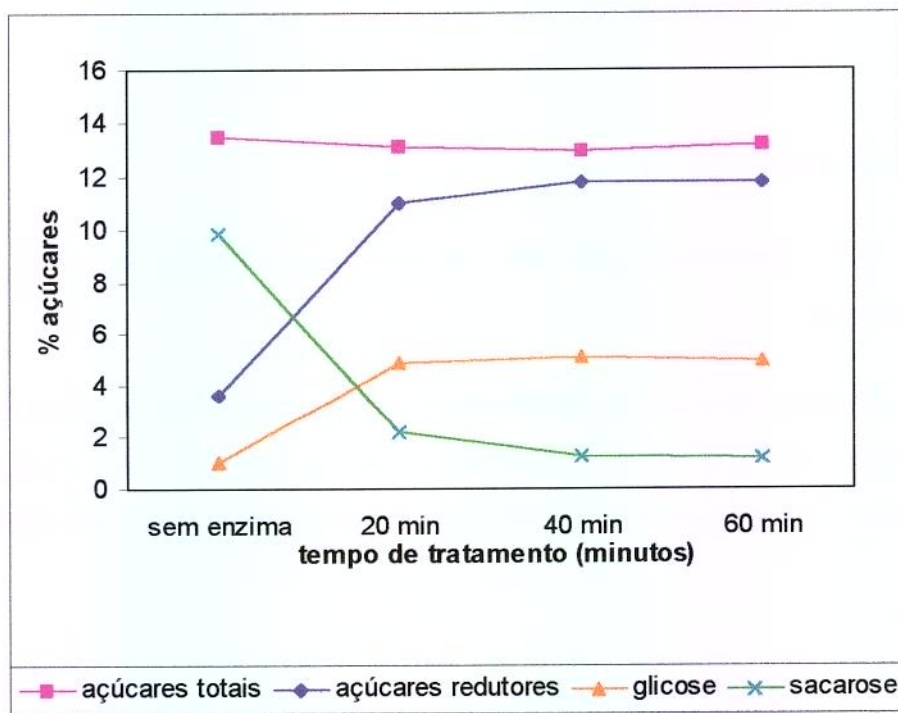


FIGURA 1: Comportamento dos teores de açúcares redutores, açúcares totais, glicose e sacarose para 20, 40 e 60 minutos de reação enzimática

No caso dos açúcares redutores, através dos resultados obtidos pela análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, percebe-se que há diferença significativa ao nível de 5% entre os tratamentos com as duas enzimas em relação ao suco sem tratamento enzimático. Dentre os três tempos de tratamento, entre 40 e 60 minutos o teor de açúcares redutores não apresentou diferença significativa, porém estes foram diferentes do tratamento de 20 minutos, o qual apresentou a menor média.

Os resultados obtidos através da análise de variância para o teor de glicose nos três tempos de tratamento não mostraram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si, mas sim com o suco sem tratamento enzimático. De acordo com a figura 1 percebe-se que o teor de glicose apresenta comportamento semelhante ao teor de açúcares redutores ao longo do tempo de tratamento enzimático, já

que a glicose é um açúcar redutor e portanto quantificada através dos dois métodos. Este aumento dos teores de glicose e de açúcares redutores acompanhando a hidrólise da sacarose era esperado, assim como a diminuição destes mesmos teores ao longo do tratamento, devido à conversão da glicose a ácido glucônico catalisada pela glicose oxidase, o que praticamente não ocorreu.

Calculando a porcentagem de inversão de sacarose a partir dos teores iniciais e finais de açúcares redutores e totais, têm-se os valores de 78,27%, 87,71% e 88,02% para os respectivos tempos de 20, 40 e 60 minutos. Pode-se considerar portanto que 40 minutos de tratamento são suficientes para a atuação da invertase, não sendo necessário um tempo maior de reação.

A partir desses resultados foram estabelecidos os níveis de concentração de invertase entre 0,01% e 0,1% (p/p) utilizados no planejamento experimental, tendo como ponto central a concentração de 0,05%, já que esta se mostrou bastante efetiva.

Os resultados para o teor de açúcares totais nos três tempos de tratamento não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si e entre o suco sem adição das enzimas. Os valores de oxidação de glicose, calculados com base nos teores iniciais e finais de açúcares totais são respectivamente 2,82%, 4,01% e 4,23%, para os tempos de 20, 40 e 60 minutos de tratamento. Esses resultados foram bastante insatisfatórios, mostrando que a concentração de glicose oxidase utilizada ou as condições de operação não foram adequadas.

Em relação ao tempo de tratamento, apesar de serem suficientes 40 minutos para a inversão de sacarose nestes ensaios, percebe-se um aumento da oxidação de glicose com o passar do tempo; desse modo o tempo para a realização dos ensaios definitivos foi fixado em 60 minutos, pois valores acima deste seriam demasiadamente elevados, tornando o processo inviável.

1.3. Determinação da faixa de concentração de glicose oxidase utilizada nos ensaios definitivos

Os resultados dos ensaios em suco de manga 15°B e pH 3,9 para determinação da faixa de glicose oxidase utilizada nos ensaios do delineamento experimental estão apresentados na tabela 2.

TABELA 2: Resultados da concentração de glicose utilizando 0,1, 0,25 e 0,5% de glicose oxidase, adicionadas após 20 minutos de tratamento com invertase

Tratamentos	% glicose após 20 minutos	% glicose após 60 minutos	% oxidação da glicose
0,05% invertase + 0,1% glicose oxidase	5,40	5,24	3,03
0,05% invertase + 0,25 % glicose oxidase	5,35	5,11	4,49
0,05% invertase + 0,5 % glicose oxidase	5,54	5,24	5,34

Os resultados da oxidação de glicose se mostraram ainda baixos para as concentrações de 0,1, 0,25 e 0,5% de glicose oxidase utilizadas. Porém, o aumento da concentração de glicose oxidase indica um aumento na oxidação de glicose do suco de manga. A partir destes resultados foi estabelecida a faixa de concentração de glicose oxidase utilizada no planejamento experimental: de 0,3 a 3% (v/p).

2. Planejamento Experimental

Os níveis codificados e não codificados das concentrações de invertase e glicose oxidase obtidos através do delineamento fatorial composto central estão apresentados na tabela 3.

O suco utilizado nestes ensaios apresentou pH 4,3 e 15°B.

TABELA 3: Delineamento experimental para o estudo do tratamento enzimático em suco de manga simples

ENSAIO	Níveis Codificados		Níveis Decodificados	
	Concentração de invertase	Concentração de glicose oxidase	Concentração de invertase (%)	Concentração de glicose oxidase (%)
1	-1	-1	0,02	0,7
2	1	-1	0,09	0,7
3	-1	1	0,02	2,6
4	1	1	0,09	2,6
5	$-\alpha$	0	0,01	1,6
6	α	0	0,1	1,6
7	0	$-\alpha$	0,05	0,3
8	0	α	0,05	3,0
9	0	0	0,05	1,6
10	0	0	0,05	1,6
11	0	0	0,05	1,6

2.1. Efeito da concentração de glicose oxidase em conjunto com invertase na oxidação de glicose

Na tabela 4 estão apresentados os valores da porcentagem de oxidação de glicose obtidos no delineamento experimental, calculados a partir dos resultados das análises de açúcares totais (anexo II). As análises foram realizadas em quadruplicata (anexo IV).

TABELA 4: Resultados da porcentagem de oxidação de glicose em suco de manga simples obtidos para os 11 ensaios do planejamento experimental

ENSAIO	Concentração de invertase (g/100 g suco)	Concentração de glicose oxidase (mL/100 g suco)	% oxidação de glicose
1	0,02	0,7	3,78
2	0,09	0,7	5,63
3	0,02	2,6	6,68
4	0,09	2,6	5,14
5	0,01	1,6	2,25
6	0,1	1,6	7,30
7	0,05	0,3	5,03
8	0,05	3,0	3,57
9	0,05	1,6	7,07
10	0,05	1,6	8,00
11	0,05	1,6	7,44

Os efeitos das concentrações de invertase e glicose oxidase na produção e oxidação da glicose no suco de manga simples estão apresentados na tabela 5.

TABELA 5: Efeitos estimados e coeficientes do modelo de regressão completa para a porcentagem de oxidação de glicose em suco de manga simples

Fatores	Efeito	Coeficiente	Erro padrão	p
Intercepto	7,50500*	7,50500*	0,270139*	0,001293*
[invertase]	1,86294*	0,93147*	0,330851*	0,030122*
[GOX]	0,08793	0,04397	0,330851	0,815299
[invertase] ²	-2,34450*	-1,17225*	0,39792*	0,027072*
[GOX] ²	-2,81750*	-1,40875*	0,39792*	0,018980*
[invertase]*[GOX]	-1,69600	-0,84800	0,467894	0,068394

* significativos a $p \leq 0,05$

[invertase] parâmetro linear da concentração de invertase, [invertase]² parâmetro quadrático da concentração de invertase, [GOX] parâmetro linear da concentração de glicose oxidase, [GOX]² parâmetro linear da concentração de glicose oxidase, [invertase]*[gox] interação entre as duas variáveis

Através da tabela 5 verifica-se que os parâmetros quadráticos das variáveis das concentrações de invertase e de glicose oxidase são significativos a $p \leq 0,05$, ambos negativos, indicando que o aumento desses parâmetros diminui a porcentagem de oxidação de glicose no suco de manga. O parâmetro linear da concentração de invertase, também significativo ($p \leq 0,05$) e positivo, contribui para o aumento da porcentagem de oxidação de glicose presente no suco. No caso do

parâmetro quadrático da concentração de glicose oxidase, a contribuição negativa poderia ser explicada pelo fato de existir uma quantidade residual de glicose na enzima glicose oxidase utilizada (ver item 2.3.- Avaliação da atuação de glicose oxidase em solução modelo), o que aumentaria o teor de açúcares totais de acordo com o aumento quadrático da concentração de enzima utilizada, diminuindo assim a porcentagem de oxidação de glicose.

O modelo foi ajustado eliminando-se o efeito menos significativo (efeito linear da concentração de glicose oxidase), sendo então realizada a análise de variância (ANOVA) e teste F (BARROS NETO *et al.*, 1996). Os resultados estão apresentados na tabela 6.

TABELA 6: Resultados da análise de variância (ANOVA) para o modelo ajustado da porcentagem de oxidação de glicose em suco de manga simples

Causa de variação	SQ	GL	MQ	F_(calculado)	F_(tabelado)
Regressão	24,5756	3	8,1919	5,75	4,35
Resíduos	9,9676	7	1,4239		
Falta de ajuste	9,5297	5	1,9059	8,70	19,30
Erro puro	0,4378	2	0,2189		
Total	34,5431	10			

Verifica-se que o modelo ajustado para a oxidação de glicose no suco de manga simples apresentou regressão significativa ($p \leq 0,05$), com F calculado maior que o tabelado. Porém, segundo BARROS NETO *et al.* (1996), embora uma

regressão seja significativa através do teste F, ela pode não servir para realizar previsões a partir do modelo gerado, ou seja, o modelo pode não ser preditivo, por cobrir uma variação pequena dos fatores estudados. Assim, para que uma regressão seja preditiva o valor de F calculado deve ser no mínimo de 4 a 5 vezes o valor de F tabelado. Em nosso caso o valor de F calculado foi apenas 1,3 vezes o valor de F tabelado, o que não confere muita certeza de que o modelo seja preditivo.

Apesar do modelo não apresentar falta de ajuste calculada pelo teste de F, o coeficiente de correlação R^2 para o modelo ajustado foi de 0,71145, explicando apenas 71% da variação das respostas. Na análise de variância de um modelo, uma parte da variação total das observações em torno da média é descrita pela equação de regressão, enquanto que o restante faz parte dos resíduos; assim quanto maior for a fração descrita pela regressão, ou melhor, quanto mais próximo de 1 for o valor de R^2 , melhor será o ajuste do modelo aos dados observados (BARROS NETO *et al*, 1996). Assim, deve-se utilizar o modelo reajustado com ressalva, para se observar a tendência da resposta, apenas para os níveis estabelecidos neste planejamento.

Pelos resultados obtidos nos ensaios do planejamento experimental percebe-se que os índices de oxidação de glicose em suco de manga simples foram baixos, com um valor máximo de 8%.

Uma explicação para este fato pode ser a necessidade de suprimento do sistema com O_2 . Segundo SCOTT (1975 b), enquanto a reação catalisada por esta enzima é uma verdadeira reação de segunda ordem, comercialmente são usadas condições onde cada um dos reagentes está em atividade constante, e portanto a reação passa a se comportar como de primeira ordem. Assim, a remoção de oxigênio é feita na presença de um excesso de glicose, ou a glicose é removida em meio saturado com oxigênio.

De fato, JUNG *et al.* (1993) em seu estudo sobre produção de xarope de alto teor de fructo-oligossacarídeos utilizando uma combinação de 10 unidades de fructosiltransferase e 5 unidades de glicose oxidase por grama de sacarose, à temperatura de 40°C, pH 6,0 e 24 horas, notaram que a reação das duas enzimas foi controlada pela razão de transferência de oxigênio, suprido através de agitação e aeração do sistema.

GALVEZ *et al.* (1994) utilizando glicose oxidase – catalase para produção de mosto concentrado de alto teor de frutose, verificaram que a conversão de glicose em uma solução diluída do mosto a 10% em água deionizada (25°C, pH 6,0, 0,7% enzima, agitação de 400 rpm e aeração de 1 L/Lxmin) aumentava com o incremento de H₂O₂ (fonte de oxigênio juntamente com a aeração) adicionado ao sistema, nas seguintes razões: 57% de conversão para uma adição de 20 mL/Lxh, 91% a 40 mL/Lxh e 89% a 62 mL/Lxh, para 150 minutos de reação.

Em nosso trabalho não seria interessante a incorporação de oxigênio ao meio de estudo, ou seja, suco de manga, uma vez que seria inevitável a perda de qualidade do mesmo devido à oxidação de outros compostos presentes, como vitaminas A e C, além da inevitável perda de cor (oxidação de carotenóides e do ácido ascórbico) e formação de off-flavor no suco.

Além da aeração, pode-se perceber nos trabalhos supracitados que os meios onde foi empregada a glicose oxidase apresentavam pH 6,0. Observando a curva de atividade x pH da enzima comercial utilizada neste trabalho verifica-se que o valor de pH ótimo se situa na faixa de 5 a 5,8 aproximadamente. Da mesma forma também a alteração do pH natural do suco, através da adição de uma substância alcalina poderia mudar suas características organolépticas.

As superfícies de resposta e de contorno obtidas através do modelo ajustado decodificado para a oxidação da glicose estão apresentados nas figuras 2 e 3, respectivamente.

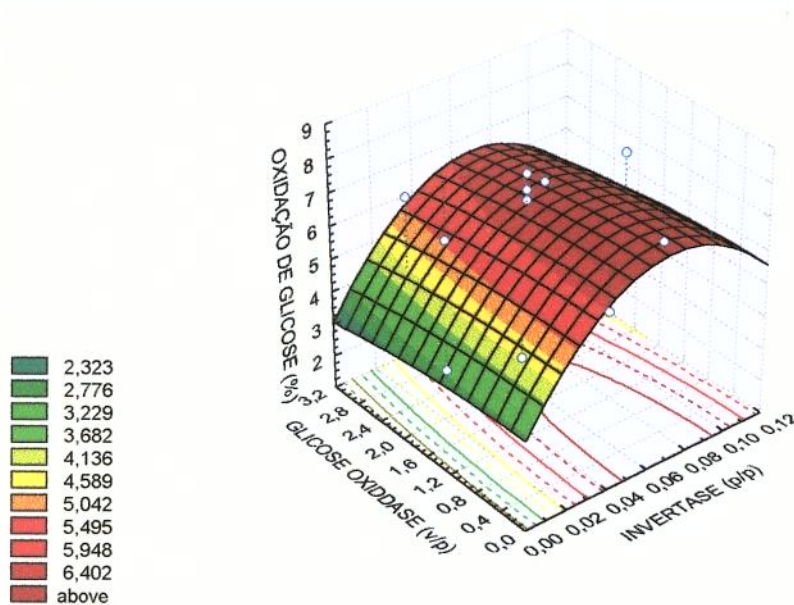


FIGURA 2: Superfície de resposta para a oxidação de glicose

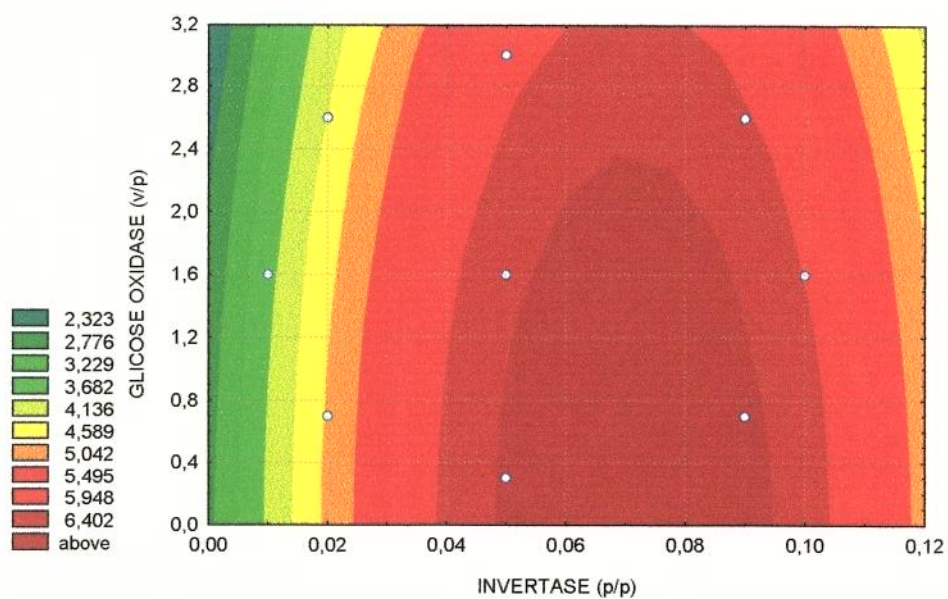


FIGURA 3: Superfície de contorno para a oxidação de glicose



2.2. Efeito da concentração de invertase em conjunto com a glicose oxidase na inversão de sacarose

Na tabela 7 estão apresentados os valores da porcentagem de inversão de sacarose obtidos para os 11 ensaios do delineamento experimental, calculados a partir dos resultados das análises de açúcares redutores e totais (anexo II). As análises foram realizadas em quadruplicata (anexo IV).

TABELA 7: Resultados da porcentagem de inversão de sacarose em suco de manga simples obtidos para os 11 ensaios do planejamento experimental

ENSAIO	Concentração de invertase (g/100 g)	Concentração de glicose oxidase (mL/100 g)	% inversão de sacarose
1	0,02	0,7	93,43
2	0,09	0,7	93,86
3	0,02	2,6	93,83
4	0,09	2,6	96,72
5	0,01	1,6	92,78
6	0,1	1,6	99,45
7	0,05	0,3	91,31
8	0,05	3,0	92,21
9	0,05	1,6	100,00
10	0,05	1,6	99,90
11	0,05	1,6	98,72

Os efeitos das concentrações de invertase e glicose oxidase na inversão de sacarose de suco de manga simples estão apresentados na tabela 8.

TABELA 8: Efeitos estimados e coeficientes do modelo de regressão completa para a porcentagem de inversão de sacarose em suco de manga simples

Fatores	Efeito	Coeficiente	Erro padrão	p
Intercepto	99,54000*	99,54000*	0,411015*	0,000017*
[invertase]	3,18820*	1,59410*	0,503389*	0,024034*
[GOX]	1,13320	0,56660	0,503389	0,153230
[invertase] ²	-3,16375*	-1,58188*	0,599152*	0,034044*
[GOX] ²	-7,51875*	-3,75938*	0,599152*	0,006290*
[invertase]*[GOX]	1,23000	0,61500	0,711899	0,226170

* significativos a $p \leq 0,05$

[invertase] parâmetro linear da concentração de invertase, [invertase]² parâmetro quadrático da concentração de invertase, [GOX] parâmetro linear da concentração de glicose oxidase, [GOX]² parâmetro linear da concentração de glicose oxidase, [invertase]*[gox] interação entre as duas variáveis

Pode-se observar pela tabela 8 que os parâmetros linear e quadrático da variável concentração de invertase, bem como o parâmetro quadrático da variável concentração de glicose oxidase se mostraram significativos a $p \leq 0,05$ no modelo de regressão completa.

Enquanto que o parâmetro linear da concentração de invertase é positivo, ou seja, há um aumento da porcentagem de inversão com o aumento desse

parâmetro, os parâmetros quadráticos das duas variáveis influem negativamente sobre a porcentagem de inversão de sacarose, contribuindo para diminuir tal índice, principalmente no caso da concentração de glicose oxidase, que é o parâmetro mais significativo da regressão.

O modelo foi então ajustado eliminando-se os fatores cujos efeitos não se apresentaram significativos a $p \leq 0,05$, procedendo-se então à análise de variância (ANOVA) e teste F. Os resultados estão apresentados na tabela 9.

TABELA 9: Resultados da análise de variância (ANOVA) para o modelo ajustado da porcentagem de inversão de sacarose em suco de manga simples

Causa de variação	SQ	GL	MQ	F_(calculado)	F_(tabelado)
Regressão	101,5403	2	50,7701	37,59	4,46
Resíduos	10,8052	8	1,3506		
Falta de ajuste	9,7916	6	1,6319	3,22	19,33
Erro puro	1,0136	2	0,5068		
Total	112,3455	10			

De acordo com os resultados gerados pela análise de variância o modelo ajustado para a inversão de sacarose no suco de manga simples apresentou regressão significativa ($p \leq 0,05$), verificado pelo fator F calculado ser maior que o tabelado (8,4 vezes maior).

O modelo não apresentou falta de ajuste significativa ($p \leq 0,05$), com valor do fator F calculado menor que o tabelado. O coeficiente de correlação R^2 foi de 0,90382, explicando 90% da variação das respostas.

A porcentagem de inversão de sacarose obtida nos ensaios do planejamento experimental foi bastante satisfatória em todos os níveis estudados, variando de 91,3% a 100%, uma vez que as concentrações utilizadas foram bastante baixas.

CARDOSO (1998), em seu estudo sobre o efeito das enzimas pectinase, invertase e glicose isomerase na qualidade de suco de banana, obteve hidrólise completa de 9,26% de sacarose contida no suco empregando 0,6% de invertase por 15 minutos a 40°C. Em nosso caso, a concentração de enzima utilizada nos tratamentos foi bem mais baixa, porém o tempo foi bem maior (60 minutos), utilizando praticamente a mesma temperatura. Assim, pode-se dizer que a aplicação de invertase em suco de fruta pode ainda ser otimizada quanto aos parâmetros do processo, principalmente quanto ao tempo de reação enzimática.

Deve-se ressaltar que tanto o modelo obtido para a oxidação de glicose como para inversão de sacarose no suco de manga simples são modelos empíricos, e segundo BARROS NETO *et al.* (1996) são modelos locais e aplicados apenas à região das variáveis determinada no estudo em questão, tornando a extrapolação algo arriscado e passível de respostas errôneas. Assim, para outros níveis de variáveis sempre devem ser realizados novos experimentos.

As superfícies de resposta e de contorno obtidas através do modelo ajustado decodificado para a inversão de sacarose em suco de manga simples estão apresentadas nas figuras 4 e 5, respectivamente.

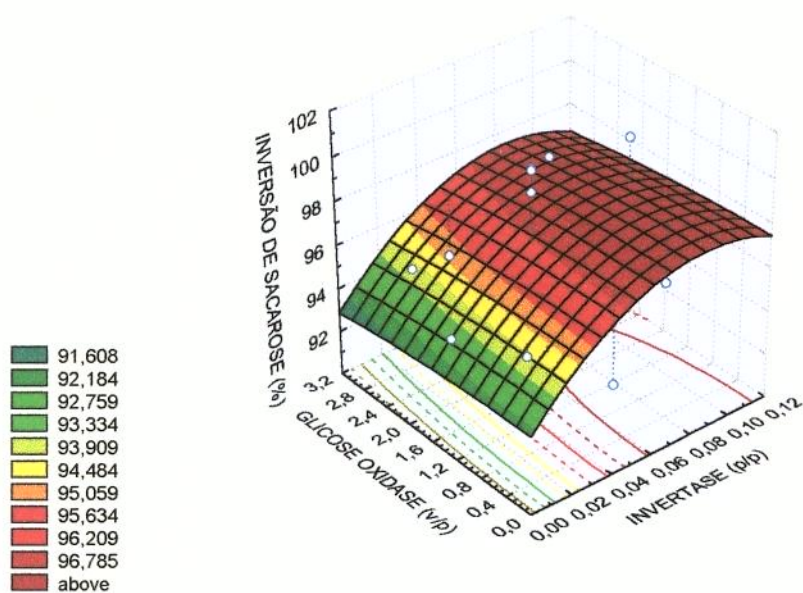


FIGURA 4: Superfície de resposta para a inversão de sacarose

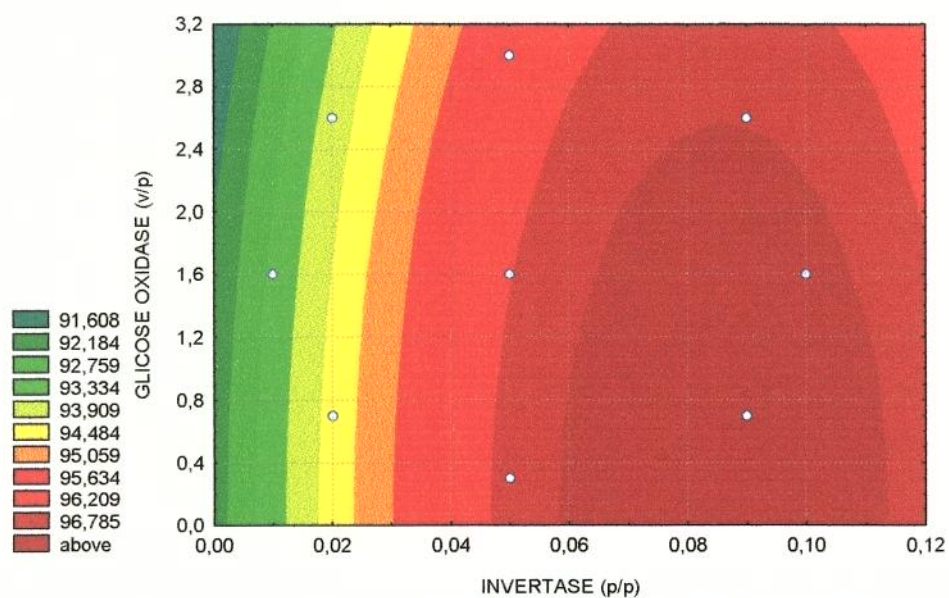


FIGURA 5: Superfície de contorno para a inversão de sacarose



3. Avaliação da atuação de glicose oxidase em solução modelo

Os resultados obtidos empregando diferentes concentrações de glicose oxidase em soluções modelo estão apresentados na tabela 10.

TABELA 10: Resultados da porcentagem de oxidação de glicose para os tratamentos com diferentes concentrações de glicose oxidase em solução 1% de glicose em tampão acetato pH 4,0 (A) e em solução tampão acetato pH 4,0 (B)

	Tratamentos	Glicose (g)	Oxidação de glicose (%)
Solução A	1mL + 0,1 mL GOX	0,40393	59,61
	1mL + 0,2 mL GOX	0,32279	67,72
	1mL + 0,3 mL GOX	0,37094	62,91
Solução B	1mL + 0,1 mL GOX	0,00256	----
	1mL + 0,2 mL GOX	0,00593	----
	1mL + 0,3 mL GOX	0,00904	----

Os resultados da tabela 10 mostram que a glicose oxidase atuou na glicose presente na solução modelo estudada, chegando a uma redução (através da oxidação) de até 68% do teor inicial. Assim, pode-se perceber que a enzima utilizada não havia perdido sua atividade.

Verifica-se também que foi detectada glicose nos ensaios em que a glicose oxidase foi empregada na solução tampão pura, aumentando de acordo com o aumento de enzima utilizada. Tal fato foi confirmado por análise em cromatografia de papel (anexo V), que indica presença de glicose na mistura de solução tampão e enzima glicose oxidase (0,1t e 0,3t). A partir disso pode-se concluir que há glicose presente na própria enzima.

CONCLUSÕES

- Os resultados dos testes preliminares para a determinação do tempo de reação mostraram que entre 40 e 60 minutos de tratamento o teor de açúcares redutores não apresentou diferença significativa ao nível de 5%, ou seja, a porcentagem de inversão de sacarose não diferiu para os dois tempos em questão, indicando que 40 minutos são suficientes para se obter a mesma porcentagem de inversão obtida em 60 minutos de tratamento. Já os resultados dos teores de açúcares totais no suco ao fim de cada tempo de tratamento mostraram diferença significativa entre si, com uma média maior para 60 minutos de tratamento, indicando que a porcentagem de oxidação de glicose aumentou de acordo com o aumento do tempo de tratamento.
- A análise estatística dos resultados do planejamento fatorial mostrou que os parâmetros quadráticos das variáveis concentração de invertase e concentração de glicose oxidase influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) na oxidação de glicose em suco de manga simples, exercendo um efeito negativo, ou seja, o aumento quadrático dessas variáveis acarreta em diminuição da oxidação de glicose em suco de manga simples, nas condições utilizadas no estudo, enquanto que o parâmetro linear da concentração de invertase, também significativo a $p \leq 0,05$ e positivo, leva ao aumento da porcentagem de inversão.
- Comportamento semelhante foi obtido de acordo com o modelo de regressão completa para a inversão de sacarose, sendo os parâmetros linear e quadrático da variável concentração de invertase, e quadrático da variável concentração de glicose oxidase significativos a $p \leq 0,05$. Enquanto que o

parâmetro linear da concentração de invertase contribui para o aumento da porcentagem de inversão, o parâmetro quadrático da concentração de invertase e principalmente o parâmetro quadrático da concentração de glicose oxidase, contribuem para diminuir a porcentagem de inversão de sacarose, nas condições utilizadas no estudo.

- A utilização de invertase nos baixos valores de concentração empregados à temperatura de 38°C por 60 minutos se mostrou bastante efetiva para a inversão de sacarose presente em suco de manga simples, com índices de até 100%.
- As porcentagens de oxidação de glicose presente em suco de manga foram baixas, com o máximo de 8%, para as concentrações empregadas no estudo. Esses índices poderiam ser incrementados com o suprimento de O₂ ao sistema, bem como elevação do pH, condições essas que poderiam prejudicar a qualidade sensorial e nutricional do produto.
- Dessa forma, o uso conjunto de invertase-glicose oxidase não se mostra viável para o objetivo do presente estudo, onde a oxidação de glicose é um passo imprescindível para que se obtenha um produto apto para inclusão em dietas direcionadas a consumidores diabéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington, 1984.

BARROS NETO, B., SCARMINIO, I. S., BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora Unicamp, 297 p., 1996.

BOHANNON, N. V., KARAM, J. H., FORSHAM, P. H. Endocrine responses to sugar ingestion in man. **Journal of The American Dietetic Association**, v. 76, p. 555-560, 1980.

BOX, G. E. P., HUNTER, W. G., HUNTER, J. S. **Statistic for experiments**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1978.

CÂNDIDO, L. M. B., CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais**. São Paulo: Varela, 1996, 423 p.

CARDOSO, M. H. **Processamento de suco semi-clarificado e de geléia de banana "light" em calorias**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1998. 116p. Tese (Doutorado).

DUXBURY, D. D. New enzymes enhance mechanical processing. **Food Processing**, p. 65, 1993.

FUGLSANG, C. C., JOHANSEN, C., CHRISTGAU, S., ADLER-NISSEN, J. Antimicrobial enzymes: applications and future potential in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, n. 12, p. 390-396, 1995.

GALVEZ, J. A ., PIA, J. M., ERCOLI, E. C. High fructose rectified concentrate must. **Starch / Stärke**, v. 46, n. 5, p. 197-199, 1994.

GARZILLO, A. M. V., DI PAOLO, S., FENICE, M., PETRUCCIOLI, M., BUONOCORE, V., FEDERICI, F. Production, purification and characterization of glucose oxidase from *Penicillium variable* P16. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 169-178, 1995.

INSTITUTO ADOLPHO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 2. ed., São Paulo, 1976.

JAMES, J., SIMPSON, B. K. Application of enzymes in food processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 36, n. 5, p. 437-463, 1996.

JUNG, K. H., KIM, J. H., JEON, Y. J., LEE, J. H. Production of high fructo-oligosaccharide syrup with two enzyme system of fructosyltransferase and glucose oxidase. **Biotechnology Letters**, v. 15, n.1, p. 65-70, 1993.

MAROLIA, K. Z., D'SOUZA, S. F. Removal of glucose from hen egg using glucose oxidase and catalase co-immobilized in hen egg white foam matrix. **Journal of Food Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 153-155, 1994.

MEJÍAS, E., PÉREZ, O. Obtencion de sirope invertido com el empleo del preparado de invertasa. **Alimentaria**, n. 273, 1996.

MEYER, A. S., ISAKSEN, A. Application of enzymes as food antioxidants. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 300-304, 1995.

OSBERGER, T. F. Pure crystalline fructose. In: NABORS, L. O., GELARDI, R. C. **Alternative sweeteners**. New York: Marcel Dekker Inc., 1986, p. 245-275.

OSBERGER, T. F., LINN, H. R. Pure fructose and its applications in reduced-calorie foods. In: DWIVEDI, B. K. **Low calorie and special dietary foods**. CRC Press, 1978, p. 115-123.

SCOTT, D. Applications of glucose oxidase. In: REED, G. (ed.). **Enzymes in food processing**. New York: Academic Press, 1975, cap. 19 (Food Science and Technology – A Series of Monographs) (a).

_____. Oxidoreductases. In: REED, G. (ed.). **Enzymes in food processing**. New York: Academic Press, 1975, cap. 9 (Food Science and Technology – A Series of Monographs)(b).

WHITAKER, J. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York: Marcel Dekker Inc., 1972, 636 p.

WISEMAN, A. **Handbook of enzyme biotechnology**. 2. ed. England, 1987, p. 335-336.

YUN, J. W., LEE, M. G., SONG, S. K. Batch production of high-content fructo-oligosaccharides from sucrose by the mixed-enzyme system of β -fructofuranosidase and glucose oxidase. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, v. 77, n. 2, p. 159-163, 1994.

YUN, J. W., SONG, S. K. The production of high-content fructo-oligosaccharides from sucrose by the mixed-enzyme system of fructosyltransferase and glucose oxidase. **Biotechnology Letters**, v. 15, n. 6, p. 573-576, 1993.

CAPÍTULO IV

Produção de geléia de manga rica em sólidos da fruta e sem adição de açúcares através de processo contínuo

WOLFF

WOLFF is a leading provider of...
...solutions for...
...the industry.

RESUMO

Este trabalho objetivou a formulação de geléia de manga, variedade Keitt, sem adição dos açúcares tradicionais (sacarose, glicose e frutose), com o dobro de sólidos da fruta em relação a uma formulação comercial, com concentração final de 20,2°B, produzida através de processo contínuo, em equipamento piloto composto por trocador de calor tubular e misturador estático. A geléia foi caracterizada sob os aspectos físicos, químicos, microbiológicos e avaliada sua aceitação sensorial, sendo comparada a uma geléia convencional, processada em tacho aberto (pressão ambiente), com uma concentração final de 66,5°B. Os resultados da caracterização química e física das duas geléias mostraram concordância com os trabalhos encontrados na literatura e dentro das faixas estabelecidas de padrão de qualidade de geléia, principalmente os parâmetros pH, acidez e teor de sólidos solúveis, necessários para a formação do gel. Os resultados do teste afetivo de aceitação mostraram uma boa aceitação das duas geléias, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, com uma diferença pequena entre si nos atributos sabor (6,38 para geléia sem adição de açúcares e 7,38 para a geléia convencional) e textura (7,36 para geléia sem adição de açúcares e 6,18 para a geléia convencional) a nível de significância de 5%. Através da avaliação microbiológica pôde-se classificar a geléia convencional como “comercialmente estéril”, porém a geléia sem adição de sacarose/glicose e baixo teor de sólidos solúveis, quando incubada a 55°C, foi classificada como “não comercialmente estéril”, indicando que o tratamento térmico não foi eficiente para manter a estabilidade microbiológica do produto, sendo necessários uma esterilização comercial adequada no produto acondicionado ou ajustes no processo.

SUMMARY

The objective of this work was to formulate a mango jelly (cv. Keitt) without the addition of the traditional sugars (sucrose, glucose and fructose), having twice the amount of fruit solids as a commercial formulation, produced by a continuous process in a pilot equipment composed of a tubular heat exchanger and a static blender. The jelly was characterized in terms of physical, chemical and microbiological aspects, and its sensory acceptance was evaluated in comparison with a conventional jelly, processed in an open-air process (environmental pressure). The results of the physical and chemical characterization were compatible with those found in the specialized literature and within the ranges established as standards for jelly quality, mainly in terms of the parameters pH, acidity and soluble solids content, essential for gel formation. The results of the sensory test showed that both the jellies had good acceptance, ranging from “liked slightly” to “liked moderately”, with a slight difference in the attributes flavor (6.38 for jelly without added sugar and 7.38 for the conventional one) and texture (7.36 for jelly without added sugar and 6.18 for the conventional one), at 5% significance. Microbiologically, the conventional jelly was classified as “commercially sterile”, but the one without added sucrose, when incubated at 55°C, was classified as “non-commercially sterile” when processed in the continuous process pilot equipment, indicating that the thermal treatment was not efficient in promoting the microbiological stability of the product, adjustments to the process being required.

INTRODUÇÃO

A procura cada vez maior por produtos modificados quanto ao teor de nutrientes e valor calórico, verificada com o “booming” de consumo de produtos “diet” e “light” ocorrido a partir de 1994, motivada pela conscientização dos consumidores em relação à saúde com a prevenção de distúrbios geralmente causados por dietas ricas em açúcares, calorias e gorduras, tem ocasionado um grande impulso no setor alimentício (ABEA, 1997). Atualmente existe uma grande variedade de produtos para fins especiais, sendo aqueles destinados a dietas de redução de açúcares um dos mais expressivos.

Dentre estes produtos estão as geléias dietéticas, onde a sacarose e o xarope de glicose normalmente adicionados são substituídos por outros adoçantes e/ou edulcorantes, os quais são geralmente utilizados em combinação, pois o efeito sinérgico resultante leva ao aumento do poder adoçante e à diminuição de problemas relativos ao sabor, como amargor.

Dentre os substitutos de sacarose mais utilizados estão a sacarina, o ciclamato, o acessulfame e o aspartame (edulcorantes sintéticos não calóricos); o esteviosídeo (edulcorante não calórico natural); sorbitol e frutose (adoçantes calóricos).

O sorbitol é o poliol mais amplamente encontrado na natureza, possuindo as funções de adoçante, agente de corpo, inibidor de cristalização, estabilizante e umectante, dentre outras. Tem poder adoçante de 0,5 a 0,7 vezes o da sacarose e valor calórico de 2,4 kcal/g. É considerado não-cariogênico e comumente empregado em produtos para fins dietéticos especiais indicados para diabéticos. Porém, possui a desvantagem de induzirem a ocorrência de sinerese em geléias, quando estas são submetidas a longos períodos de armazenamento (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

O acessulfame-K é um edulcorante não nutritivo, sintetizado a partir de derivados do ácido acetoacético, e comercializado através da marca registrada Sunett[®] (Hoechst AG, Alemanha) em todos os países, com exceção dos Estados Unidos, onde a marca é Sunnette[®] (Hoechst Celanese Corporation). É altamente estável em solução na faixa de pH de alimentos e bebidas, bem como a temperaturas utilizadas em processamento de alimentos, como pasteurização, esterilização e processos UHT. Possui poder adoçante de 200 vezes maior que soluções de sacarose a 3%. Quando utilizado juntamente com o sorbitol apresenta uma doçura bem balanceada, muito semelhante a da sacarose, sendo a mistura ideal para produtos dietéticos. É considerado não-cariogênico, não é metabolizado pelo homem, nem afeta o nível de glucose, colesterol e glicerol, podendo ser ministrado em dietas para diabéticos. É aprovado pelo FDA, com valor da IDA de 15 mg/Kg de peso, e pela legislação brasileira pertence à classe dos edulcorantes para alimentos e bebidas dietéticas, a ser utilizado em quantidade suficiente para obter o efeito desejado (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

Quanto à formação de gel, o mecanismo envolvido nas geléias dietéticas é diferente daquele que ocorre em geléias convencionais, de alto teor de sólidos.

No caso das geléias convencionais a formação de gel é dada pela adição de pectina com alto grau de metoxilação (ATM). O grau de metoxilação (DM) é definido como a razão de grupos ácidos esterificados pelo nº total de grupos ácidos (POPPE, 1995; SIGUEMOTO, 1991). A pectina ATM possui DM maior que 50% (ou com mais de 7% de metoxila), e forma gel em sistemas com valores de pH menores de 3,5 e concentração de soluto maior que 55% por peso (DA SILVA & RAO, 1995; THAKUR *et al.*, 1997). Segundo RAUCH (1965), para se obter um ótimo grau de geleificação com pectinas ATM, a concentração de açúcar deve ser 67,5% e pH 3,2.

Já as geléias dietéticas necessitam de pectinas de baixa metoxilação (BTM) para formação de gel, com DM inferior a 50% ou 3-6% de grupos metoxilas. Essas pectinas produzem géis em uma larga faixa de pH, com ou sem adição de açúcar na presença de pequenas quantidades de cálcio (NELSON *et al.*, 1977, *citado por* EL-NAWAWI & HEIKAL, 1995).

Dessa forma, para se obter uma geleificação adequada em uma geléia tradicional o pH final do produto deve estar entre 3 e 3,2 e como nem sempre o pH natural das frutas corresponde a esse valor é necessário fazer o ajuste através da adição de ácidos ou sais permitidos pela legislação (SOLER, 1991). Já no caso das geléias com baixos teores de açúcares o abaixamento do valor do pH do sistema não é um fator limitante para formação de gel, mas tem a função de barreira para o crescimento de microrganismos.

Porém, apenas a acidificação do meio não é suficiente para se manter a estabilidade microbiológica de geléias dietéticas, uma vez que o baixo teor de solutos leva a um alto valor da atividade de água, propiciando o desenvolvimento microbiano. Assim, é comum a adição de um conservante, normalmente o ácido sórbico em forma de sal (sorbato de sódio, potássio ou cálcio), como maior atuação contra bolores e leveduras do que contra bactérias (gram negativas), sendo efetivo em doses de 700 a 1000 ppm (KYSLINK, 1990).

Quanto ao processo utilizado na produção das geléias, o mais difundido é a cocção à pressão atmosférica, onde são utilizados tachos abertos com camisa de vapor e agitador mecânico. Neste tipo de processo o tempo é um fator determinante na qualidade do produto final. Períodos longos, aliando o uso de altas temperaturas à exposição ao oxigênio atmosférico, causam a caramelização do açúcar e conseqüente escurecimento do produto no caso de geléias convencionais, grande perda de aromas e nutrientes, degradação da pectina e gastos desnecessários de tempo e energia; já um tempo muito curto de cocção pode resultar em pouca ou nenhuma inversão da sacarose e a homogeneização incompleta do açúcar com a fruta e outros ingredientes, causando durante o

armazenamento destruição do gel e diminuição da concentração de sólidos solúveis do produto, no processo de geléias com açúcares (JACKIX, 1988).

Outro tipo de processo é a cocção a vácuo, onde as temperaturas empregadas são mais baixas, apresentando dessa forma vantagens em relação ao método tradicional, como processamento de bateladas maiores de geléia sem que ocorra caramelização, melhor conservação das características sensoriais e nutricionais da fruta; redução do grau de hidrólise da pectina durante a cocção (CETEC, 1985). Porém esse tipo de processo apresenta maior dificuldade quanto à limpeza da linha e necessidade do uso parcial de xarope de açúcar invertido, uma vez que devido à baixa temperatura o grau de inversão da sacarose é pequeno (JACKIX, 1988).

Como alternativa a esses dois métodos tem-se o processo contínuo de produção, o qual tem como princípio básico a adição sucessiva dos ingredientes à polpa de fruta, enquanto esta é continuamente bombeada para trocador de calor (SCHOLEY, 1969) (PONTING *et al.*, 1958) (JAM..., 1979).

As principais vantagens do processo contínuo são: diminui consideravelmente a oxidação do produto, acarretando em melhoria na sua qualidade sensorial, principalmente quanto a cor e sabor, e nutricional, diminuindo as perdas de vitaminas; menor consumo de energia em comparação ao sistema tradicional; limpeza pode ser feita através do sistema CIP, evitando a desmontagem da linha; uniformidade do produto (MADRID, 1983).

O presente trabalho teve como objetivo a produção de uma geléia rica em sólidos da fruta, no caso manga, e sem adição dos açúcares normalmente utilizados (sacarose, glicose), através de processo contínuo, e comparando-a quanto às suas características físicas, químicas, microbiológicas e aceitação sensorial com uma geléia convencional, processada à pressão ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

1.1. Geléia convencional

- Suco semi-concentrado de manga (28° B), variedade Keitt
- Pectina de alto teor de metoxilação (ATM), TIPO 8105 (rapid set, grau de metoxilação de 64-72%) - BRASPECTINA
- Sacarose comercial
- Xarope de glicose de milho – REFINAÇÕES DE MILHO BRASIL
- Ácido cítrico monoidratado PA - MERCK

1.2. Geléia sem adição de sacarose e glicose

- Suco simples de manga (15° B), variedade Keitt
- Pectina de baixo teor de metoxilação (BTM), TIPO 8002 (grau de metoxilação de 26-30%, grau de amidação de 18-23%) - BRASPECTINA
- Acessulfame-k - TOVANI BENZAQUEN
- Sorbitol – GETEC
- Ácido cítrico monoidratado PA - MERCK
- Fosfato tricálcico - SYNTH
- Sorbato de potássio

2. MÉTODOS

2.1. Testes preliminares para formulação da geléia sem adição de sacarose e glicose

Foram realizados testes preliminares de bancada para definir a formulação da geléia de manga sem adição de sacarose e glicose, tomando como base formulações comerciais, propostas por empresas fornecedoras de pectina como Braspectina e Brasfanta (anexos VIa e VIb).

Visando um aumento no teor de sólidos da fruta foram formuladas duas misturas. Na formulação 2 foi utilizado o dobro de sólidos da fruta em relação à amostra "comercial", substituindo toda a água adicionada por suco de manga simples (15°B).

Já na formulação 3 o suco simples foi substituído por suco concentrado de 28°Brix.

2.2. Processamento das geléias em planta piloto

2.2.1. Processamento de geléia sem adição de sacarose e glicose

O processamento da geléia sem adição de sacarose e glicose, a partir da formulação determinada nos ensaios preliminares, seguiu as seguintes etapas:

- Mistura e aquecimento do suco simples de manga (processo descrito no CAPÍTULO II) com pectina BTM em multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN;
- Transporte ao tanque alimentador do equipamento de processo contínuo e adição dos demais ingredientes (ácido cítrico em solução 60% para ajuste do pH, edulcorantes sorbitol e acessulfame, fosfato tricálcico para formação de gel, sorbato de potássio como conservante);

- Bombeamento da mistura ao trocador de calor/misturador estático até 85°C utilizando pressão de vapor na camisa do trocador de calor 1,2 Kgf/cm² ;
- Envase do produto a quente em embalagens de vidro (250 mL) e fechamento com tampas metálicas e inversão dos mesmos por aproximadamente dois minutos;
- Resfriamento à temperatura ambiente.

O equipamento montado para realização do processo contínuo de geléia, pertencente à Planta Piloto de Frutas, Hortaliças e Produtos Açucarados do Departamento de Tecnologia de Alimentos - FEA – UNICAMP, é composto por: tanque alimentador de aço inox de 100L; bomba de deslocamento positivo MONO PUMPS (modelo SJ310/v), munida de regulador de velocidades VARIMOT (escala de 0 a 1600 rpm); trocador de calor/misturador estático, com 02 trechos retos interligados em aço inox, 05 módulos de aquecimento munidos internamente de misturador estático helicoidal KENICS (205 mm comprimento), e três tubos de retenção; manômetros para vapor (0 a 4 kgf/cm²); válvula redutora de pressão SPIRAX SARCO (modelo BRV2S); termopares rígidos tipo T (cobre-constantan) com fios de extensão; registrador de temperatura; agitador mecânico semi-industrial.

O misturador estático helicoidal é um acessório relativamente simples e que oferece vantagens práticas, podendo ser utilizado em trocadores tubulares visando melhorar a homogeneização do produto e aumentar a transferência de calor. É constituído por elementos helicoidais com torção alternada, justapostos um com o outro a um ângulo de 90° e situados dentro de uma carcaça tubular. Os meios fluídos são forçados a se misturarem mediante uma sequência de divisões e recombinações com a formação de 2ⁿ camadas por n elementos, com aumento da eficiência conforme aumento de n (PERRY & CHILTON, 1980).

O fluxograma de processo e o equipamento de processo contínuo de geléia estão apresentados nas figuras 1 e 2, respectivamente.

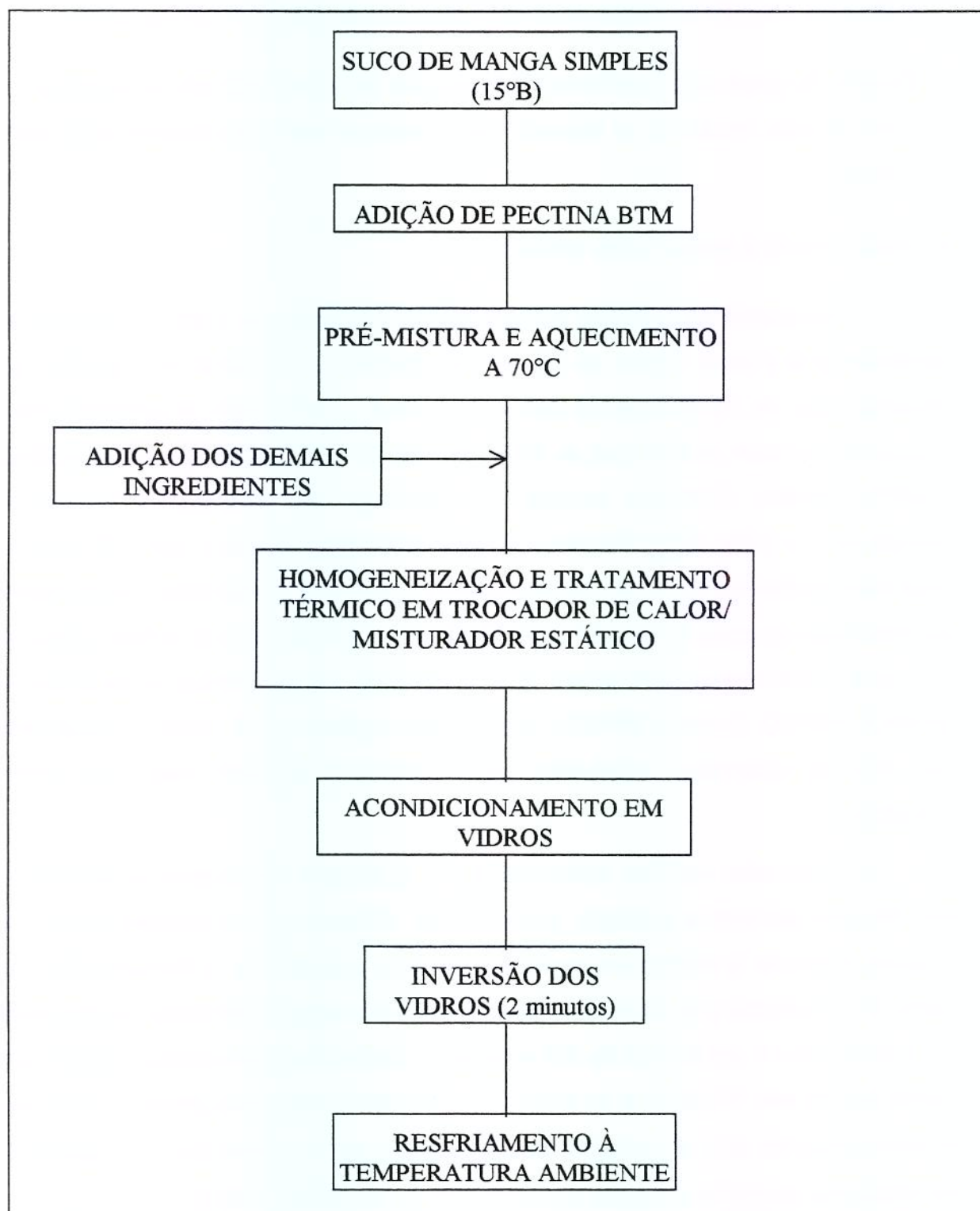


FIGURA 1: Fluxograma do processamento contínuo de geléia de manga sem adição de sacarose e glicose

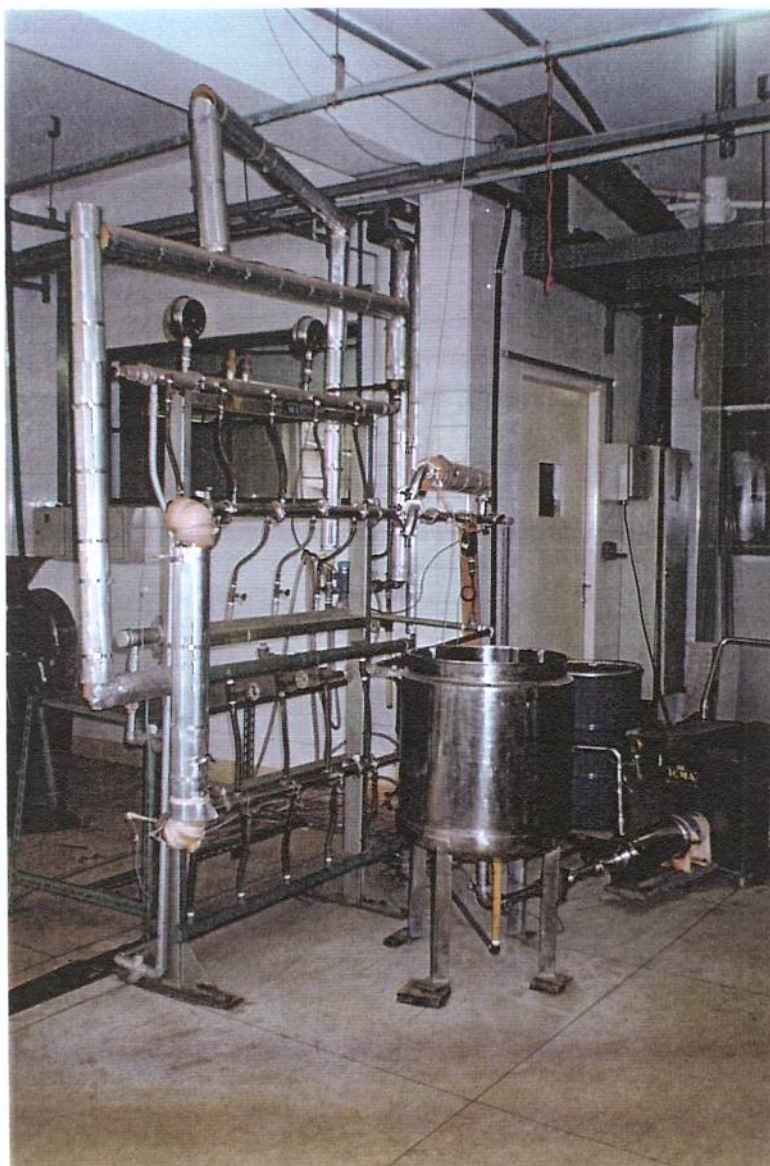


FIGURA 2: Equipamento utilizado no processamento contínuo de geléia

2.2.2. Processamento de geléia convencional

O processamento da geléia convencional, utilizando o processo usual à pressão ambiente seguiu as seguintes etapas:

- Dissolução a quente da pectina ATM com água em multiprocessador piloto de alimentos STEPHAN;
- Aquecimento e concentração do suco semi-concentrado (processo semelhante ao suco simples, mais a etapa de concentração até 28°B a vacuo) em tachão aço inox com camisa de vapor até aproximadamente 62°B;
- Adição da pectina dissolvida e do ácido cítrico em solução 60%;
- Concentração até 66°B;
- Envase do produto a quente em embalagens de vidro (250 mL) e fechamento com tampas metálicas e inversão dos mesmos por aproximadamente dois minutos;
- Resfriamento à temperatura ambiente.

O fluxograma de processo e o tachão encamisado utilizado neste processo estão apresentados nas figuras 3 e 4, respectivamente.

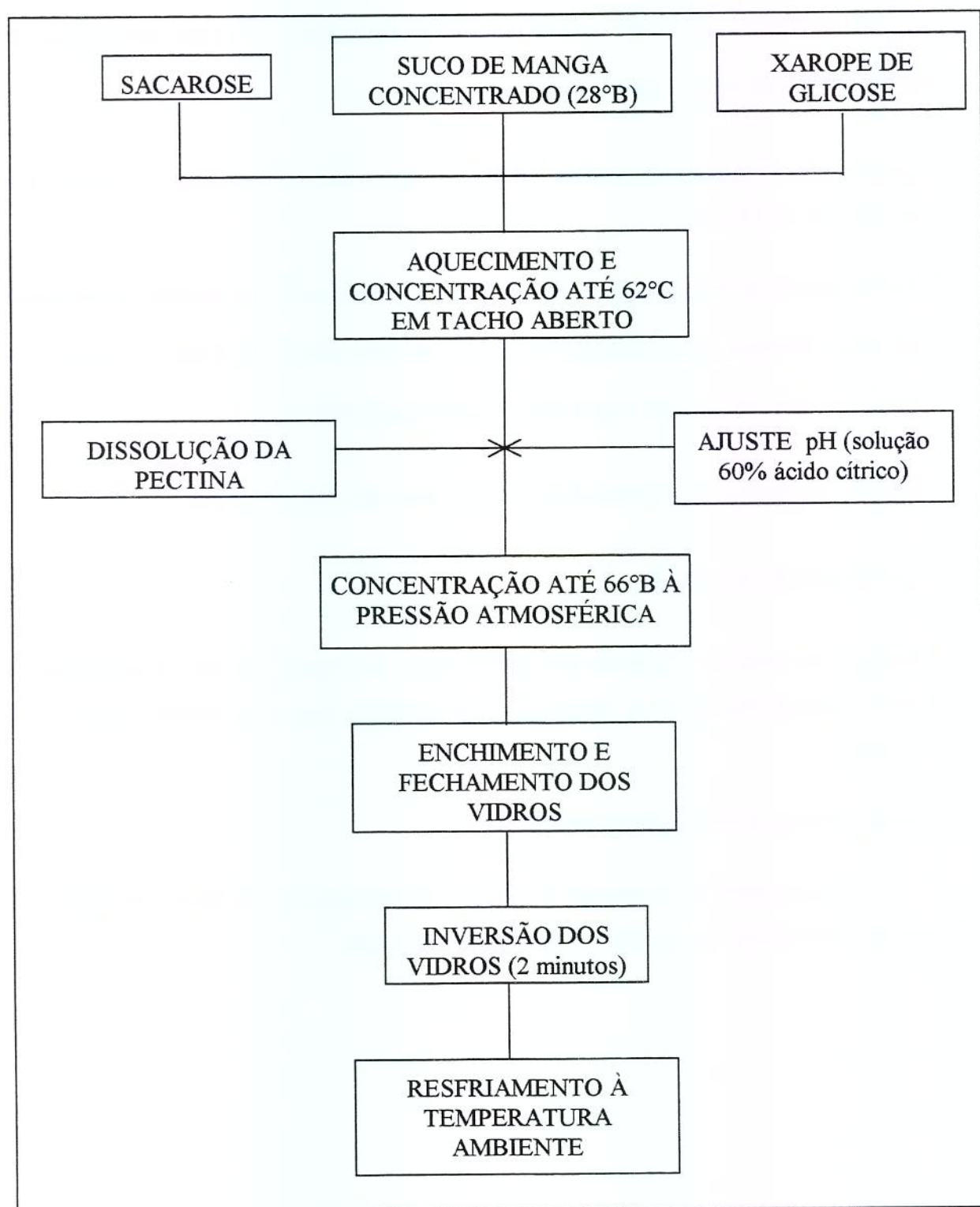


FIGURA 3: Fluxograma do processamento de geléia de manga convencional em tachos abertos

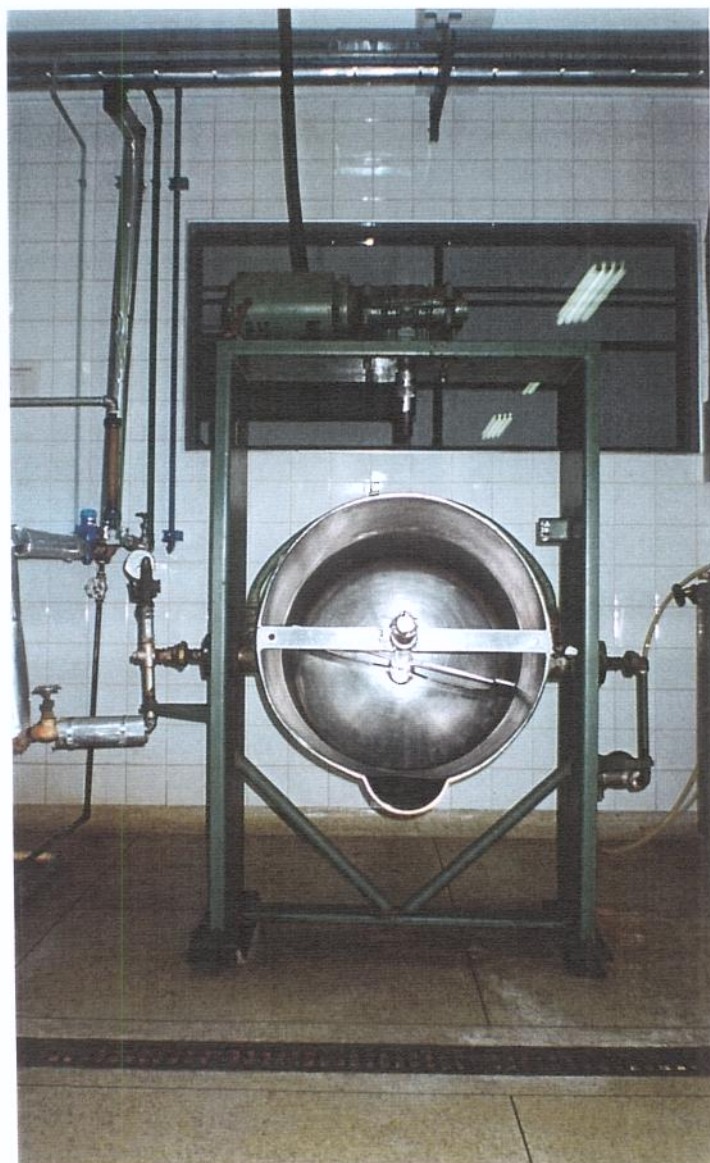


FIGURA 4: Tacho encamisado utilizado no processamento convencional de geléia

2.3. Determinações químicas das geléias

2.3.1. Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis das geléias foi determinado em refratômetro Carl Zeiss (JENA), segundo método 13.6.1, INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976), sendo feitas as correções das leituras com a temperatura.

2.3.2. pH

O pH das geléias foi medido em pHmetro Micronal modelo B374, segundo método 13.010, AOAC (1984).

2.3.3. Acidez total titulável

Foi determinada a acidez titulável das geléias através do método 942.15, AOAC (1997), e expressa em porcentagem de ácido cítrico anidro.

2.3.4. Umidade

O teor de umidade foi determinado utilizando estufa a vácuo (WWR Scientific, modelo 1400E) a 70°C até peso constante, método 920.151, AOAC (1997).

2.3.5. Atividade de água

A atividade de água das geléias foi determinada através do medidor de atividade de água (Aw) AQUALAB, modelo CX-2 Decagon.

2.3.6. Açúcares redutores e totais

O teor de açúcares redutores e totais foi determinado através dos métodos 4.13.2 e 4.13.3, INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976).

2.3.7. Vitamina C

O teor de vitamina C das geléias foi determinado através do método que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol indofenol-sódico pelo ácido ascórbico, AOAC, (1984), modificado por BENASSI (1990), que substitui o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico.

O preparo da amostra foi realizado de acordo com SILVA (1999), da seguinte forma: diluição de 20 g de geléia a 100 mL com ácido oxálico, seguida de agitação sob refrigeração (7-8°C/15minutos) com proteção de luz.

2.4. Determinações físicas das geléias

2.4.1. Sinerese

A sinerese, exsudação da fase aquosa da rede do gel, foi determinada através da metodologia proposta por BAYDON (1987), onde coloca-se amostras de geléia (foram colocadas aproximadamente 10 g de amostras com 2,5 cm de diâmetro) no centro de papel filtro Whatman nº 1 previamente seco em estufa e mede-se após 2 minutos o avanço do anel de umidade, tomado como índice de sinerese, sendo os resultados expressos em cm de incremento do diâmetro em relação à amostra.

2.4.2. Cor

Os parâmetros de cor L^* (luminosidade), a^* (+ a^* vermelho, - a^* verde), b^* (+ b^* amarelo, - b^* azul), sistema CIELab (FERREIRA, 1991), foram determinados através de aparelho MINI SCAN, com iluminante D65 e ângulo 10° , e padrão branco de calibração nº M03500, com $X=0,83$, $Y=85,1$ e $Z=91,0$, com janela de leitura (campo de visão) de 10 mm.

A leitura foi realizada diretamente na geléia acondicionada, a partir da superfície de produto do topo da embalagem. Não foi necessário o uso de fundo, devido à profundidade do vidro com produto, para os dois tipos de geléia.

2.4.3. Textura

Foi realizada análise instrumental de textura nas geléias convencional e sem de sacarose e glicose, através texturômetro TAXT2 STABLE MICRO SYSTEMS, utilizando probe de diâmetro 1/2" e calibre 100 mm, com as seguintes condições: velocidade pré-teste de 3,0 mm/s, velocidade do teste de 2,0 mm/s, velocidade pós-teste de 2,0 mm/s, distância de penetração do êmbolo na amostra de 20,0 mm, força de contato de 5g e dupla compressão. Os parâmetros avaliados foram dureza (g) e adesividade (g x s).

2.5. Análise Sensorial

Foi realizado teste afetivo de aceitação, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, sendo a extremidade inferior 1-DESGOSTEI MUITÍSSIMO e a extremidade superior 9-GOSTEI MUITÍSSIMO. Este tipo de teste permite que uma amostra seja avaliada sem ser comparada com outras, e portanto não forçando uma escolha (STONE & SIDEL, 1993) (MEILGAARD et al, 1988).

Foram consultados 50 provadores, sendo 33 do sexo feminino e 17 do sexo masculino, todos alunos, professores e funcionários da Universidade Estadual de Campinas, principalmente da Faculdade de Engenharia de Alimentos.

Os atributos avaliados nas amostras foram: aparência, aroma, sabor e textura.

As amostras foram analisadas numa mesma sessão, porém de forma monádica, utilizando-se fichas distintas, a fim de se evitar a comparação direta entre elas. A ordem de apresentação das amostras foi balanceada, a fim de se evitar o efeito “first order”, que é a possibilidade da amostra avaliada em primeiro lugar exercer influência sobre a avaliação da(s) amostra(s) subsequentes.

Foram servidos cerca de 10 g de geléia em copinhos plásticos descartáveis, codificados com três algarismos, acompanhados de biscoito de água e faca plástica, sendo avaliados os atributos aroma, textura e sabor respectivamente. A aparência foi avaliada na geléia diretamente da embalagem de acondicionamento e em placa de petri, acompanhada de faca plástica para manuseio.

Os resultados foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey, utilizando o pacote estatístico SAS, e através da distribuição de frequência das notas atribuídas para cada geléia, nos atributos avaliados (histogramas de frequência).

2.6. Avaliação microbiológica das geléias

Apesar da legislação brasileira exigir apenas o teste de esterilidade comercial como controle microbiológico de geléias de frutas (BRASIL, 1997), foram feitas análises de contagem total, coliformes, bolores e leveduras.

2.6.1. Contagem total

A contagem total de mesófilos aeróbicos foi realizada segundo metodologia citada por SILVA & JUNQUEIRA (1995).

2.6.2. Bolores e leveduras

A contagem de bolores e leveduras foi realizada de acordo com a metodologia proposta por VANDERZANT & SPLITSTOESSER (1992).

2.6.3. Coliformes

A análise da presença de coliformes nas amostras foi realizada de acordo a metodologia proposta por VANDERZANT & SPLITSTOESSER (1992).

2.6.4. Teste de esterilidade comercial

Conforme Portaria nº 1/1987, da Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos (DINAL), do Ministério da Saúde “Após dez dias de incubação a 35°C não deve existir sinais de alterações das embalagens, nem quaisquer modificações física, química ou organoléptica do produto” (SILVA & JUNQUEIRA, 1995).

O teste de esterilidade comercial para alimentos ácidos, visando a detecção de bactérias lácticas (indicativas de vazamento), bolores e leveduras (vazamento), clostrídios butíricos (subprocessamento) e termófilos “flat-souers” (subprocessamento), foi realizado de acordo a metodologia proposta por VANDERZANT & SPLITSTOESSER (1992). As amostras de geléia foram incubadas às temperaturas de 35°C e 55°C por dez dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Formulações preliminares de geléia sem adição de sacarose e glicose processadas em laboratório

As formulações propostas com suco simples (2) e com suco concentrado de manga (3), e a formulação comercial estão apresentadas na tabela 1.

TABELA 1: Formulações para geléias sem adição de sacarose e glicose

INGREDIENTES	Formulação 1 (%)	Formulação 2 (%)	Formulação 3 (%)
Suco de manga (15°B)	44,75	89,16	99,01
Água	40,67	—	—
Pectina BTM	1,4	1,4	0,8
Sorbitol (70°B)	9,55	9,55	—
Acessulfame-K	0,08	0,08	0,1
Fosfato tricálcico	0,15	0,11	0,09
Ácido cítrico	0,40	0,72	—
Sorbato de potássio	0,06	0,06	0,06

O teor de sólidos solúveis encontrado para as formulações 1, 2 e 3 foram 16, 23 e 32°B respectivamente.

Baseando-se a escolha da formulação em função desse parâmetro, certamente a formulação 3 seria a melhor. Porém devido ao alto teor de polpa presente no suco, a geléia formulada com suco concentrado não apresentou a consistência característica de geléia, ou seja, gelatinosa e angulosa quando submetida ao corte, se assemelhando mais a um doce em massa.

Assim, a formulação 2, com o dobro de concentração de sólidos da fruta em relação à amostra comercial, foi escolhida para os testes em escala piloto.

2. Formulações finais das geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose processadas em planta piloto

As geléias processadas em planta piloto, convencional à pressão atmosférica (tacho aberto) e sem adição de sacarose e glicose através de processo contínuo, acondicionadas em embalagens de vidro de 250 mL, estão apresentadas na figura 5 e suas formulações apresentadas nas tabelas 2 e 3, respectivamente.



FIGURA 5: Geléias de manga sem adição de sacarose e glicose e convencional (da esquerda para a direita)

TABELA 2: Formulação de geléia convencional com 66,5°B processada em tachó aberto

INGREDIENTES	Sólidos solúveis (%)	Peso (Kg)	Sólidos solúveis (Kg)
Suco concentrado	28	9,225	2,583
Xarope de glicose	84	3,075	2,583
Sacarose	100	14,358	14,358
Pectina ATM	100	0,276	0,276
Ácido cítrico	100	0,110	0,110
Água	—	3,066	—
Total		30,110	19,910

TABELA 3: Formulação de geléia sem adição de sacarose e glicose com 20,2°B processada através de processo contínuo

INGREDIENTES	Sólidos solúveis (%)	Peso (Kg)	Sólidos solúveis (Kg)
Suco simples	15	26,748	4,012
Acessulfame K	100	0,024	0,024
Sorbitol	70	2,865	2,005
Pectina BTM	100	0,420	0,420
Sorbato de potássio	100	0,018	0,018
Fosfato tricálcico	100	0,046	0,046
Ácido cítrico	100	0,216	0,216
Total		30,337	6,741

3. Caracterização química das geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose

Os resultados da caracterização química das geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose estão apresentados na tabela 4.

TABELA 4: Valores médios e desvio-padrão das características químicas das geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose

Características	Geléia Convencional		Geléia sem adição de sacarose e glicose	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Sólidos solúveis (°Brix)	66,5	0,7	20,2	0,3
pH	3,42	0,01	3,29	0,01
Açúcares redutores (%)	23,98	1,57	4,23	0,22
Açúcares totais (%)	53,75	2,30	9,11	0,48
Acidez total (%ácido cítrico)	0,57	0,02	0,91	0,01
Vitamina C (mg/100g)	7,64	0,25	14,47	0,36
Umidade (%)	34,11	0,11	79,54	0,19
Aw	0,826	0,003	0,979	0,001

Os valores de sólidos solúveis e pH obtidos para a geléia convencional estão próximos daqueles apontados por RAUCH (1965) como ótimos para formação do gel, que são respectivamente 67,5°B e 3,2. A acidez também se encontra na faixa ideal de 0,5 a 0,7%.

Em relação à umidade, o valor encontrado é coerente com o estabelecido pela legislação do Estado de São Paulo de 1978, de 35 % (p/p) para geléia do tipo extra. Quanto à atividade de água (A_w) a legislação não estabelece limite. O valor de A_w encontrado está próximo ao citado por TILBURY (1976), que aponta um máximo de 0,80 para as geléias convencionais.

No caso da geléia de manga sem adição de sacarose e glicose não existe no mercado um produto similar para comparação e tampouco limites estabelecidos por legislação quanto ao teor de sólidos solúveis. Contudo, através dos testes preliminares de bancada foi possível constatar que a formulação 2 contribui com 13,37 g de sólidos solúveis de fruta (em 100g de formulação) enquanto que a formulação 1 (tipo “comercial”) contribui com apenas 6,71 g de sólidos da fruta. Portanto a formulação proposta no trabalho apresenta aproximadamente o dobro do teor de sólidos solúveis provenientes do suco de fruta em relação à formulação do tipo “comercial”.

Em relação às geléias processadas em planta piloto, a geléia convencional 66,5°B apresentou 8,63% de sólidos solúveis da fruta, enquanto que para a geléia sem adição de sacarose e glicose a 20,2°B este valor é 12,02%.

CARDOSO (1998), ao formular geléias *light* a partir de suco de banana clarificado, encontrou valores de sólidos solúveis de 20,6 e 25,3°B para as formulações sem adição de substitutos de sacarose; 29,3 e 31,7°B para as formulações com uma mistura composta pelos substitutos sorbitol, frutose e polidextrose, e com teores de sólidos da fruta 25% superiores às duas primeiras formulações. Apesar desses valores serem maiores que os da geléia sem adição de sacarose e glicose de manga aqui proposta, deve-se ressaltar que o teor de

sólidos solúveis iniciais do suco de banana clarificado (23,50°B) também é superior ao encontrado para o suco de manga (15°B).

O pH também se encontra na faixa ótima para formação de gel. Já os valores do teor de umidade e de A_w são bastante elevados, o que é de se esperar devido à falta de soluto adicionado. O valor de A_w é próximo aos valores encontrados por CARDOSO (1998), de aproximadamente 0,99 para as quatro formulações de seu estudo. Deve-se ressaltar que a A_w é um parâmetro fundamental para a conservação de alimentos, já que representa o teor de água livre presente nos mesmos, que é a porção fracamente ligada ao substrato, atuando como solvente e permitindo o crescimento microbiano e reações químicas (BOBBIO & BOBBIO, 1995). Assim, este tipo de geléia é bastante susceptível ao desenvolvimento de microrganismos, exigindo tratamentos especiais.

Em relação à classificação da geléia formulada sem açúcares conforme a legislação, de acordo com a Portaria nº 27, de 13/01/98, da Secretaria de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde, que aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), para que um alimento seja classificado com o termo "LIGHT", deve ser cumprido o atributo "baixo". Para isso, "deve haver uma diferença relativa mínima de 25% para menos no valor energético (e diferença maior que 40 kcal/100 g ou 20 kcal/100 mL) ou no conteúdo de nutrientes dos alimentos comparados (e diferença maior que 5 g de açúcares/100 g sólidos ou 5 g/100 mL líquidos), e uma diferença absoluta mínima no valor energético (máximo de 40 kcal/100g de sólido ou 20 kcal/100 mL de líquido), ou no conteúdo de nutrientes, que no caso do teor de açúcares é fixado no valor máximo de 5 g açúcares /100 g sólido, ou por 100 mL de líquido" (BRASIL, 1998a).

A geléia com substituição de sacarose/glicose possui uma redução de 83% do teor de açúcares totais em relação à geléia convencional atendendo ao quesito comparativo da norma (redução > 25% no valor do nutriente dos

alimentos comparados); porém, o teor absoluto do atributo fixado em 5 g de açúcares/100 g de produto não é cumprido, já que o produto apresenta um teor de 9,11% de açúcares. Dessa forma a geléia com substituição de sacarose/glicose não pode ser classificada como “LIGHT” em relação ao teor de açúcares, e sim como “SEM ADIÇÃO DE AÇÚCARES”.

Quanto ao valor energético, considerando apenas o teor de açúcares para fins comparativos entre as duas geléias formuladas, não contabilizando as contribuições em calorias de proteínas e lipídeos, que na verdade são inexpressivas neste tipo de produto, este valor é de 215 kcal na geléia convencional, considerando o valor calórico de 4 kcal/g para os açúcares sacarose, glicose e frutose, que estavam presentes naturalmente no suco e que foram adicionados.

Seguindo o mesmo cálculo, a geléia sem adição de açúcares apresenta um valor energético de 59,4 kcal, considerando os valores calóricos de 4 kcal/g para açúcares e 2,4 kcal/g para o sorbitol. Assim, a diferença mínima comparativa para se considerar o produto “LIGHT” em calorias é cumprida, pois a geléia sem adição de açúcares apresenta uma redução de 75% e diferença de 155,6 kcal/100 g neste atributo em relação à geléia convencional.

Porém, em termos absolutos, apesar de não se saber exatamente o valor energético da geléia sem adição de açúcares, já que não foram analisados o teor de proteínas e lipídeos para o cálculo teórico do mesmo, pode-se concluir que o produto em questão não obedece à exigência de apresentar no máximo 40 kcal para ser considerado o atributo “baixo” e poder ser classificado como “LIGHT”, já que só em base no teor de açúcares o valor energético é de 59,4 kcal, sendo na verdade ainda maior devido aos outros nutrientes não considerados. Assim, o termo correto atribuído à geléia é valor energético “REDUZIDO”.

Em relação à classificação do produto quanto à sua utilização em dietas específicas, de acordo com a Portaria nº 29, de 13/01/98, da Secretaria de

Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde, que aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais, a geléia formulada sem adição de açúcares não pode ser destinada a dietas com restrição de carboidratos, onde os alimentos podem conter no máximo 0,5 g do nutriente em referência por 100 g ou 100 mL do produto final a ser consumido; mas pode ser destinada a dietas de ingestão controlada de açúcares, sendo neste caso permitida a presença dos açúcares naturalmente existentes nas matérias-primas utilizadas (BRASIL, 1998b).

O teor de vitamina C foi determinado para os dois tipos de geléia processados em nível laboratorial (bancada), seguindo as mesmas formulações utilizadas em planta piloto, com a diferença que na geléia convencional também foi utilizado suco de manga simples 15°B (17,74 mg ácido ascórbico/100 g). Os valores obtidos, 7,64 mg ácido ascórbico/100 g para a geléia convencional e 14,47 mg/100 g para a geléia sem adição de sacarose e glicose, mostram que durante a obtenção da geléia convencional ocorreu uma perda de 26,65% do teor de ácido ascórbico inicial de suco presente na formulação enquanto que para a geléia sem adição de sacarose e glicose a perda foi muito menor, de 5,32%, valores estes calculados com base nos sólidos solúveis das geléias (68,8°B para a geléia convencional e 23,03°B para a geléia sem adição de sacarose e glicose).

A maior perda do teor de vitamina C ocorrida para a geléia convencional se deve ao maior tempo de processamento a alta temperatura para evaporar uma parte da água presente no suco de manga e assim obter um teor de sólidos solúveis ideal para uma boa formação do gel, o que não é necessário no caso da geléia sem adição de sacarose e glicose, onde a função do tratamento térmico é promover a dissolução dos ingredientes na mistura e a destruição de microorganismos. Assim, a geléia sem adição de sacarose e glicose se mostra mais vantajosa em relação à geléia convencional quanto ao maior teor de vitamina C, tanto por possuir um teor inicial maior deste nutriente devido à sua

formulação com maior teor de sólidos solúveis da fruta, quanto pela manutenção deste teor em função do processamento que sofre.

4.Caracterização física das geléias

4.1. Medida da sinerese

Os resultados da medida da sinerese para as geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose estão apresentados na tabela 5.

TABELA 5: Valores da média e desvio-padrão para sinerese ocorrida nas geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose

SINERESE (cm)	Geléia Convencional		Geléia sem adição sacarose e glicose	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
	0,18	0,04	0,47	0,09

Análise feita após 05 dias de processamento

Comparando os dois tipos de geléia percebe-se que o grau de sinerese ocorrido na geléia com substituição de sacarose foi muito maior que o da geléia convencional. Este fato pode ser explicado pelo alto teor de umidade presente na geléia sem adição de sacarose e glicose (79,54%), havendo portanto mais água disponível para migrar, provocando a sinerese.

Geléias utilizando a casca do maracujá amarelo não sofreram sinerese 48 horas após seu processamento, e apresentaram os valores de 0,10 a 0,20 quando estocadas por 120 dias à temperatura ambiente (LIRA FILHO, 1995). Já

CARDOSO (1994) ao estudar geléia de jambo encontrou para a geléia sem casca os valores de 2,67 e 3,83 para análise feita no tempo zero e 337 (dias), respectivamente; 3,33 e 3,50, nos mesmos tempos, para a geléia com casca. Assim, o valor de sinerese encontrado para a geléia convencional é compatível com os valores encontrados no estudo citado.

4.2. Determinação da cor

Os resultados da medida dos parâmetros L^* , a^* , b^* para as geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose estão apresentados na tabela 6.

TABELA 6: Valores médios e desvio-padrão dos parâmetros de cor das geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose

COR	Geléia Convencional		Geléia sem adição de sacarose e glicose	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
L^*	38,08	0,27	46,22	0,02
a^*	5,61	0,03	10,40	0,03
b^*	15,12	0,11	50,86	0,01

Análise feita após 01 dia de processamento

Os resultados mostram que a geléia sem adição de sacarose e glicose apresenta valores de luminosidade (L^*) e amarelo ($+b^*$), bem maiores do que a

geléia convencional, portanto mais clara e mais amarela. Este fato se explica pelas reações não enzimáticas de degradação de açúcares ocorridas durante o processamento da geléia convencional: reação de Maillard, onde os reagentes são aminoácidos e açúcares redutores, e caramelização, através dos açúcares redutores e não redutores, sem a intervenção de aminoácidos. Em ambos os casos os produtos de degradação formam novos compostos escuros e de alto peso molecular, chamados de melanoidinas na reação de Maillard e na reação de caramelização, conferindo sabor e cor ao produto final (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Assim, como a quantidade de açúcares presentes na geléia sem adição de sacarose e xarope de glicose é somente aquela presente no suco de manga, é de se esperar que não ocorra muita mudança na cor do produto final, ao contrário da geléia convencional, onde a quantidade de açúcares adicionada propicia as reações acima citadas.

4.3. Medida da Textura

Os resultados da medida dos parâmetros dureza e adesividade as geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose estão apresentados na tabela 7 e o perfil de textura nos anexos VIIa e VIIb, respectivamente.

O parâmetro dureza corresponde, na curva do perfil de textura gerada pelo texturômetro, à altura do primeiro pico gerado pela compressão e adesividade, à área do pico negativo formado quando o probe é retirado da amostra (FRIEDMAN *et al.*, 1963). Sob o ponto de vista sensorial, dureza é definida como a força necessária para comprimir uma substância entre o molar (para sólidos) ou entre a língua ou palato (para semi-sólidos) para se obter uma deformação ou penetração, enquanto que adesividade é o trabalho necessário para remover o material que adere à boca (dente, palato, língua) (ABBOTT, 1973).

TABELA 7: Valores médios e desvio-padrão dos atributos de textura das geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose

TEXTURA		Geléia Convencional		Geléia sem adição de sacarose e glicose	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Dureza	(g)	169,48	10,89	44,21	3,46
	(g/cm ²)	47,87	3,08	12,49	0,98
	(N)	2,60	0,13	0,43	0,03
Adesividade	(g x s)	191,17	30,29	73,38	8,63
	(g x s/cm ²)	54,00	8,56	20,73	2,44
	(N x s)	1,87	0,30	0,72	0,08

Pelos resultados apresentados na tabela 7 nota-se uma grande diferença nos atributos de dureza e adesividade para os dois tipos de geléia. A geléia convencional apresentou valor de dureza quatro vezes superior à geléia sem adição de sacarose e glicose, e valor do atributo adesividade duas vezes e meia maior.

O valor de dureza encontrado para a geléia convencional é próximo ao encontrado em geléia de jambo utilizando fruto com casca, de 48,61 g/cm², no estudo de CARDOSO (1994).

5. Análise sensorial

Os resultados do teste afetivo de aceitação realizado para avaliação das geléias de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose estão apresentados na tabela 8. A ficha sensorial utilizada no teste está apresentada no anexo VIII.

TABELA 8: Valores médios e desvio-padrão das respostas sensoriais para as geléias de manga convencional sem adição de sacarose e glicose

ATRIBUTOS	Geléia Convencional		Geléia sem adição de sacarose e glicose	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Aroma	7,36 ^a	1,22	7,20 ^a	1,41
Sabor	7,38 ^a	1,26	6,38 ^b	2,12
Aparência	7,06 ^a	1,58	6,88 ^a	1,62
Textura	6,18 ^a	1,84	7,36 ^b	1,27

Médias com letras iguais no sentido horizontal não apresentam diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$)

Verifica-se que as geléias convencional e com substituição de sacarose e glicose apresentaram médias de aceitação entre 6 e 7, cujas notas representam respectivamente GOSTEI LIGEIRAMENTE e GOSTEI MODERADAMENTE, que são índices bastante satisfatórios de aceitação.

As geléias não apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$) para os atributos aroma e aparência; quanto ao último, este fato é bastante curioso, já que as amostras são bastante discrepantes entre si, principalmente em relação à cor e ao brilho, o que indica que os consumidores não fizeram uma comparação direta entre as amostras, não prejudicando a avaliação e a aceitação das mesmas.

Já os atributos sabor e textura apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) para os dois tipos de geléia. No caso do sabor a geléia convencional recebeu nota maior que a geléia com substituição de sacarose e glicose. Apesar da geléia sem adição de sacarose e glicose apresentar um sabor mais acentuado de manga, a tendência dos consumidores brasileiros é preferir um produto mais doce e menos ácido, que é o caso da geléia convencional.

Para o atributo textura, a geléia sem adição de sacarose e glicose recebeu uma nota média maior que a geléia convencional. O fato da geléia convencional ter apresentado uma consistência mais dura de acordo com a medida instrumental, o que dificulta a espalhabilidade da mesma, pode ter interferido para a melhor aceitação da geléia sem adição de sacarose e glicose.

As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram a distribuição de frequência de notas atribuídas para os dois tipos de geléia de manga quanto aos atributos avaliados.

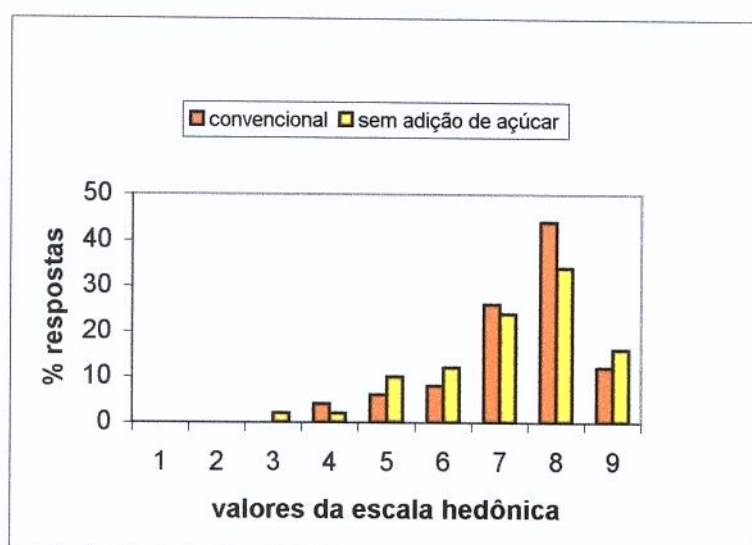


FIGURA 6: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo aroma

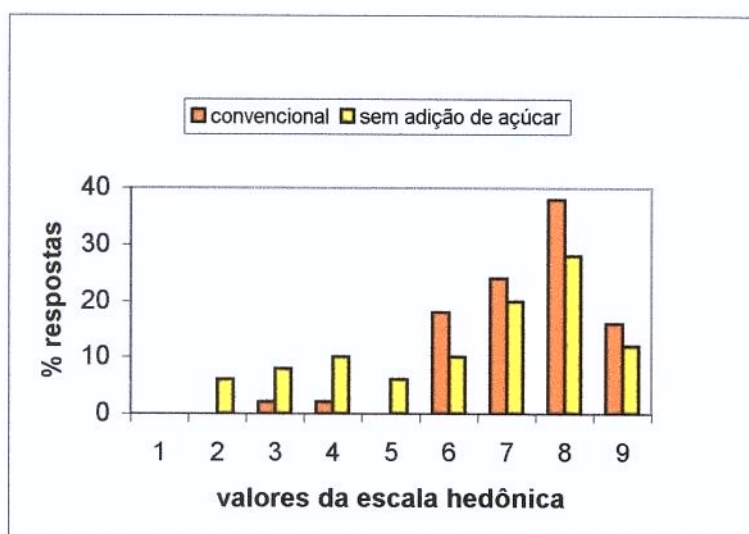


FIGURA 7: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo sabor

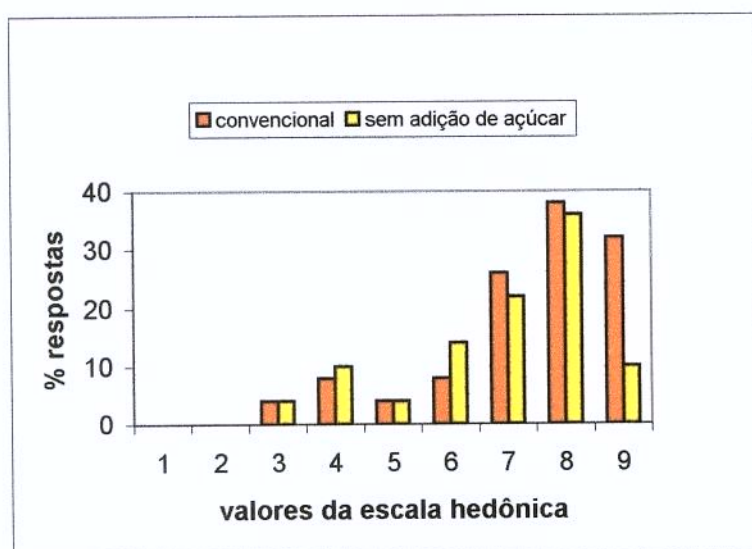


FIGURA 8: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo aparência

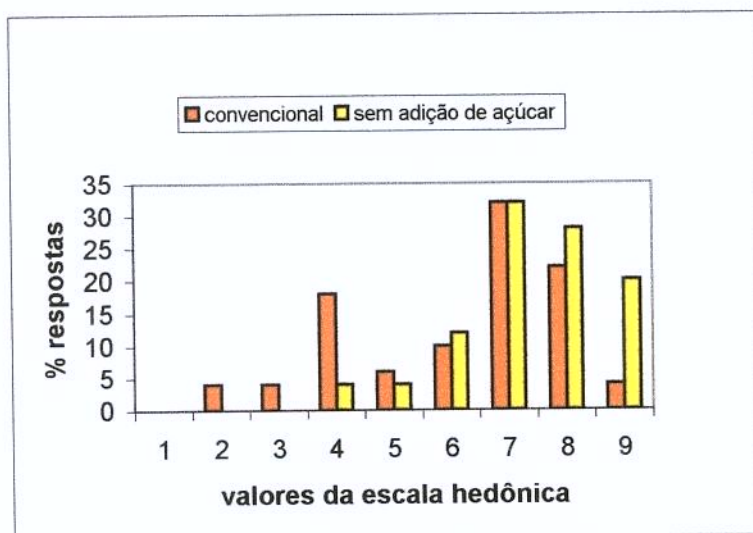


FIGURA 9: Histograma de frequência dos valores da escala hedônica atribuídos às geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose para o atributo textura

Pode-se perceber através das figuras 6, 7, 8 e 9 que os perfis de aceitação das geléias convencionais e sem adição de sacarose e glicose são bastante parecidos para os quatro atributos avaliados pela equipe de provadores.

Além disso, as notas atribuídas aos parâmetros aroma, sabor, aparência e textura se concentram, de maneira geral, entre os valores 6 e 8 da escala hedônica, ou seja, em torno das médias de aceitação da equipe de provadores obtidas através da análise de variância.

Este fato garante maior confiabilidade ao resultado, já que a análise de variância leva em conta o valor médio da aceitação da equipe e não os valores atribuídos por cada provador isoladamente, podendo ocultar um comportamento discrepante em relação à aceitação da amostra, como no caso de 50% dos provadores atribuírem notas baixas e 50% notas altas, gerando um valor médio de aceitação não realmente representativo e portanto não confiável.

6. Avaliação microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas realizadas nas geléias convencionais e sem adição de sacarose e glicose processadas em planta piloto estão apresentados na tabela 9.

TABELA 9: Resultados da avaliação microbiológica em geléia de manga convencional e sem adição de sacarose e glicose

ANÁLISES	Geléia Convencional	Geléia sem adição de sacarose e glicose
Contagem total de mesófilos	< 10 ufc/g	2,6 X 10 ² ufc/g
Bolores e leveduras	< 10 ufc/g	10 ufc/g
Coliformes	< 0,3 NMP/g	< 0,3 NMP/g
Esterilidade comercial		
<i>Caldo APT—incubação 35°C/ 55°C</i>	N / N	O / O
<i>Caldo Extrato Malte—incubação 35°C/55°C</i>	N / N	N / N
<i>Caldo Ácido—incubação 35°C/ 55°C</i>	N / N	N / N

ufc: unidades formadoras de colônia

NMP: número mais provável

N: não ocorrência de crescimento

O: ocorrência de crescimento

Como mostra a tabela 9, a geléia convencional não apresentou nenhum tipo de contaminação microbiológica, possuindo esterilidade comercial.

Já no caso da geléia com substituição de sacarose, apesar das análises de bolores/leveduras e coliformes terem dado resultado negativo e uma contagem relativamente baixa de mesófilos, o produto apresentou contaminação quando enriquecido em caldo APT, o qual objetiva verificar a presença de bactérias

láticas, indicativas de vazamento ou subprocessamento grosseiro, sendo o produto classificado como não comercialmente estéril.

Durante o processo contínuo, a temperatura do produto não ultrapassou 85°C dentro do equipamento, mesmo utilizando alta pressão de vapor na camisa do trocador de calor (1,2 Kgf/cm²) e a mínima vazão mássica possível, pois o alto teor de polpa presente no suco de manga e ingredientes (pectina, edulcorantes, aditivos), dificultou a transferência de calor entre trocador e produto. ALBUQUERQUE (200?), desenvolvendo seu estudo sobre produção de geléia de laranja convencional e *light*, neste mesmo equipamento, estabeleceu as seguintes condições de operação do trocador de calor/misturador estático:

- ✓ Pressão de vapor na camisa do trocador tubular: 0,7 a 0,9 kgf/cm²
- ✓ Temperatura da alimentação do produto: 69 a 71°C
- ✓ Vazão mássica do produto: 0,10 a 0,12 kg/s
- ✓ Temperatura de saída do produto do trocador: 89 a 95°C
- ✓ Tempo de residência: 17 a 30 s

Deve-se ressaltar que a geléia “light” de laranja processada no trabalho de ALBUQUERQUE (200?) apresentou esterilidade comercial, justamente por permitir atingir temperatura acima de 90°C, devido a suas características reológicas favoráveis à transferência de calor.

Assim, foi realizado um segundo ensaio no equipamento, agora utilizando uma máxima pressão de vapor na camisa (1,4 Kgf/cm²), para a verificação da

confirmação ou não do teste de esterilidade comercial. Foi atingida a temperatura máxima de 87°C no produto no início e decaindo com o andamento do processo.

As análises de contagem total de mesófilos, coliformes e bolores e leveduras também foram realizadas. Os resultados encontram-se na tabela 10.

TABELA 10: Resultados da avaliação microbiológica em geléia de manga sem adição de sacarose e glicose

ANÁLISES	Geléia sem adição de sacarose e glicose
Contagem total de mesófilos	< 10 ufc/g
Bolores e leveduras	< 10 ufc/g
Coliformes	< 0,3 NMP/g
Esterilidade comercial	
<i>Caldo APT—incubação 35°C / 55°C</i>	N / O
<i>Caldo Extrato Malte—incubação 35°C / 55°C</i>	N / N
<i>Caldo Ácido—incubação 35°C / 55°C</i>	N / N

ufc: unidades formadoras de colônia

NMP: número mais provável

N: não ocorrência de crescimento

O: ocorrência de crescimento

Desta vez foi observado crescimento microbiano em caldo APT somente na amostra incubada à temperatura de 55°C, que é uma temperatura de incubação bastante extrema, difícil de ocorrer em condições normais de estocagem. Porém, dentro dessa faixa de segurança, o produto é considerado não comercialmente estéril.

Assim, para se garantir a estabilidade química e microbiológica da geléia sem adição de sacarose e glicose, seriam necessários alguns ajustes no equipamento trocador de calor / misturador estático e no processo, para atingir uma temperatura em torno de 95°C de saída no produto.

Do ponto de vista do equipamento, este problema pode ser resolvido mediante um pré-trocador de calor eficiente para aumentar a temperatura de alimentação do produto no trocador de calor estático; ou através do incremento de unidades de transferência (tubos de camisa dupla), com a finalidade de aumentar o tempo de residência do produto.

Outra solução seria promover uma clarificação do suco de manga como etapa anterior ao processamento da geléia, reduzindo o teor de polpa presente no mesmo e facilitando a troca térmica entre produto e o equipamento, ou ainda realizar esterilização comercial da geléia acondicionada nos vidros.

CONCLUSÕES

- A geléia com substituição de sacarose/glicose foi classificada como “SEM ADIÇÃO DE AÇÚCARES), de valor energético “REDUZIDO” e destinada a dietas para ingestão controlada de açúcares, de acordo com a legislação nacional vigente.
- Tanto a geléia sem adição de açúcares quanto a convencional tiveram boas médias de aceitação sensorial, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, diferindo entre si ($p \leq 0,05$) nos atributos sabor e textura, e não apresentando diferença significativa nos atributos aroma e aparência, mesmo sendo este último muito discrepante entre as mesmas, principalmente quanto à cor. Os histogramas de frequência mostraram uma concentração das notas atribuídas pelos provadores em torno da média total da equipe para os atributos avaliados, mostrando um consenso na opinião dos mesmos em relação às amostras.
- Através da avaliação microbiológica pôde-se classificar a geléia convencional como “comercialmente estéril”, porém a geléia sem adição de sacarose, quando incubada a 55°C, foi classificada como “não comercialmente estéril”, indicando que o tratamento térmico no processo contínuo não foi eficiente para manter a estabilidade microbiológica do produto. Assim, são necessários ajustes no processo, principalmente quanto ao equipamento utilizado, ou mesmo no produto, como a clarificação do suco de manga visando reduzir o teor de polpa e aumentar o coeficiente de troca térmica.

- Pode-se concluir que a geléia sem adição de sacarose e glicose, processada em sistema contínuo, apresentou boas características, como geleificação adequada, textura e cor muito próxima à cor natural de manga, além de possuir teor de sólidos da fruta maior do que a geléia convencional e aceitação sensorial semelhante à esta, fazendo com que ela possa ser destinada a todo tipo de consumidor e não restrita àqueles que necessitam de dietas controladas quanto a açúcares e calorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.B.E.A. **Diet & light: atualização, perspectivas e tecnologia** (seminário). São Paulo, 1997.

ABBOTT, J. A. Sensory assesment of textural attributes of foods. In: KRAMER, A., SZCZESNIAK, A .S. (eds). **Texture measurements of foods**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1973.

ALBUQUERQUE, J. P. Tese (Doutorado) em fase final, sobre estudo dos parâmetros de processo para obtenção de geléia de laranja convencional e *light* através de método contínuo, desenvolvida no Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington, 1984.

_____. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington, 1997.

BAYDON, S. M., FIZMAN, E., COSTELL, E., DURÁN, L. Sinéresis de los geles de agar y kappa-carragenato. Influencia de la adición de gomas de garrafin y guar. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 27, n.4, 1987.

BENASSI, M. T. **Análise dos estudos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1990. 159 p. Dissertação (Mestrado).

BOBBIO, P. A., BOBBIO, F.O. **Introdução à química dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992, 223 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 27, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 16 de janeiro de 1998 (a).

_____. Portaria nº 29, 13/01/1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 15 de janeiro de 1998 (b).

_____. Portaria nº 451, 11/09/1997. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 22 de setembro de 1997 (seção I).

CÂNDIDO, L. M. B., CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais**. São Paulo: Varela, 1996, 423 p.

CARDOSO, M. H. **Processamento de suco semi-clarificado e de geléia de banana "light" em calorias**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1998. 116 p. Tese (Doutorado).

CARDOSO, R. L. **Estabilidade de geléia de jambo-vermelho (*Eugenia malaccensis*, Lin.) em copo de vidro**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1994. 157 p. Tese (Doutorado).

CETEC. **Manual para fabricação de geléias**. Belo Horizonte, 1985, 42 p. (Série Publicações Técnicas / SPT-015).

DA SILVA, J. A. L., RAO, M. A. Rheology of structure development in high-methoxyl pectin/sugar systems. **Food Technology**, v. 49, n. 10, p. 70, 72, 73, 1995.

EL-NAWAWI, S. A., HEIKAL, Y. A. Factors affecting the production of low-ester pectin gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, n. 3, p. 189-193, 1995.

FERREIRA, V. L. P. **Colorimetria em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991.

FRIEDMAN, H. H., WHITNEY, J. E., SZCZESNIAK, A. S. The texturometer – a new instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science**, v. 28, p. 390-403, 1963.

INSTITUTO ADOLPHO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 2. ed., São Paulo, 1976.

JACKIX, M. N. H. **Doces, geléias e doces em calda**. Campinas: Editora da Unicamp, 1988. 172 p.

JAM for Sweden's largest food organisation. **Food Processing Industry**, p. 48, 49, 51, 1979.

KYSLINK, V. **Principles of food preservation**. Trad. J. Spalek. Praha: Elsevier Science Publishing Co. Inc., 1990, 598 p. (Developments in Food Science, v. 22).

LIRA FILHO, J. F. **Utilização da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulisf. Flavicarpa*, Degener) na produção de geléia**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1995. 133 p. Dissertação (Mestrado).

MADRID, A. Produzione in continuo di confetture e gelatine di frutta. **Industrie alimentari**, p.111-115, 1983.

MEILGAARD, M., CIVILLE, G. V., CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC Press, 281 p., 1988.

NELSON, D. B., SMITH, C. T. B., WILES, R. R. **Commercially important pectic substances**. In: GRAHAM, H. D. (ed.) Food Colloid AVI, Wesport, CN. *Citado por* EL-NAWAWI, S. A., HEIKAL, Y. A. Factors affecting the production of low-ester pectin gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, n. 3, p. 189-193, 1995.

PERRY, R. H.; CHILTON, C. H. **Manual de engenharia química**. Trad. de Horácio Macedo e outros. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. cap.19, p.22: Misturadores estáticos.

PONTING, J. D., SANSHUCK, D. W., BREKKE, J. E. Continuous jelly manufacture. **Food Technology**, v. 12, n. 5, p. 252-254, 1958.

POPPE, J. New approaches to gelling agents in confectionery. **The Manufacturing Confectioner**, v.75, n.5, p.119-126, 1995.

RAUCH, G. H. Jam manufacture. 2 ed. London: Leonard Hill Books, 1965, 191p.

SCHOLEY, J. Recent developments in jam manufacture. **Food Manufacture**, v. 44, n. 11, p. 41-43, 1969.

SIGUEMOTO, A. T. Propriedades de pectina – Braspectina. In: SOLER, M.P. (coord.) **Industrialização de geléias**. Manual técnico nº 7. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. p. 48-63.

SILVA, M. F. V. **Efeito dos diferentes tratamentos e embalagens nas características da polpa de acerola e na determinação dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o armazenamento**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1999. 224 p. Tese (Doutorado).

SILVA, N., JUNQUEIRA, U. C. A. **Métodos de análises microbiológicas de alimentos**. Manual nº 14. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1995, 229 p.

SOLER, M. P. Processamento industrial. In: SOLER, M.P. (coord.) **Industrialização de geléias**. Manual técnico nº 7. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. p. 1-20.

STONE, H., SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. London: Academic Press, 1985.

THAKUR, B. R., SINGH, R. K., HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, n.1, p. 47-73, 1997.

TILBURY, R. H. The microbial stability of intermediate moisture foods with respect to yeasts. In: DAVIES, R. *et al.* (edit.) **Intermediate moisture foods**. London: Applied Science Publishers, 1976, p.154.

VANDERSANT, C., SPLITSTOESSER, F. D. **Compendium of methods for the microbiological examination**. Washington: American Public Health Association (APHA) – Technical Committee on Microbiological Methods for Foods. 3. ed., 1992, 1219 p.

CONCLUSÕES FINAIS

A variedade de manga Keitt utilizada no estudo apresentou boas características para fins industriais, como já comprovado por outros pesquisadores, principalmente pela alta porcentagem de polpa presente.

A utilização de invertase mostrou-se bastante efetiva para a inversão de sacarose presente em suco de manga simples, com índices de até 100%, empregando baixos valores de concentração da enzima (0,01 a 0,1%).

As porcentagens de oxidação de glicose presente em suco de manga foram baixas, com o máximo de 8%, para as concentrações empregadas no estudo. Esses índices poderiam ser incrementados com o suprimento de O_2 ao sistema, bem como elevação do pH, condições essas que poderiam prejudicar a qualidade sensorial e nutricional do produto.

Dessa forma, nas condições utilizadas neste trabalho (pH e composição do substrato utilizado, temperatura, tempo e outros) o uso conjunto de invertase-glicose oxidase não se mostrou viável para a obtenção de um produto livre de açúcares proibitivos para consumidores diabéticos, seja ele como produto final ou matéria-prima para obtenção de outros produtos, como doces, sorvetes e geléias, pois mesmo a invertase sendo efetiva, é necessária a retirada de glicose do produto para que o mesmo possa ser incluído em dietas para diabéticos.

A geléia com substituição de sacarose/glicose foi classificada como “SEM ADIÇÃO DE AÇÚCARES”, de valor energético “REDUZIDO” e destinada a dietas de ingestão controlada de açúcares, de acordo com a legislação nacional vigente.

Tanto a geléia sem adição de açúcares quanto a convencional foram bem aceitas do ponto de vista sensorial, obtendo médias de aceitação que variaram de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, diferindo entre si ($p \leq 0,05$) nos

atributos sabor e textura, e não apresentando diferença significativa nos atributos aroma e aparência, mesmo sendo este último muito discrepante entre as mesmas, principalmente quanto à cor. Os histogramas de frequência mostraram uma concentração das notas atribuídas pelos provadores em torno da média total da equipe para os atributos avaliados, mostrando um consenso na opinião dos mesmos em relação às amostras.

Através da avaliação microbiológica pôde-se classificar a geléia convencional como “comercialmente estéril”, porém a geléia sem adição de sacarose e glicose, quando incubada a 55°C, foi classificada como “não comercialmente estéril”, indicando que o tratamento térmico realizado no equipamento piloto para processo contínuo não foi eficiente para manter a estabilidade microbiológica do produto. Assim, são necessários ajustes no processo, sejam no equipamento (utilização de um pré-trocador de calor eficiente ou através aumento na quantidade de unidades de transferência), ou no produto (clarificação do suco de manga ou esterilização comercial da geléia acondicionada).

Apesar de muitos autores citarem a geléia como um produto processado comum, ao lado de outros como sucos, néctares, *chutney* e sorvetes que utilizam como matéria-prima a manga, é muito difícil encontrar geléia de manga (com ou sem adição de açúcares) industrializada e comercializada no mercado nacional. Com este trabalho pôde-se concluir que a manga é uma matéria-prima bastante viável para a produção de geléias tanto modificadas em seu teor de açúcares, direcionada a dietas para ingestão controlada de açúcares, como para geléias convencionais, com açúcares como sacarose e glicose em sua formulação, resultando em produtos de boa aceitação e características típicas de geléia. Além disso, é uma matéria-prima barata, presente em abundância em nosso país (R\$0,50/Kg ou aproximadamente US\$0,30/Kg de manga Keitt da safra de dezembro de 1999 obtida no CEASA de Campinas-SP), e cujas perdas da produção nacional chegam a até 50%. Portanto, a industrialização dessa matéria-

prima é de fundamental importância para a economia nacional, visando tanto o mercado interno como externo, uma vez que a manga possui apreciação de destaque dentre as frutas tropicais em todo o mundo.

ANEXOS

20. 11A

ANEXO Ia: Curvas de atividade enzimática da enzima glicose oxidase versus temperatura e pH .

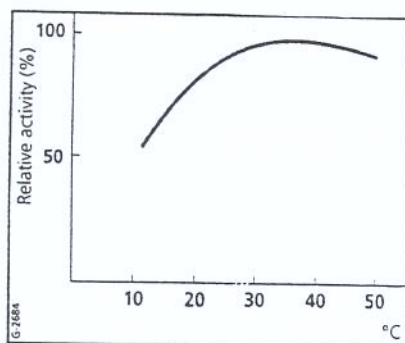


Fig. 1. Glucose oxidase activity versus temperature - measured at pH 5.1.

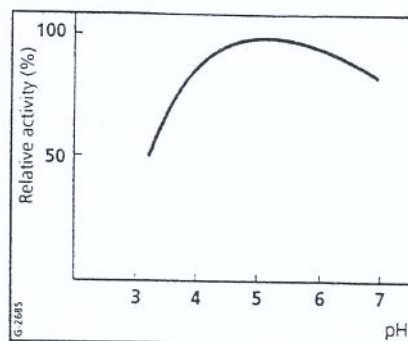


Fig. 2. Glucose oxidase activity versus pH - measured at 25°C.

ANEXO Ib: Curvas de atividade enzimática da enzima invertase versus temperatura e pH .

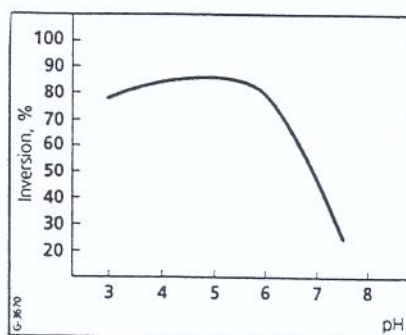


Fig. 1. Invertase activity at different pH values.

Inversion of 65.7 sucrose at 60°C.
Reaction time 4 hours.

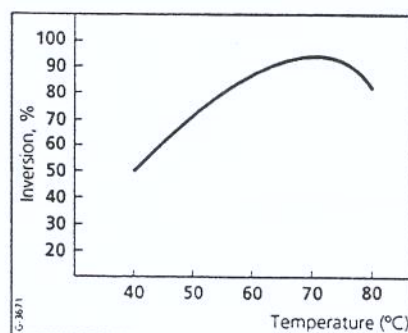


Fig. 2. Invertase activity at different temperatures.

Inversion of 65.7 sucrose at pH 4.5.
Reaction time 4 hours.

ANEXO II: Cálculos da porcentagem de oxidação de glicose e de inversão de sacarose a partir dos teores de açúcares redutores e totais

Porcentagem de inversão de sacarose (IS)

$$IS = 100 - [(S_n / S_o) \times 100]$$

$$S_n = AT_n - AR_n$$

$$S_o = AT_o - AR_o$$

com n =1 a 11 ensaios

Onde:

AT_n = teor de açúcares totais ao final de cada ensaio

AT_o = teor de açúcares totais do suco sem tratamento enzimático

AR_n = teor de açúcares redutores ao final de cada ensaio

AR_o = teor de açúcares redutores do suco sem tratamento enzimático

S_n = teor de sacarose ao final de cada ensaio

S_o = teor de sacarose do suco sem tratamento enzimático

Porcentagem de oxidação de glicose (OG)

$$OG = 100 - [(AT_n / AT_o) \times 100]$$

com n =1 a 11 ensaios

Onde:

AT_n = teor de açúcares totais ao final de cada ensaio

AT_o = teor de açúcares totais do suco sem tratamento enzimático

ANEXO Via: Formulação de geléia dietética sugerida pela empresa
BRASPECTINA



BOLETIM TÉCNICO

GELÉIA DIETÉTICA

Cód. LS - 05

Formulação :	(g)
Fruta	500
Sorbitol	100
Aspartame	0,8
Pectina Tipo 8002	12
Fosfato tri-cálcio	1,25
Ácido cítrico	3
Água	430
Corante e conservante	se necessário
pH final	3,3 - 3,6
Sólidos solúveis final	15 - 17 %

Procedimentos :

01 - Fazer um "dry mix" de pectina e sorbitol (1:5) e dissolver em 400 g de água com rigorosa agitação para assegurar a solubilidade da pectina.

02 - Levar ao aquecimento a fruta e a solução de pectina. Quando atingir a ebulição, manter por aproximadamente 2 minutos. Em seguida, adicionar o ácido cítrico em solução (60%).

04 - Dispersar o fosfato tri cálcio em 30 de água à 90 °C e adicionar ao final da cocção, com agitação constante.

04 - Envazar o produto à uma temperatura de 85 °C e pasteurizar se necessário.

Notas:

01 - Para uma melhor dissolução da pectina é aconselhável que se utilize um agitador de alta rotação como um liquidificador industrial ou "high shear mixer". Pode-se também utilizar a água aquecida em torno de 70 °C.

Para maiores informações, contactar :

Assistência ao Cliente - Fone (0194)518895

Fax (0194)511948

braspectina

ANEXO Vlb: Formulação de geléia dietética sugerida pela empresa BRASFANTA



BRASFANTA
INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

GELÉIA DIETÉTICA

FÓRMULA GD-002

	%
Fruta	47,68
Sorbitol em pó	9,54
Pectina 8002	1,42
Fosfato Tricálcio	0,10
Ácido Cítrico	0,30
Citrato de Sódio	0,10
CICLAMATO DE SÓDIO	0,14
Sorbato de Potássio	0,06
Água	<u>40,66</u>
	100,00

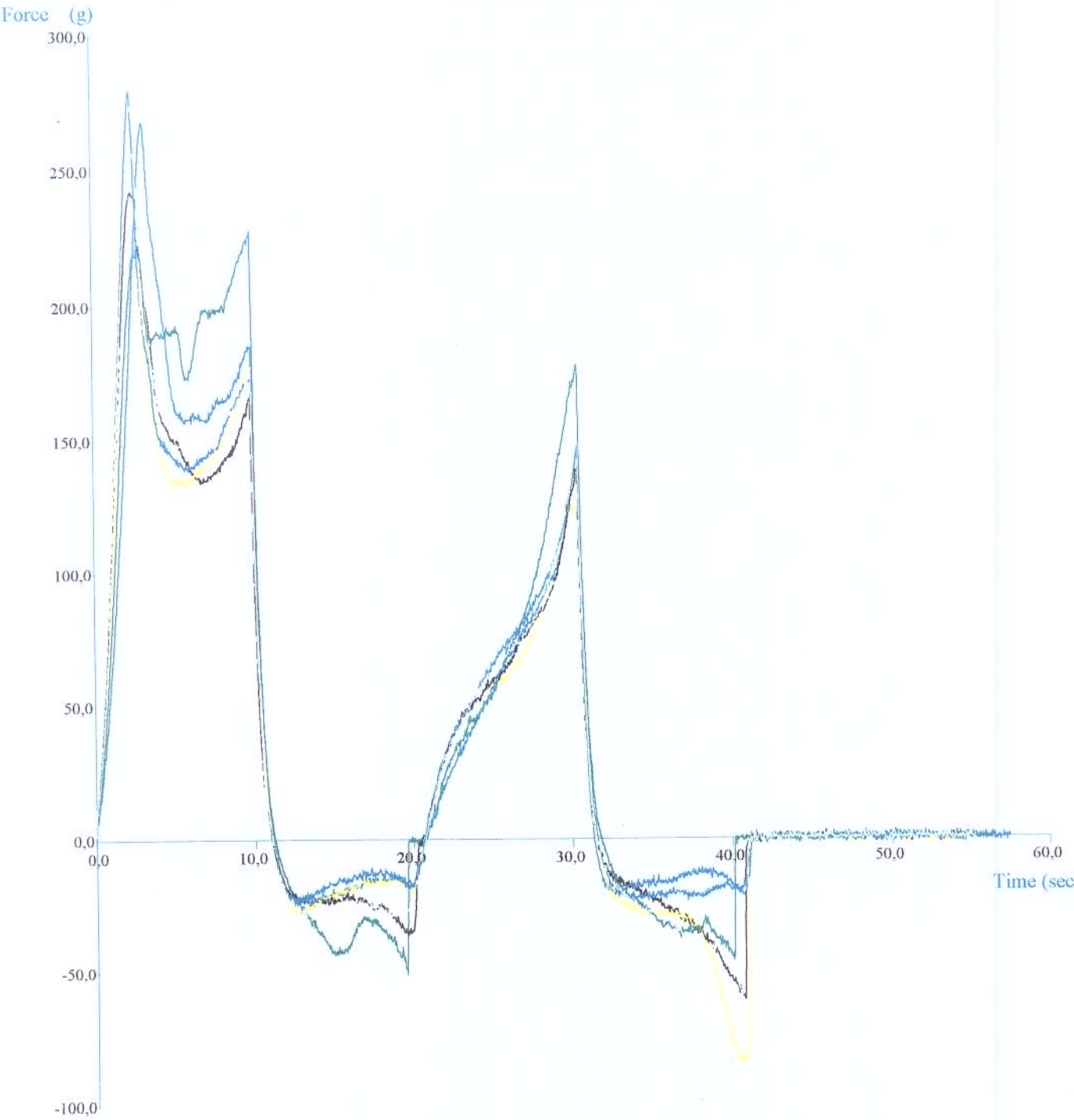
MODO DE PREPARAR:

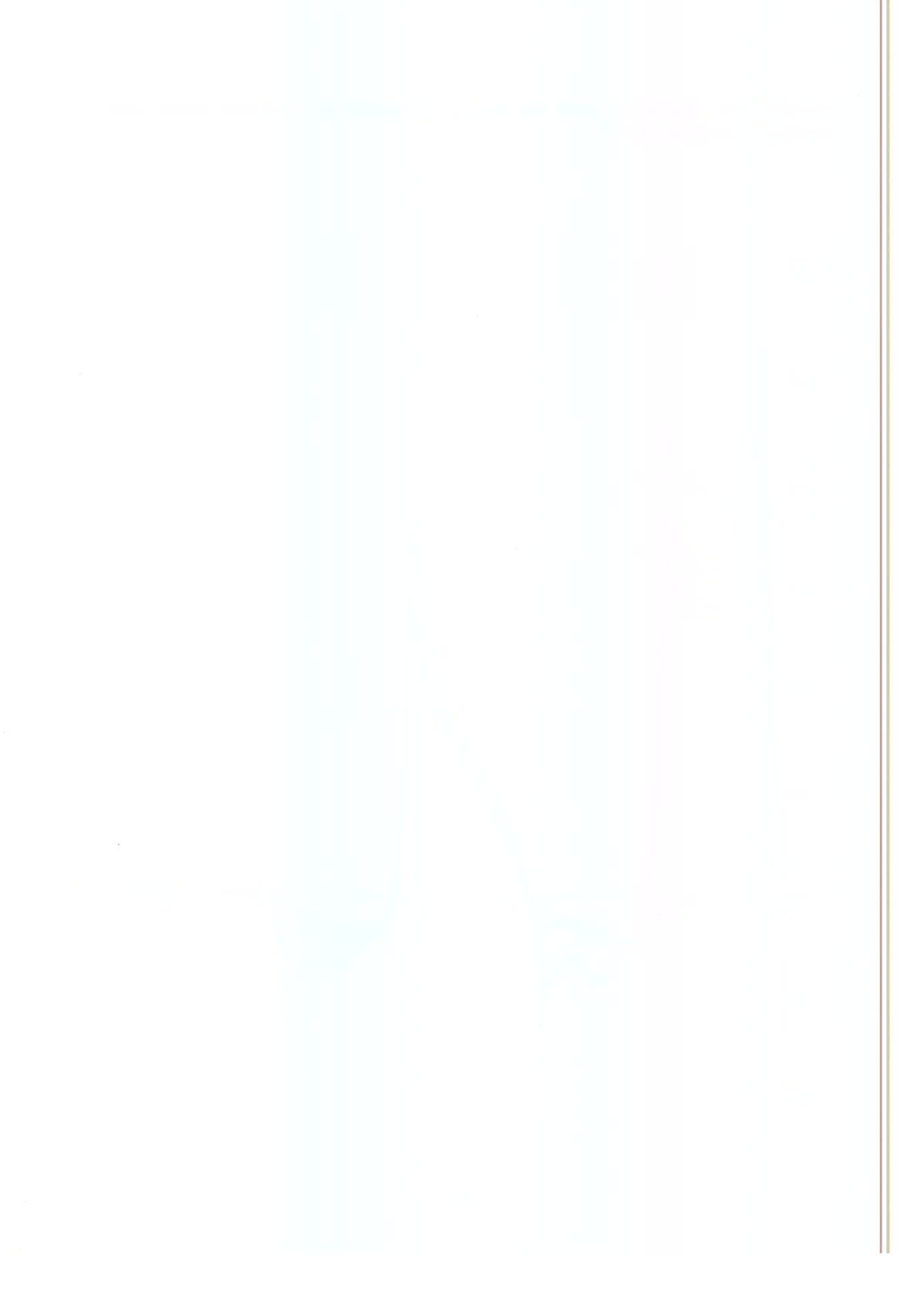
- 1- Misturar pectina em sorbitol e dissolver em água. Aquecer à 70-90°C.
- 2- Adicionar a fruta. Aquecer à temperatura de ebulição.
- 3- Adicionar o Ácido Cítrico para ajuste de pH (pH=3,4). Adicionar Citrato de Sódio.
- 4- Dissolver o fosfato Tricálcio em água à 90°C e adicionar à mistura sob agitação.
- 5- Acertar o teor de sólidos entre 15-20 %
- 6- Adicionar o Sorbato de Potássio dissolvido em água.
- 7- Envasar à quente (80-90°C) e resfriar rapidamente

OBSERVAÇÕES:

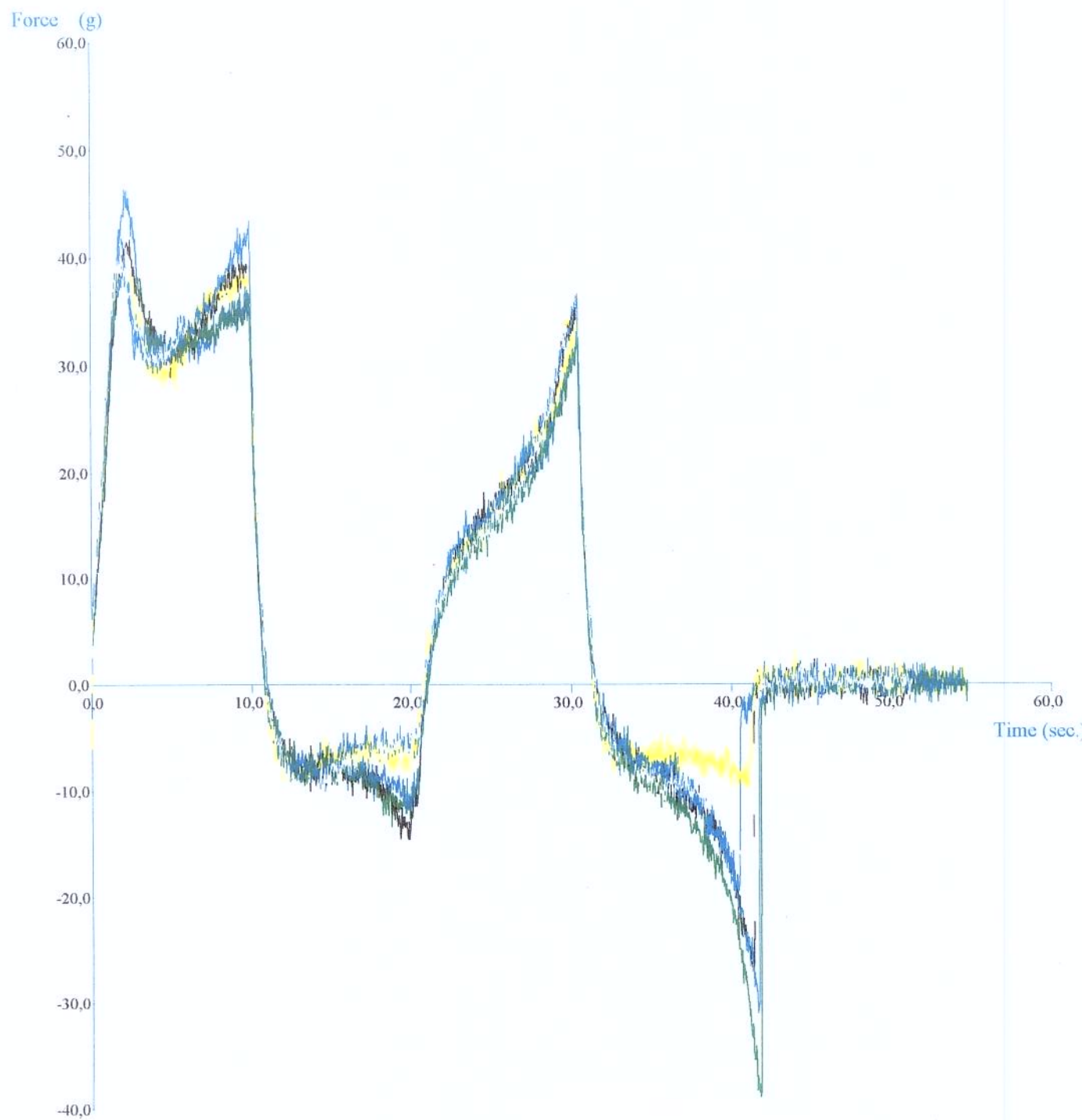
- 1- O teor de Fosfato Tricálcio e de Pectina deverá ser ajustado de acordo com a variedade da fruta utilizada.
- 2- O uso de CICLAMATO DE CÁLCIO poderá ser feito desde que seja reduzido o teor de Fosfato Tricálcio.

ANEXO VIIa: Curva do perfil de textura da geléia convencional obtida pelo medidor de textura TAXT2.





ANEXO VIIb: Curva do perfil de textura da geléia sem adição de sacarose e glicose obtida pelo medidor de textura TAXT2.



UNIVERSITY
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ANEXO VIII: Ficha sensorial utilizada no teste afetivo de aceitação das geléias convencional e sem adição de sacarose e glicose

Nome _____		Sexo () F () M						
Data _____								
Você está recebendo uma amostra de geléia de manga. Por favor, avalie a amostra em relação ao AROMA, utilizando a escala abaixo 9 Gostei muitíssimo 8 Gostei muito 7 Gostei regularmente 6 Gostei ligeiramente 5 Nem gostei / nem desgostei 4 Desgostei ligeiramente 3 Desgostei regularmente 2 Desgostei muito 1 Desgostei muitíssimo Avalie o AROMA da amostra AMOSTRA _____ VALOR _____ Agora, avalie a TEXTURA da amostra, espalhando-a na bolacha AMOSTRA _____ VALOR _____ Prove a amostra, e avalie o SABOR AMOSTRA _____ VALOR _____ Avalie a APARÊNCIA da amostra AMOSTRA _____ VALOR _____ Indique o que mais gostou e o que menos gostou na amostra <table><tr><td>AMOSTRA</td><td>MAIS GOSTEI</td><td>MENOS GOSTEI</td></tr><tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr></table>			AMOSTRA	MAIS GOSTEI	MENOS GOSTEI	_____	_____	_____
AMOSTRA	MAIS GOSTEI	MENOS GOSTEI						
_____	_____	_____						

ANEXO III: Ficha técnica e metodologia do kit enzimático (LABORLAB) para determinação de glicose

CAT N.º 02200
Somente para
uso in vitro

GLICOSE

MÉTODO ENZIMÁTICO



SIGNIFICADO CLÍNICO (Implicações Diagnósticas)

Níveis elevados estão associados com diabetes mellitus, hiperatividade da glândula tireóide, pituitária ou adrenal. Níveis baixos são observados em caso de "overdose" de insulina, tumores secretores de insulina, mixidema, hipopituitarismo, hipoadrenalismo e condições que interferem com a absorção de glicose.

MÉTODO

Enzimático, Glicose oxidase, Colorimétrico e de Ponto Final.

LINEARIDADE E ESTABILIDADE DA REAÇÃO

A reação é linear até 450 mg/dL.

Para resultados com valores superiores, diluir a solução colorida final 1:2 ou 1:4 com o Reativo de Trabalho e multiplicar o resultado pelo fator da diluição utilizada. A cor final da reação é estável por 60 minutos.

COMPOSIÇÃO DO KIT

Reativo Padrão CAT N. 02201

Solução de glicose (100 mg/dL)

volume = 4 mL

Reativo Enzimático CAT N. 02202

Glicose oxidase ≥ 1 KU/mL

Peroxidase $\geq 0,15$ KU/mL

volume = 3 mL

Reativo de Cor (1) CAT N. 02203

4 aminotetrazolona 0,025 mol/L

tampão TRIS 0,92 mol/L

volume = 50 mL

Reativo de Cor (2) CAT N. 02204

fenol 0,055 mol/L

volume = 50 mL

ATENÇÃO: O reativo (2) é tóxico e irritante.

MATERIAL NÃO FORNECIDO (NECESSÁRIO)

Água deionizada

Espectrofotômetro ou colorímetro

Micropipetas, pipetas e provetas capazes de medir os volumes indicados na técnica

Tubos de ensaio para o aparelho a ser utilizado. Frasco de vidro âmbar.

Banho-maria 37°C. Relógio ou cronômetro.

PREPARAÇÃO DE REATIVO DE TRABALHO

Todos os reativos vêm prontos para uso

Nº de provas	Rvo(1)	H ₂ O	Rvo(2)	Rvo Enzim.
10-20	2,5 mL	45 mL	2,5 mL	0,15 mL
20-40	5 mL	90 mL	5 mL	0,30 mL
50-100	12,5 mL	225 mL	12,5 mL	0,75 mL
100-200	25 mL	450 mL	25 mL	1,50 mL
200-400	50 mL	900 mL	50 mL	3,0 mL

O Reativo de Trabalho é estável por 1 mês, quando refrigerado e acondicionado em frasco âmbar (colocar o rótulo auto-adesivo com a data de preparação).

CONCENTRAÇÃO DE REATIVO DE TRABALHO

Glicose oxidase ≥ 3000 U

Peroxidase ≥ 400 U

Reativo (1) 0,0015 mol

Reativo (2) 0,00275 mol

pH = 7,4 $\pm$ 0,1

VIDA ÚTIL E ARMAZENAMENTO

O kit é estável até seu vencimento indicado na caixa, quando mantido refrigerado. Evitar deixá-lo à temperatura ambiente por períodos prolongados, impedindo, assim, a deterioração das enzimas.

PRECAUÇÕES

O kit não contém derivados de sangue humano, porém, considerar qualquer amostra de paciente como potencialmente infectante. Evitar o contato direto com as amostras.

Não pipetar reagentes ou amostras com a boca.

Descartar as sobras das reações de acordo com as Boas Práticas de Laboratório em local próprio para materiais potencialmente infectantes.

ESTABILIDADE DO REATIVO DE TRABALHO

Leituras de Blank acima de 0,120 em Absorbância indicam deterioração do Reativo de Trabalho, neste caso, desprezê-lo.

AMOSTRA

Plasma obtido com anticoagulante fluoretado, sugere-se a utilização de

Anticoagulante GS da LABORLAB.

Soro limpo, obtido no máximo após 2 horas de coleta, por centrifugação, para evitar a glicólise (resultados falsamente baixos).

TÉCNICA

Colocar em 3 tubos marcados: B (Blank), P (Padrão) e D (Desconhecido)

B	P	D	
-	20 μ L	-	Padrão
-	-	20 μ L	Desconhecido
2,0 mL	2,0 mL	2,0 mL	Reativo de Trabalho

Incubar à 37°C por 10 minutos.

Retirar do banho-maria e ler em espectrofotômetro a 505 nm, ou em fotocolorímetro com filtro verde (490-530 nm), zerando o aparelho em Absorbância com o blank (B).

A cor é estável por 60 minutos.

Nota - conforme o aparelho utilizado, os volumes de Padrão, Amostras e Reativo de Trabalho, podem ser modificados.

Amostras/Padrão	Reativo de Trabalho
10 μ L	1 mL
20 μ L	2 a 3 mL
50 μ L	5 a 6 mL
100 μ L	7 a 10 mL

CÁLCULOS

Glicose mg/dL = D x f

$$f = \frac{100 \text{ mg/dL}}{P}$$

DOSAGEM DE GLICOSE NO LÍQUOR

A dosagem deve ser feita com o dobro de AMOSTRA, dividindo-se o resultado por 2, pois a concentração de glicose no líquido é 40 a 80% do valor encontrado no sangue.

Valor de referência

Soro ou plasma - 70 a 110 mg/dL

Líquor - 40 a 75 mg/dL

INTERFERÊNCIAS

Valores falsamente baixos - Anticoncepcionais orais, estrógenos, corticóides, diuréticos (fiazida), salicilatos (aspirina) etc.

Os detergentes, metais pesados e os cianetos são inibidores enzimáticos.

Uma perfeita limpeza da vidraria utilizada é necessária.

Utilizar água deionizada ou destilada recente, no preparo do Reativo de Trabalho. O nível de água no banho-maria deve ser superior aos dos tubos de ensaio que contém as reações.

A temperatura e o tempo de reação não são críticos.

37°C $\pm$ 2 e 10 a 12 minutos.

APRESENTAÇÃO

Kit suficiente para o preparo do volume total de 1L. Reativo de Trabalho (1000 reações x 1 mL).

BIBLIOGRAFIA

- Trinder, R. - Ann. Clin. Biochem. 6/24 (1969)
- Henry, R. J. Cannon, D. C. Winkelman, J. - Clinical Chemistry Principles and Techniques, 2 ed. Harper and Row Publishers Inc. N.Y. p.1288 (1974).

REG. M. S. N.º 10246810004

LABORLAB S/A PRODUTOS PARA LABORATÓRIOS Estrada do Capão Bonito, 937 07263-010 - Guarulhos - SP CGC 72.807.043/0001-94

Fone: (011) 6480-1704 (Central de Atendimento ao Cliente)

Resp. Tec.: Ligia Monaro da Silva CRBM 1ª. Região N.º. 2573

REV. 04/98

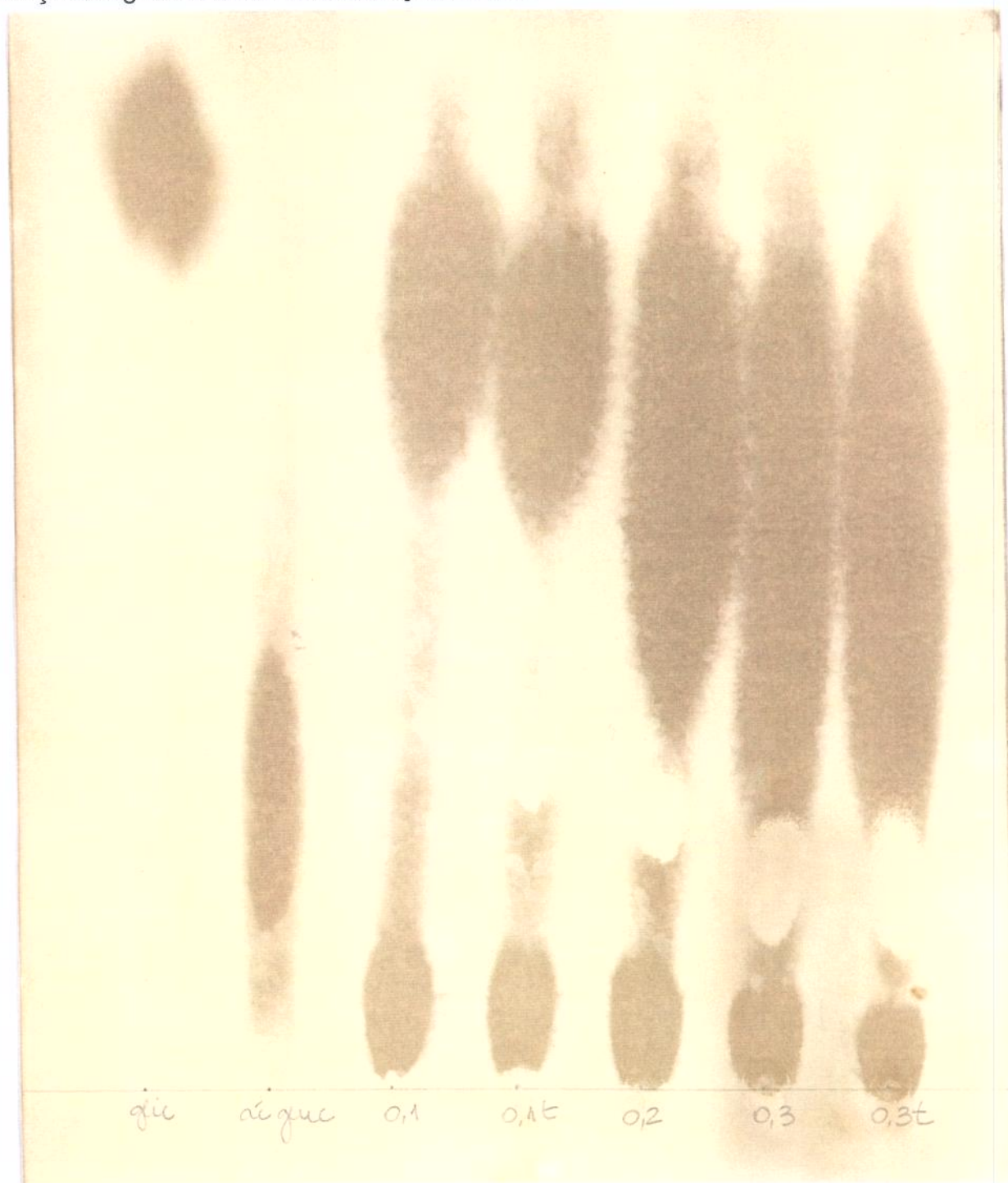
UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

ANEXO IV: Resultados médios e desvio-padrão das análises de açúcares redutores e açúcares totais dos ensaios do delineamento experimental e do suco sem tratamento enzimático.

ENSAIO	Açúcares Redutores (%)		Açúcares Totais (%)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
1	11,534	0,217	12,110	0,269
2	11,339	0,223	11,877	0,086
3	11,204	0,176	11,745	0,075
4	11,652	0,137	11,939	0,038
5	11,670	0,384	12,303	0,194
6	11,619	0,192	11,667	0,072
7	11,191	0,147	11,953	0,051
8	11,339	0,033	12,022	0,264
9	11,700	0,155	11,696	0,227
10	11,570	0,000	11,579	0,129
11	11,537	0,285	11,649	0,224
Sem enzima	3,821	0,081	12,586	0,029

ANEXO V : Cromatograma obtido para os ensaios referentes à avaliação da atuação da glicose oxidase em solução modelo



Da esquerda para a direita: padrão de glicose (2,5%), padrão de ácido glucônico (2,5%), 0,1 mL glicose oxidase em solução 1% glicose em tampão acetato, 0,1 mL glicose oxidase em solução 1% glicose em tampão acetato, 0,2 mL glicose oxidase em solução 1% glicose em tampão acetato, 0,3 mL glicose oxidase em solução 1% glicose em tampão acetato, 0,3 mL glicose oxidase em solução tampão acetato

