

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

EFEITO DO PROCESSAMENTO CONVENCIONAL E DO
TRATAMENTO TÉRMICO POR MICROONDAS SOBRE O
TEOR DE NUTRIENTES E QUALIDADE TECNOLÓ-
GICA DO PÃO.

Norma Mancilla Diaz
Químico

Prof. Dr. Ahmed A. El Dash
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos
e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para a
obtenção do Título de Doutor em Tecnologia de Cereais.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

A Emilio e aos meus filhos
Norma, Juan Emilio e Carolina.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ahmed A. El-Dash, pelo estímulo, dedicação, amizade e conhecimentos transmitidos durante a orientação deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola por tornarem possível a realização desta pesquisa.

Aos Profs. Ottilio Guernelli e Frederick Strong pelo constante apoio e facilidades concedidas durante a realização do curso.

Aos Profs. Edson Geromel, Celina Camargo, Yoon Kil Chang, Cesar Ciacco, José Sátiro de Oliveira, Evodio Vilela e Renato Cruz, pelos valiosos auxílios, sugestões e principalmente pela amizade,

Aos Funcionários do Departamento de Tecnología,

Aos meus demais colegas e amigos que direta ou indiretamente, se interessaram pelo meu trabalho,

ÍNDICE

	Página
Índice de Tabelas	i
Índice de Figuras	xii
Resumo	xv
Summary	xvii
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
A. Métodos de produção de pão	3
1. Processo massa esponja	3
2. Processo massa direta	5
3. Processo Chorleywood	5
B. Mudanças no conteúdo de nutrientes da farinha e do pão durante o processamento	7
1. Proteínas	8
a. Composição em aminoácidos da farinha	8
b. Composição e variação dos aminoácidos das massas e do pão	9
c. Disponibilidade de lisina	13
2. Açúcares	14
a. Conteúdo de açúcares da farinha e massas	15
b. Conteúdo de açúcares do pão	15

3. Lipídios	17
a. Lipídios da farinha	17
b. Mudanças na distribuição de ácidos gra xos através do processo de panificação	18
c. Mudanças da relação de insaturação atra vés do processo de panificação	19
4. Vitaminas	20
a. Tiamina e Riboflavina	21
b. Vitamina C	23
c. Vitamina E	24
C. Consumo de energia no processo de panifica- ção	25
D. Uso de microonda em panificação	27
III. MATERIAIS E MÉTODOS	31
A. Matéria-prima	31
2. Ingredientes e reagentes	31
3. Aparelhos e equipamentos	31
B. Métodos experimentais	33
1. Produção de pão pelo método massa direta	33
a. Formulação do pão	33
b. Mistura da massa	34
c. Divisão da massa	35
d. Descanso da massa	35
e. Moldagem da massa	35

f. Fermentação final	35
g. Fornecimento da massa	36
2. Produção de pão pelo método massa esponja	
a. Formulação do pão	36
b. Processamento do pão	37
3. Produção de pão pelo processo Chorleywood	
a. Formulação do pão	38
b. Processamento do pão	38
4. Tratamento térmico por microondas	39
a. Teste instrumental de panificação.....	39
i. Divisão e moldagem da massa	40
ii. Fermentação das massas	40
iii. Cozimento das massas	41
b. Avaliação da qualidade do pão.....	41
5. Tratamento térmico por microonda-conven - cional	42
6. Amostragem	42
a. Amostras de massa	43
b. Amostras de pão	43
7. Avaliação sensorial do pão	44
C. Métodos analíticos	45
1. Determinação das propriedades reológicas da massa	45
a. Propriedades de mistura	45

b. Propriedades de extensão	46
2. Determinação de viscosidade das farinhas.	48
3. Umidade	48
4. Proteína	50
5. Gordura	50
a. American Association of Cereal Chemists AACC Nº 30-10	50
b. Método Bligh & Dyer modificado.....	50
c. American Association of Cereal Chemists AACC Nº 30-20	51
6. Cinzas	51
7. Carboidratos livres	51
a. Extração de açúcares	51
b. Determinação de açúcares totais	52
c. Determinação de açúcares redutores....	52
8. Aminoácidos totais	53
9. Identificação de ácidos graxos	54
a. Obtenção de esteres metílicos	54
b. Cromatografia dos esteres metílicos...	55
10. Determinação de vitaminas	56
a. Tiamina	56
b. Riboflavina	56
c. Ácido ascórbico (Vitamina C)	56
d. Tocoferol total	57

11. Cálculo da porcentagem de variação	57
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
A. Caracterização da farinha de trigo	59
1. Composição Centesimal	60
2. Características de viscosidade da farinha de trigo	60
3. Propriedades reológicas de farinha de tri go	63
a. Características de mistura	63
b. Características extensigráficas	63
B. Efeito do processamento no conteúdo de nu- trientes	66
1. Massa Direta	66
a. Composição Centesimal	66
i. Efeito da formulação	67
ii. Efeito da fermentação	67
iii. Efeito do cozimento	70
iv. Efeito do processamento(fermentação e cozimento)	72
b. Aminoácidos	72
i. Efeito da formulação	72
ii. Efeito da fermentação	77
iii. Efeito do cozimento	79
iv. Efeito do processamento global	81

c. Açúcares	81
i. Efeito da formulação	83
ii. Efeito da fermentação	85
iii. Efeito do cozimento	85
iv. Efeito do processamento global	88
d. Ácidos graxos	88
i. Efeito da formulação	90
ii. Efeito da fermentação	94
iii. Efeito do cozimento	99
iv. Efeito do processamento global	102
e. Vitaminas	102
i. Efeito da formulação	102
ii. Efeito da fermentação	106
iii. Efeito do cozimento	106
iv. Efeito do processamento global	109
2. Método massa esponja	111
a. Composição Centesimal	111
i. Efeito da formulação	112
ii. Efeito da fermentação	112
iii. Efeito do cozimento	116
iv. Efeito do processamento global	116
b. Aminoácidos	116
i. Efeito da formulação	120
ii. Efeito da fermentação	124

iii. Efeito do cozimento	127
iv. Efeito do processamento global	127
c. Açúcares	127
i. Efeito da formulação	130
ii. Efeito da fermentação	130
iii. Efeito do cozimento	135
iv. Efeito do processamento global	135
d. Ácidos graxos	138
i. Efeito da formulação	138
ii. Efeito da fermentação	141
iii. Efeito do cozimento	143
iv. Efeito do processamento global	148
e. Vitaminas	148
i. Efeito da formulação	152
ii. Efeito da fermentação	156
iii. Efeito do cozimento	158
iv. Efeito do processamento global	158
3. Processo Chorleywood	161
a. Composição Centesimal	161
i. Efeito da formulação	161
ii. Efeito da fermentação	164
iii. Efeito do cozimento	164
iv. Efeito do processamento global	164
b. Aminoácidos	167

i. Efeito da formulação	167
ii. Efeito da fermentação	167
iii. Efeito do cozimento	170
iv. Efeito do processamento global	170
c. Açúcares	173
i. Efeito da formulação	173
ii. Efeito da fermentação	173
iii. Efeito do cozimento	177
iv. Efeito do processamento global	177
d. Ácidos graxos	179
i. Efeito da formulação	179
ii. Efeito da fermentação	179
iii. Efeito do cozimento	183
iv. Efeito do processamento global	187
e. Vitaminas	187
i. Efeito da formulação	187
ii. Efeito da fermentação	189
iii. Efeito do cozimento	189
iv. Efeito do processamento global ...	192
C. Variação dos nutrientes em função dos méto- dos de processamento	194
1. Variação na composição centesimal	194
a. Efeito da formulação	194
b. Efeito da fermentação	196

c. Efeito do cozimento	196
d. Efeito do processamento global	197
2. Variação na composição em aminoácidos ...	197
a. Efeito da formulação	197
b. Efeito da fermentação	199
c. Efeito do cozimento	199
d. Efeito do processamento global	200
3. Variação no conteúdo de açúcares	201
a. Efeito da formulação	201
b. Efeito da fermentação	201
c. Efeito do cozimento	201
d. Efeito do processamento global	203
4. Variação na composição em ácidos graxos..	203
a. Efeito da formulação	203
b. Efeito da fermentação	205
c. Efeito do cozimento	205
d. Efeito do processamento global	205
5. Variação no conteúdo de vitaminas	206
a. Efeito da formulação	206
b. Efeito da fermentação	206
c. Efeito do cozimento	208
d. Efeito do processamento global	208
D. Aplicação de Microondas no Cozimento do Pão.	208
1. Efeito do tratamento térmico convencional	

e de microondas no grau de gelatinização (cozimento) do amido do pão	209
a. Efeito do tratamento térmico convencional	209
b. Efeito do tratamento térmico por microondas	215
2. Desenvolvimento do processo de cozimento do pão por microondas	219
a. Otimização do tempo de fermentação e cozimento	219
b. Tratamento térmico por microondas e aquecimento convencional a alta temperatura	224
i. Avaliação da qualidade tecnológica do pão	225
ii. Análise Sensorial	225
3. Efeitos dos tratamentos térmicos por microondas e convencional no teor de nutrientes do pão	227
a. Composição Centesimal	230
b. Aminoácidos	230
c. Açúcares	234
d. Ácidos graxos	234
e. Vitaminas	237

V. CONCLUSÕES	242
VI. BIBLIOGRAFIA	244

ÍNDICE DE TABELAS

Página

TABELA

I.	Composição centesimal da farinha de trigo	61
II.	Características viscoamilográficas da farinha de trigo	62
III.	Características farinográficas da farinha de trigo	64
IV.	Características extensigráficas da farinha de trigo	65
V.	Efeito da formulação na composição química das massas feitas pelo método massa direta	68
VI.	Efeito da fermentação na composição química das massas diretas	69
VII.	Efeito do cozimento na composição química do pão feito pelo método massa direta	71
VIII.	Efeito do processamento global (fermentação e cozimento), na composição química do pão feito pelo método massa direta	73
IX.	Composição em aminoácidos de farinha e fermento usados na formulação do pão	75
X.	Efeito da formulação sobre a composição em aminoácidos das massas feitas pelo método massa direta	76

XI.	Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos das massas feitas pelo método massa direta	78
XII.	Efeito do cozimento sobre a composição em aminoácidos do pão feito pelo método massa direta	80
XIII.	Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) sobre a composição em aminoácidos do pão feito pelo método massa direta	82
XIV.	Efeito de formulação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo método massa direta	84
XV.	Efeito da fermentação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo método massa direta	86
XVI.	Efeito do cozimento na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo método massa direta	87
XVII.	Efeito do processamento global (fermentação e cozimento no conteúdo de açúcares, totais e redutores do pão feito pelo método massa direta.	89
XVIII:	Composição em ácidos graxos da gordura da farinha e da gordura vegetal hidrogenada usadas na produção de pão pelos diferentes métodos.	91
XIX.	Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita	

XX.	pelo método massa direta	95
XX.	Efeito da fermentação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo método massa direta	97
XXI.	Efeito do cozimento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método massa direta	100
XXII.	Efeito do processamento global (fermentação e cozimento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método - massa direta	103
XXIII.	Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa direta....	104
XXIV.	Efeito da fermentação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa direta ...	107
XXV.	Efeito do cozimento no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa direta	108
XXVI.	Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa direta	110
XXVII.	Efeito da formulação na composição centesimal da esponja feita pelo método massa esponja....	113
XXVIII.	Efeito da formulação na composição centesimal da massa feita pelo método massa esponja.....	114

XXIX.	Efeito global da formulação na composição centesimal das massas feitas pelo método massa esponja	115
XXX.	Efeito da fermentação na composição centesimal das esponjas e massas feitas pelo método massa esponja	117
XXXI.	Efeito do cozimento na composição centesimal do pão feito pelo método massa esponja	118
XXXII.	Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) na composição centesimal do pão feito pelo método massa esponja	119
XXXIII.	Efeito da formulação sobre a composição em aminoácidos da esponja feita pelo método massa esponja	121
XXXIV.	Efeito da formulação sobre a composição em aminoácidos da massa feita pelo método massa esponja	122
XXXV.	Efeito global da formulação sobre a composição em aminoácidos das massas feitas pelo método massa esponja	123
XXXVI.	Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos da esponja feita pelo método massa esponja	124

XXXVII.	Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos da massa feita pelo método massa esponja	126
XXXVIII.	Efeito do cozimento sobre a composição em aminoácidos do pão feito pelo método massa esponja	128
XXXIX.	Efeito do processamento global sobre a composição em aminoácidos do pão feito pelo método de massa esponja	129
XL.	Efeito da formulação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores da esponja feita pelo método massa esponja.....	131
XLI.	Efeito da formulação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores da massa feita pelo método massa esponja	132
XLII.	Efeito global da formulação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo método massa esponja	133
XLIII.	Efeito da fermentação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores da esponja e da massa feitas pelo método massa esponja	134
XLIV.	Efeito do cozimento na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo método massa esponja	136

XLV.	Efeito do processamento global na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo método massa esponja	137
XLVI.	Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da esponja feita pelo método massa esponja	139
XLVII.	Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo método massa esponja	142
XLVIII.	Efeito global da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo método massa esponja	144
II.	Efeito da fermentação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da esponja e da massa feita pelo método massa esponja	145
L.	Efeito do cozimento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método massa esponja	149
LI.	Efeito global do processamento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método massa esponja	151
LII.	Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das esponjas feitas pelo método massa esponja.	153
LII.	Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa esponja...	154

LIV.	Efeito global da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa esponja	155
LV.	Efeito da fermentação no conteúdo de vitaminas das esponjas e massas feitas pelo método massa esponja	157
LVI.	Efeito do cozimento no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa esponja	158
LVII.	Efeito do processamento global no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa esponja	160
LVIII.	Efeito da formulação na variação da composição das massas feitas pelo processo Chorleywood...	162
LIX.	Efeito da fermentação na variação da composição centesimal das massas feitas pelo processo Chorleywood	163
LX.	Efeito do cozimento na variação da composição centesimal do pão feito pelo processo Chorleywood	165
LXI.	Efeito do processamento global na variação da composição centesimal do pão feito pelo processo Chorleywood	166
LXII.	Efeito da formulação sobre a composição de aminoácidos das massas feitas pelo processo Chorleywood	168

LXIII.	Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos das massas feitas pelo processo de Chorleywood	169
LXIV.	Efeito do cozimento sobre a composição em aminoácidos do pão feito pelo processo Chorleywood	171
LXV.	Efeito do processamento global sobre a composição em aminoácidos do pão feito pelo processo Chorleywood	172
LXVI.	Efeito da formulação conteúdo de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo processo Chorleywood	174
LXVII.	Efeito da fermentação no conteúdo de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo processo Chorleywood	175
LXVIII.	Efeito do cozimento no conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo processo de Chorleywood	176
LXIX.	Efeito do processamento global no conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo processo Chorleywood	178
LXX.	Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo processo Chorleywood	180
LXXI.	Efeito da fermentação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita	

	ta pelo processo Chorleywood	182
LXXII.	Efeito do cozimento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo processo Chorleywood	184
LXXIII.	Efeito do processamento global na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo processo Chorleywood.....	186
LXXIV.	Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo processo Chorleywood...	188
LXXV.	Efeito da fermentação no conteúdo de vitaminas nas massas feitas pelo processo Chorleywood ..	190
LXXVI.	Efeito do cozimento no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo processo Chorleywood	191
LXXVII.	Efeito do processamento global no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo processo Chorleywood	193
LXXVIII.	Variação da composição centesimal através dos métodos de massa direta, massa esponja e do processo Chorleywood	195
LXXIX.	Variação da composição em aminoácidos através dos métodos de massa direta, massa esponja e do processo Chorleywood	198
LXXX.	Variação do conteúdo de açúcares totais e redutores através dos métodos de massa direta e massa esponja e do processo Chorleywood	202

LXXXI. Variação da composição em ácidos graxos através dos métodos massa direta, e massa esponja e do processo Chorleywood	204
LXXXII. Variação do conteúdo de vitaminas através dos métodos de massa direta, massa esponja e do processo Chorleywood	207
LXXXIII. Características dos amilogramas das amostras de farinha, massa e pão feito com diferentes - tempos de tratamento térmico convencional	211
LXXXIV. Características dos amilogramas das amostras de farinha, massa e pão com diferentes tempos de tratamento térmico por microonda	217
LXXXV. Avaliação da qualidade tecnológica dos pães feitos com diferentes tempos de fermentação e tratados termicamente por microondas	222
LXXXVI. Avaliação da qualidade tecnológica dos pães feitos por microonda e microonda-convencional	226
LXXXVII. Resultados do painel da análise sensorial dos pães feitos pelo tratamento térmico microonda-convencional usando a escala hedônica	228
LXXXVIII. Efeito do tratamento térmico por microonda-convencional a alta temperatura na composição centesimal do pão	231
LXXXIX. Efeito dos tratamentos térmicos por microonda e microonda-convencional a alta temperatura so	

	bre o conteúdo de aminoácidos do pão	232
XC.	Efeito dos tratamentos térmicos por microonda e microonda-convencional a alta temperatura <u>so</u> bre o conteúdo de açúcares do pão	235
XCI.	Efeitos dos tratamentos térmicos por microonda e microonda-convencional a alta temperatura <u>so</u> bre a composição em ácidos graxos dos lipídios do pão	236
XCII.	Efeito do tratamento térmico por microonda e microonda-convencional a alta temperatura <u>so</u> bre o conteúdo de vitaminas do pão	238

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da gordura vegetal hidrogenada usada na formulação do pão	92
2. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da farinha utilizada na fabricação do pão	93
3. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa misturada pelo método massa direta	96
4. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa fermentada pelo método massa direta	98
5. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão processado pelo método massa direta	101
6. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da esponja misturada pelo método massa esponja	140
7. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa misturada pelo método massa esponja	143
8. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da esponja fermentada pelo método massa esponja	146
9. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa fermentada pelo método massa esponja	147
10. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão processado pelo método massa esponja	150
11. Ésteres metílicos dos ácidos graxos de massa misturada pelo processo Chorleywood	181

12. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa fermentada pelo processo Chorleywood 184
13. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão feito pelo processo Chorleywood 185
14. Efeito do tempo de tratamento térmico convencional no grau de gelatinização da farinha de pão de terminado pelo viscoamilógrafo 210
15. Efeito do tempo de tratamento térmico convencional na viscosidade máxima da farinha de pão determinada pelo viscoamilógrafo 213
16. Efeito do tempo de tratamento térmico por microondas no grau de gelatinização da farinha de pão, determinado pelo viscoamilógrafo 216
17. Efeito do tempo de tratamento térmico por microondas na viscosidade máxima da farinha de pão, de terminado pelo viscoamilógrafo 217
18. Comparação entre os tempos de tratamento térmico convencional e de microondas no grau de gelatinização da farinha de pão, determinado pelo viscoamilógrafo 220
19. Distribuição hedônica do painel de avaliação sensorial do pão microonda-convencional em comparação com o pão convencional 229

20. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão feito
pelo tratamento térmico por microondas..... 237
21. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão feito
pelo tratamento térmico por microondas-convencion
nal 238

RESUMO

A presente pesquisa teve por objetivo estudar o efeito dos diferentes processos de fabricação de pão no teor dos nutrientes mais importantes deste alimento. A relação entre os processos e o teor de nutrientes foi avaliada através das etapas parciais, de cada processo, a fim de estabelecer em quais destas ocorrem as perdas mais importantes.

Foram examinados os seguintes processos de panificação nas suas condições padronizadas: massa direta, massa esponja e Chorleywood. Adicionalmente foi aplicado um método que emprega o cozimento por microondas, cujas condições foram desenvolvidas também na presente pesquisa.

As amostras para a avaliação dos nutrientes foram retiradas da farinha, da massa recém misturada, da massa após fermentação e do produto assado. As amostras foram submetidas às seguintes determinações químicas: composição centesimal, composição de aminoácidos, teor de açúcares redutores e totais, composição em ácidos graxos e teor de tiamina e riboflavina. As determinações de ácido ascórbico e tocoferóis totais foram incluídos devido à adição do primeiro como agente oxidante e do segundo como componente natural da gordura vegetal hidrogenada usada na formulação das massas.

De um modo geral, a composição centesimal não foi afetada pelos diferentes processamentos de produção de pão. Entretanto, a composição de aminoácidos foi modificada. A fermentação aumentou os teores de vários aminoácidos indispensáveis, porém a etapa de cozimento, reduziu os teores dos aminoácidos básicos, principalmente a lisina, a qual diminuiu de 14 a 17%. O processo Chorleywood, apresentou as maiores perdas de lisina.

Os teores de açúcares totais e redutores foram diminuídos de 22 a 60%, dependendo dos métodos pesquisados. A menor diminuição foi observada no processo de massa esponja.

A composição em ácidos graxos foi somente modificada no processo Chorleywood, onde foram encontrados aumentos de 841 e 271% dos ácidos mirístico e palmitoléico, respectivamente, e diminuições de cerca de 22% de ácido linoléico.

Os teores de vitaminas foram diminuídos em todos os métodos pesquisados, sendo que a etapa de cozimento foi a que contribuiu com as maiores perdas. Nesta etapa, a tiamina foi reduzida de 23 a 35%, e a vitamina C de 25 a 65%. A riboflavina e o tocoferol total foram pouco afetados, sendo destruídos somente de 10 a 20%.

O emprego das microondas no cozimento do pão não provocou perdas importantes nos principais nutrientes, porém o aroma, o sabor e a crosta foram inferiores aos pa-

drões de qualidade do pão convencional. A aplicação posterior ao tratamento por microondas, de um tratamento térmico convencional a 300°C durante 5 minutos, corrigiu, pelo menos em parte, os problemas acima mencionados, porém também aumentou as perdas de alguns dos nutrientes. Entretanto, as perdas totais foram ainda inferiores às apresentadas nos outros três métodos estudados. O cozimento do pão pelo processo de microondas seguido de aquecimento a 300°C foi completado em 8 minutos enquanto que o cozimento convencional empregou 20 minutos.

SUMMARY

The purpose of the present work was to study the effect of various breadmaking processes on the principal nutrients of bread and also to identify the processing steps responsible for the major nutritional losses in the bread. The straight dough, sponge dough and Chorleywood processes were studied, as well as a microwave heat treatment process. The effect of formulation, fermentation and heat treatment on bread nutrients were analyzed. The fermentation of dough caused a substantial increase in the content of various amino acids, while heat treatment caused a reduction in most of the amino acids, especially lysine (14-17%). Total and reducing sugars were decreased from 22 to 60% during bread processing, with the largest decrease observed in the sponge dough method. The fatty acid content was affected only by the Chorleywood process; in this process myristic and palmitic acids increased 841 and 271%, while the linoleic acids reduced 22%.

The vitamin content decreased in all methods under study, with the heat treatment step responsible for the major loss. It was concluded that the conventional heat treatment of bread is the major cause of nutritional loss. On the other hand, heat treatment with microwaves caused only a negligible loss of nutrients. However, bread flavor and crust quality were inferior to conventionally baked bread. A combination of microwaves and high-temperature, short-time conventional cooking (300°C for 5 min.) improved the color and flavor of bread, while the total loss of bread nutrients using this approach was much lower than that with conventional methods.

I. INTRODUÇÃO

Os cereais figuram entre os alimentos básicos, que contribuem de forma marcante no fornecimento de calorias e proteínas na dieta humana em todo o mundo. No Brasil, consome-se em média, ao redor de 235g/dia de cereais por pessoa, os quais fornecem aproximadamente 38% das calorias, 30% das proteínas, 8% do cálcio e 20% dos requerimentos diários da população (2,52). Assim, estes alimentos são um dos principais fornecedores de calorias e proteínas para grande parte da população brasileira.

Algumas décadas atrás, as pesquisas em tecnologia de alimentos estavam orientadas principalmente para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos processos industriais, sem se preocupar com as mudanças no valor nutricional que tais processos poderiam ocasionar no produto final.

O conhecimento da instabilidade dos nutrientes e sua relação com os processos de industrialização dos alimentos, principalmente do pão, é essencial para reduzir as perdas nutricionais que possam ocorrer durante o processamento.

Um dos objetivos do presente trabalho é: estudar o efeito das etapas do processamento no conteúdo de nutrientes do pão, assim como, as variações dos nutrientes em função dos métodos de processamento convencionais de produção de pão e os processos de desenvolvimento mecânico da massa.

É também objetivo deste trabalho, estudar as possibilidades de modificar as etapas do processamento que contribuem com as maiores perdas dos nutrientes.

Nesta pesquisa visamos também estudar o efeito do cozimento por microondas na qualidade tecnológica e no valor nutricional do pão.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE PÃO

Na produção de pão, tipo francês e forma, são comumente usados os processos convencionais chamados massa esponja e massa direta. Estes processos usam os mesmos equipamentos, porém eles diferem na formulação e/ou etapas do processamento. Entretanto, o desenvolvimento da massa nos dois processos é caracterizado pela mistura e principalmente pelos longos tempos de fermentação.

Além dos processos convencionais, podem ser usados também os processos mecânicos, no qual a massa é desenvolvida pela energia fornecida à mesma em misturadores de alta velocidade. Entre os processos mecânicos, podemos citar os processos contínuos Do-Maker e Am-flow, usados principalmente nos Estados Unidos, e o processo Chorleywood desenvolvido inicialmente na Inglaterra, e atualmente adotado por numerosos países, inclusive o Brasil (81).

1. Processo massa esponja

O processo massa esponja é um dos mais populares na produção de pão nos Estados Unidos, sendo usado em mais que 50% das indústrias panificadoras (22).

A primeira etapa deste método é chamada esponja, e consiste de uma mistura dos ingredientes, na qual geralmente 60 a 70% da farinha, o total do fermento e do nutriente de fermento e aproximadamente 2/3 da água total, são misturados para homogeneizar os ingredientes. Esta esponja é posteriormente fermentada por 3 a 5 horas, à umidade e temperatura controladas. O papel desta esponja é desenvolver as propriedades de retenção de gás da massa, ativar a levedura e desenvolver os precursores do aroma e gosto do pão (25).

Após a fermentação, a esponja é misturada com o restante dos ingredientes até formar uma massa desenvolvida. Após um período curto de descanso (15-30 min), a massa é cortada, arredondada e moldada e posteriormente fermentada por um tempo que pode variar de 50 até 60 minutos à temperatura e umidade controladas. Posteriormente, a massa é assada aproximadamente a 210 - 240°C durante 20 a 30 minutos, dependendo do tamanho da unidade de pão.

Pelo processo massa esponja pode-se obter um produto de "flavor" e textura adequados, entretanto, comparando-o com outros métodos, o tempo de processamento é elevado (aproximadamente 7 horas), além de utilizar mais espaço, material e mão-de-obra (81).

2. Processo massa direta

No processo massa direta, todos os ingredientes são misturados ao mesmo tempo e a massa é desenvolvida em uma única mistura e fermentada por aproximadamente 3 horas. Posteriormente, as etapas de divisão, moldagem e cozimento são as mesmas do processo de massa esponja.

As vantagens deste processo em relação ao de massa esponja são: menos equipamentos (menor espaço) e menor tempo de processamento. Entretanto este método é menos flexível do que o método de massa esponja (81).

3. Processo Chorleywood

O processo Chorleywood foi desenvolvido pela Associação Britânica de Pesquisas das Indústrias da Panificação em 1961 e a partir de 1966 é um dos processos mais usados na Inglaterra (15).

O desenvolvimento deste método foi baseado no fato do gluten da massa poder ser desenvolvido, sem a necessidade de longa fermentação da mesma, se uma quantidade certa de energia é fornecida à massa. Esta energia é de cerca de 10 - 11 watt hr/kg de massa e pode ser obtida pela seguinte equação:

$$E = K (L \times t \times r)$$

onde:

E = energia em watt hora

L = torque em kg cm

t = tempo de mistura em minutos

r = velocidade de mistura em rpm

K = constante que depende do tipo de farinha e do peso da massa

O misturador comumente usado no processo Chorleywood é o "Tweedy", com uma velocidade de mistura de aproximadamente 420 rpm. Ele consiste de um cilindro vertical com três pequenas pás projetadas radialmente para assegurar a rápida dispersão de todos os ingredientes. O tempo de mistura para desenvolver a massa varia de acordo com a farinha sendo normalmente de 3 a 5 minutos.

Além do misturador especial o processo Chorleywood requer o uso de agentes oxidantes e redutores. Os agentes oxidantes são usados para oxidar as ligações químicas quebradas durante a mistura intensiva, permitindo assim a formação da estrutura do glúten e portanto o desenvolvimento da massa (43). Dependendo da farinha usada, uma combinação de 10 a 20 ppm de iodato de potássio e 45 a 55 ppm de bromato de potássio é satisfatória. O ácido ascórbico podem também ser usado como um substituto, ao nível de 75 ppm (81).

O processo Chorleywood precisa também de no mínimo 0,7% a mais de gordura, agentes emulsificantes, além de 2,5

a 3,5% de água acima dos usados nos processos convencionais e 50 até 100% a mais de fermento para compensar o curto tempo de fermentação, o qual é de normalmente 55-60 minutos após as etapas de mistura, divisão e moldagem da massa.

As principais vantagens do processo são a economia de tempo devido à curta fermentação, a menor mão-de-obra, a possibilidade de uso de farinhas mais fracas e o maior rendimento do pão devido à menor perda na fase de fermentação. Entretanto, o "flavor" do pão é menos acentuado (48).

B. MUDANÇAS NO CONTEÚDO DE NUTRIENTES DA FARINHA E DO PÃO DURANTE O PROCESSAMENTO

O conteúdo de nutrientes dos produtos de panificação e principalmente do pão depende grandemente dos teores de nutrientes da própria farinha (98).

Diversos trabalhos (31, 62, 98) têm sido feitos para avaliar as perdas nutricionais quando o trigo é convertido em farinha e posteriormente em pão. Na fabricação do pão, os tipos e quantidades de ingredientes usados nas formulações, assim como o grau de extração de farinha influenciam o conteúdo de nutrientes.

1. Proteínas

O conteúdo de proteínas do trigo varia de 8% até níveis tão altos quanto 20% no grão. A farinha de trigo usada na produção de pão em Estados Unidos, Canadá e Argentina tem aproximadamente de 12 a 14% de proteína (51,82,97). A farinha de trigo usada no Brasil pode também alcançar esses níveis, já que esses países são os principais fornecedores desse produto (82).

No grão de trigo as proteínas mais importantes do ponto de vista tecnológico são as proteínas formadoras do glúten, chamadas gliadina e glutenina e do aspecto nutricional, as proteínas solúveis, albumina e globulina (65).

No processo de moagem, o endosperma do grão de trigo é separado do farelo e do germe e transformado em farinha. As proteínas que formam o glúten, concentram-se no endosperma, enquanto que as proteínas solúveis localizam-se principalmente no germe e nas camadas que constituem o farelo. As proteínas solúveis diferem em composição das insolúveis contendo proporções diferentes dos aminoácidos mais comuns. As proteínas solúveis são mais ricas em aminoácidos indispensáveis (27).

a. Composição em aminoácidos da farinha

A composição em aminoácidos das proteínas da fari-

nha de trigo difere apreciavelmente daquela encontrada no grão. Após a moagem, os níveis de certos aminoácidos são pouco afetados, entretanto, alguns deles, decrescem consideravelmente e outros encontram-se em quantidades significativamente maiores. Estas mudanças são devidas ao processo de moagem e a distribuição das diferentes proteínas dentro do grão de trigo (98).

A importância do trigo como fonte de proteínas é limitada pelo seu baixo conteúdo de lisina. A farinha de trigo tem menor conteúdo de lisina que o grão, portanto sua contribuição nutricional é pequena.

Resultados de ensaios microbiológicos, demonstraram diferenças estatisticamente significativas nas proporções de certos aminoácidos das proteínas do trigo e da farinha. Na conversão de trigo a farinha, os níveis dos aminoácidos lisina, arginina, ácido aspártico, glicina, alanina, treonina e triptofano encontram-se significativamente diminuídos. Entretanto, encontram-se aumentados na farinha, o ácido glutâmico, a prolina, a fenilalanina, a isoleucina, a leucina, a serina, a cistina e a tirosina (35).

b. Composição e variação dos aminoácidos das massas e do pão

Horvart et al. (39) analisando amostras de massa feitas pelo método massa esponja, encontraram maiores teo-

res de aminoácidos nas esponjas e massas fermentadas em relação à farinha. Estes aminoácidos foram a arginina, o ácido aspártico, o ácido glutâmico, a glutamina, a glicina, a isoleucina, a leucina, a prolina e a valina. A presença de alguns aminoácidos nas massas fermentadas se deve a vários fatores, principalmente a ação de numerosas enzimas da farinha e do fermento, cujos mecanismos de reação não estão ainda totalmente esclarecidos. As duas prováveis fontes de aminoácidos livres são sínteses a partir do nitrogênio do fermento ou do nutriente de fermento a atividade proteolítica das enzimas sobre as proteínas.

Em estudos feitos (4) sobre os tempos de mistura e fermentação das massas, encontrou-se que o aumento do tempo de mistura da massa de 5 para 20 minutos e a eliminação do período de descanso antes do corte das massas, produz-se um aumento no conteúdo de aminoácidos das mesmas.

Horn et al. (38) determinaram através de ensaios microbiológicos, 11 aminoácidos em farinhas, massas misturadas e fermentadas e pães feitos pelo método massa direta. As massas após mistura, apresentaram um aumento significativo de lisina e metionina devido a adição de fermento e leite nas formulações. Não foram encontradas diferenças significativas entre as massas misturadas e fermentadas, portanto concluiu-se que não há perdas de aminoácidos durante a fermentação. Nos pães, os aminoácidos cistina, lisina e metionina foram diminuídos significativamente.

O efeito do cozimento do pão na estabilidade dos aminoácidos aminados foi estudado por Burke (10), encontrando que durante o cozimento a lisina é destruída, em cerca de 10%, ao passo que a arginina é ligeiramente diminuída enquanto que a histidina é a mais resistente dos aminoácidos aminados.

Mel'kina et al. (63) estudando o conteúdo de aminoácidos da crosta e do miolo do pão encontraram que diferentes tempos de cozimento não afetam o conteúdo dos principais aminoácidos do miolo do pão. O conteúdo de aminoácidos do miolo do pão foi diferente ao da crosta do mesmo. Na crosta a quantidade de histidina e metionina foi maior, entretanto a cisteína, treonina, serina e lisina apresentaram valores menores que no miolo respectivo.

Já que a lisina, é o principal aminoácido limitante do pão, Mandl et al. (60), analisando amostras de pão branco e pão integral, calcularam a quantidade de proteína completa a qual pode ser fornecida pela proteína total do pão. Foi estabelecido que a farinha de trigo, pão branco e pão integral fornecem 40%, 52% e 60% respectivamente de proteína completa. A composição em aminoácidos de 17 tipos diferentes de pão foram determinadas por Sandulescu et al. (87), a fim de conhecer as perdas destes nutrientes durante o cozimento. As análises das massas, a crosta e o miolo do pão, demonstraram que as perdas estão diretamente relacionadas com a temperatura de cozimento e portanto, foram maiores na

crosta do que no miolo. Os aminoácidos mais instáveis foram a lisina e a arginina com perdas de até 90% na crosta do pão. No miolo do pão, as perdas menores foram dos aminoácidos fenilalanina, histidina e tirosina. O aminoácido mais resistente à temperatura foi a valina.

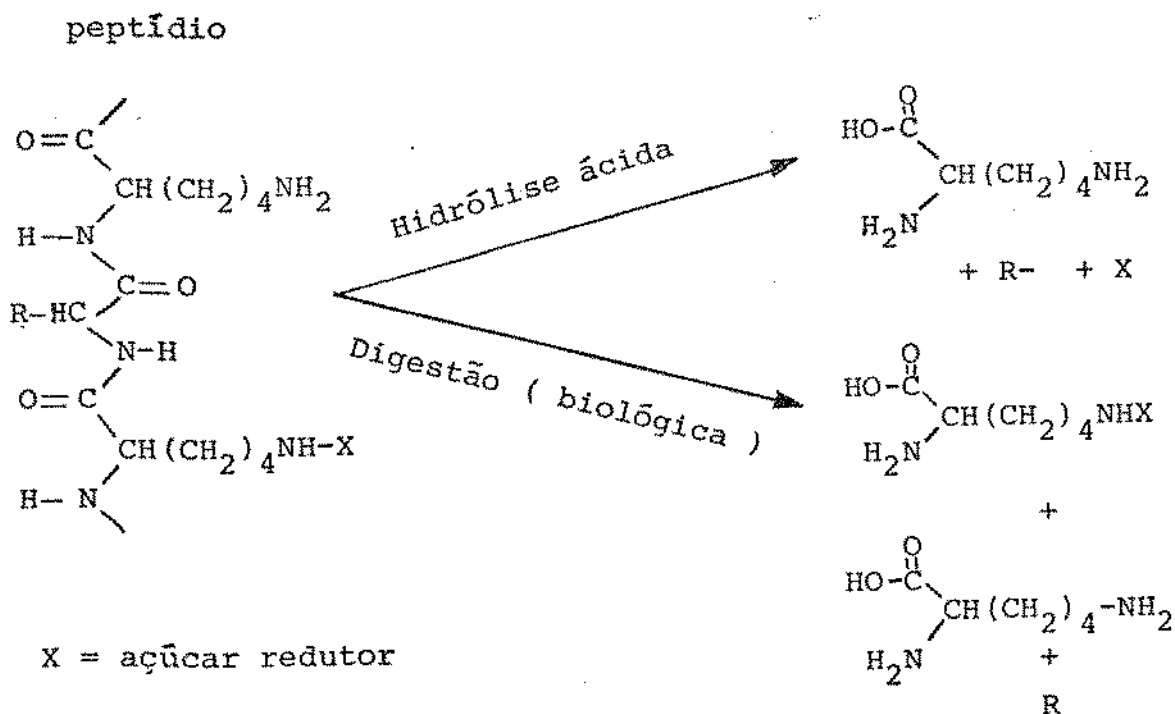
Outros pesquisadores (68) entretanto, encontraram que um dos aminoácidos limitantes do pão é a valina, além da lisina, leucina e isoleucina.

Toepfer et al. (98) analisando o conteúdo de aminoácidos do trigo, farinha e pão feito pelos métodos massa esponja e processo contínuo encontraram que no pão, o conteúdo de lisina foi sempre maior do que na farinha, devido à adição de leite na formulação. Comparando os dois métodos de processamento, foram observadas menores perdas do conteúdo de aminoácidos no método convencional do que no processo contínuo.

Knight et al. (48) comparando o conteúdo de aminoácidos dos pães feitos pelo método massa direta e processo Chorleywood não encontraram diferenças significativas em ambos os processos.

c. Disponibilidade de lisina

A vulnerabilidade da lisina ao calor é devida principalmente à relativa exposição dos grupos ϵ -amino o que leva a perdas da qualidade nutricional da proteína (12). O efeito do calor sobre a proteína é duplo: primeiro, a destruição dos aminoácidos e segundo, indisponibilidade dos mesmos como resultado da sua combinação com outros compostos tais como os açúcares. A ligação entre o grupo ϵ -amino da lisina e o açúcar não pode ser hidrolizada pelas enzimas digestivas do corpo humano tornando portanto o aminoácido não disponível. No entanto, este tipo de ligação pode ser hidrolizada com o tratamento ácido, usado normalmente nas análises de aminoácidos, de acordo com o esquema seguinte: (12)



A destruição de lisina durante o cozimento varia em função da temperatura e do tempo do mesmo. A maior destruição é observada na crosta do pão devido à participação desse aminoácido na relação de Maillard.

Em experiências feitas por vários pesquisadores (12, 84) encontrou-se que as perdas de lisina em pão branco são de aproximadamente 15%. Jansen e col. (41) observaram que estas perdas podem duplicar-se quando é usado leite em pó nas formulações. A adição de leite aumenta as perdas de lisina devido à presença de grandes quantidades de açúcar redutor D-lactose.

2. Açúcares

Os açúcares presentes nas massas e no pão provêm principalmente de três fontes: aqueles presentes originalmente na farinha, os produzidos dos oligossacarídeos ou polissacarídeos por ação das enzimas da farinha do fermento e aquelas adicionadas como suplemento enzimático, e os adicionados na massa como ingredientes, os quais normalmente variam desde 3% até 8% (na base da farinha), (76).

Os 4 açúcares mais importantes em panificação são os dissacarídeos, sacarose e maltose e os monossacarídeos glucose e frutose. Algumas glucofructosanas da farinha de trigo são também potencialmente fermentáveis (50).

a) Conteúdo de açúcares da farinha e das massas

A farinha de trigo contém ao redor de 0,02 - 0,08 % de frutose, 0,01 - 0,09% de glucose, 0,19 - 0,26% de sacarose, 0,07 - 0,10% de maltose e 1,26 - 1,31% de oligossacarídeos. A quantidade total de açúcares varia de aproximadamente 1,55 até 1,84% (50, 76).

O conteúdo de maltose nas massas feitas pelo método massa esponja e massa direta após mistura é 10 até 15 vezes maior do que na farinha original. O rápido aumento de maltose deve-se à ação das enzimas amilases sobre o amido danificado da farinha (76). A sacarose na massa é hidrolisada rapidamente, antes de ser fermentada e sua velocidade de fermentação é igual a uma mistura equimolar de fructose-glucose (94).

A glucose fermenta mais rapidamente que a fructose quando a concentração de ambas é ao redor de 8% e mais rapidamente ainda quando a concentração é de 2%. Em massas que contém sacarose, a maltose, para ser fermentada, precisa de um período de adaptação que é controlado por vários fatores e é geralmente fermentada após a glucose e a fructose (49, 53, 54).

b. Conteúdo de açúcares do pão

Eheart e Mason (23) estudando as mudanças que acon-

tecem na composição de carboidratos do trigo, farinha e pão feito pelos métodos massa esponja e processo contínuo encontraram que os pães feitos por ambos os métodos apresentaram um considerável aumento dos açúcares redutores e um decréscimo dos não redutores e do amido.

O conteúdo de carboidratos determinados por diferença nos pães feitos pelo processo Chorleywood e método massa direta, foram convertidos em monossacarídeos equivalentes usando valores predeterminados por cálculo para açúcares redutores, não redutores e amido. Estes fatores foram de 1,05 para maltose, 1,11 para amido e 1,09 para dextrinas solúveis. Baseando-se nestes resultados, encontrou-se que os conteúdos de carboidratos disponíveis como monossacarídeos no pão feito pelo processo convencional foram ligeiramente mais altos do que no pão feito pelo processo Chorleywood (48).

As proporções relativas dos açúcares livres, amido, maltose e dextrinas no pão variam com a atividade amilolítica, conteúdo de amido danificado, tempo de fermentação, temperatura e conteúdo de fermento da massa, além do tempo de cozimento. No processo Chorleywood, a fermentação principal é eliminada e a temperatura da massa e o conteúdo de fermento são aumentados, portanto o conteúdo de açúcares do pão Chorleywood deve ser diferente dos processos convencionais (48).

Os estudos feitos para determinar as quantidades de açúcares residuais do miolo do pão (7, 54, 94) têm concluí-

do que nas fórmulas que contêm sacarose, o pão tem maior quantidade de frutose que glucose; em pães feitos pelo método massa esponja, o conteúdo de maltose é baixo; o pão tem menor quantidade de glucose e frutose do que a massa correspondente.

3. Lipídios

A contribuição à dieta dos lipídios do trigo e seus produtos derivados, tem recebido pouca atenção do ponto de vista nutricional, devido ao fato de eles constituírem um componente em menor quantidade quando comparados com as proteínas e os carboidratos. Entretanto, em anos recentes vários estudos (27, 40, 105 e 106) têm sido feitos principalmente, no que diz respeito ao conteúdo e composição de ácidos graxos dos cereais e seus produtos processados.

a. Lipídios da farinha

A quantidade e classe dos lipídios presentes nas farinhas de trigo dependem de muitos fatores tais como, tipo de farinha, grau de extração, tempo de armazenamento da farinha, e estágio de maturidade do trigo (106). Em geral, o conteúdo de lipídios das farinhas diminui à medida que a porcentagem de extração diminui.

Os lipídios da farinha de trigo podem ser separados de acordo com a solubilidade em duas grandes categorias: lipídios livres e lipídios ligados (75).

Burkwall e col. (11) estudando a composição em ácidos graxos do trigo e de seus produtos derivados, encontraram que os principais ácidos graxos dos lipídios livres e ligados desses produtos foram os ácidos linoléico, palmitico, oléico, linolênico e esteárico, em ordem decrescente. Na farinha, além desses ácidos, foram também encontradas pequenas quantidades dos ácidos láurico, mirístico, miristoléico, palmitoléico, araquidônico e araquídico.

Nas farinhas, foram reportadas pequenas quantidades de ácidos graxos com número ímpar de átomos de carbono (18).

b. Mudanças na distribuição dos ácidos graxos através do processo de panificação

A distribuição dos ácidos graxos da farinha e do pão feito pelo método massa esponja e processo contínuo (40) mostrou a presença de 5 ácidos graxos principais. Na farinha, o ácido graxo principal foi o ácido linoléico, entretanto nos pães, o teor de ácido oléico foi significativamente maior.

Esta mudança na distribuição foi atribuída a adição de gordura nas formulações.

Knight et al. (48) analisando a distribuição de ácido

dos graxos em pães comerciais feitos pelos métodos massa direta e Chorleywood, encontraram a seguinte ordem de distribuição em quantidades decrescentes, ácido linoléico, oléico, palmítico e esteárico. Outros ácidos tais como o láurico, o mirístico e o linolênico foram reportados em quantidades muito pequenas. As diferenças entre os ácidos graxos do pão feito por ambos os métodos não foram significativas.

O ácido graxo que apresenta as maiores variações através dos processos de panificação é o ácido esteárico, o qual encontra-se em quantidades mínimas no trigo, entretanto no pão essa quantidade é aumentada em 2.250% (40).

c. Mudanças da relação de insaturação através do processo de panificação

A composição em ácidos graxos das frações lipídicas dos produtos de cereais tem sido de interesse recente devido o uso de óleos vegetais com alto conteúdo de ácido linoléico. Bernfeld et al. (3) propõem o uso da relação ácido linoléico: soma de todos os ácidos graxos saturados (L:S), como um meio de descrever melhor a composição em ácidos graxos da gordura de um alimento, ao invés do termo alto em insaturados.

A relação anterior (L:S) tem sido questionada por outros autores (72), pelo fato dela não descrever realmente a composição da gordura, já que nas formulações são usadas

gordura vegetal hidrogenada ou margarina, as quais tem alto conteúdo de ácido oléico, sendo portanto tabeladas como altas em insaturados. Para descrever melhor a composição da gordura é sugerida a relação ácido linoléico: todos os outros ácidos graxos (L:AOA). Esta relação considera outros ácidos graxos insaturados tais como o ácido oléico, o qual não é de interesse nutricional.

Após o cozimento do pão foi encontrado um pequeno decréscimo no ácido linoléico e aumento dos ácidos graxos saturados, diminuindo portanto a relação(L:AOA) (72).

Fleishman et al. (27) analisando o conteúdo de lipídios e ácidos graxos de 26 amostras diferentes de pão comercial encontraram grandes variações na relação poliinsaturados: saturados. Essas variações foram atribuídas à quantidade e tipo de gordura adicionada na formulação.

4. Vitaminas

Na moagem do trigo para obtenção de farinha são perdidas grande parte das vitaminas. A farinha de trigo de baixa extração tem em média 20% das vitaminas encontradas no grão de trigo (74).

As vitaminas que sofrem decréscimos maiores após moagem são a tiamina e a niacina. O ácido pantotênico é mais uniformemente distribuído no grão e sua concentração no endosperma é suficientemente alta. Os níveis de colina

também são relativamente altos no endosperma. A fonte principal de colina são os fosfolipídios que se encontram associados as proteínas do endosperma, germe e farelo (13,34,45).

As frações da moagem que contem principalmente a aleurona e o germe normalmente usados para ração animal, contêm a maior parte das vitaminas.

a. Tiamina e Riboflavina

Toepfer et al. (98) analisando o conteúdo de vitaminas do trigo, farinha e pão feito pelo método massa direta e processo contínuo, encontraram que os pães feitos pelo método convencional, apresentaram em média 50% dos valores das vitaminas do trigo, entanto que, no processo contínuo os valores foram de 42%. A adição de alguns ingredientes às farinhas na formulação do pão, aumenta o conteúdo de riboflavina acima dos valores encontrados no trigo e contribue com pequenos aumentos de tiamina.

Os teores de tiamina e ácido nicotínico dos pães feitos pelos processos Chorleywood e convencional foram diferentes, principalmente em relação à tiamina. As diferenças foram estatisticamente significativas ao nível de 1%, sendo que o pão feito pelo processo Chorleywood, apresentou o valor mais alto. Esse provável aumento foi atribuído ao uso de maior quantidade de fermento exigida pela formulação (15). As perdas de tiamina no pão feito pelo método conven

cional foram de 19%, para o pão feito com farinha fraca, e 23% para farinha forte, em relação aos teores encontrados nas suas respectivas massas. No pão feito pelo processo Chorleywood essas perdas foram de 13% para farinha fraca e 6% para farinha forte. As perdas maiores nos pães processados pelos métodos convencionais foram atribuídas aos longos períodos de fermentação. Entretanto, Knight et al. (48) não encontraram diferenças significativas nos teores de vitaminas dos pães feitos por ambos os processos.

Vários pesquisadores (12, 19, 93) indicaram que as perdas de tiamina durante o cozimento variam de 5 até 30%, sendo que a maior parte da destruição de tiamina acontece na crosta do pão.

Schultz et al. (90) encontraram que o conteúdo de vitaminas da crosta diminui em 50% quando o tempo de cozimento é de 10 até 40 minutos, enquanto que as perdas no miolo foram apenas de 17% durante esse mesmo tempo de cozimento.

Kennedy e Joslyn (46) encontraram que o conteúdo de tiamina na esponja misturada e na massa obtidas pelo método massa esponja foram próximos aos valores calculados teoricamente. Durante a fermentação aconteceram pequenos aumentos desses teores, entretanto após o cozimento o conteúdo de tiamina decresceu rapidamente.

Tabekhia e D'Appolonia (93) determinaram o conteúdo de tiamina, riboflavina e niacina nas massas misturadas,

fermentadas e no pão produzido por métodos convencionais e contínuos. Os resultados indicaram que os níveis de tiamina decrescem à medida que o tempo de cozimento aumenta e que as porcentagens de retenção foram maiores para os pães produzidos pelos métodos contínuos. Em relação a riboflavina, as perdas após o cozimento foram menores que as da tiamina.

b. Vitamina C

Chamberlain et al. (15) analisaram o conteúdo de vitamina C de amostras de pães feitos pelos métodos convencionais e Chorleywood. O conteúdo de vitamina C encontrado em todas as amostras foi inferior a 2 mg/100 g. Quando as amostras desses pães foram analisadas usando outros métodos mais sensíveis, encontraram-se quantidades inferiores a 0,2 mg/100 g. Estes fatos confirmam que a atividade da vitamina C é quase totalmente perdida durante o processamento.

Thewlis (95) encontrou por métodos radioativos que quando o ácido ascórbico foi usado como aditivo na panificação, aproximadamente 24% do carbono presente nele é perdido, provavelmente na forma de CO_2 . O restante permanece no pão como uma mistura de substâncias acídicas solúveis em água, cujo maior componente parece ser o ácido treônico. Este ácido representa 52% do carbono do ácido ascórbico adicionado. Nestas análises também foram encontrados outros produtos de

degradação presentes em quantidades menores, tais como o ácido 2,3 diketo-L-gulônico. Nesta experiência não foram encontradas no pão, quantidades originais dos ácidos L-ascórbico ou deidroascórbico adicionados.

c. Vitamina E

Os dados publicados (98) indicam que as contribuições nutricionais de vitamina E (tocoferol total) dos produtos assados são pequenas. No entanto, as atuais mudanças nas técnicas e matérias-primas empregadas na indústria de panificação, principalmente o aumento do uso de gordura vegetal hidrogenada, sugerem que os produtos derivados do trigo devem ser reestudados no que diz respeito a seu conteúdo e formas individuais dos tocoferóis. A maioria dos produtos de panificação contém gama e delta-tocoferóis, característicos de gorduras vegetais.

O requerimento nutricional da vitamina E é influenciado pelo consumo de ácidos graxos polinsaturados na dieta. Harris e Embree (32) estimaram que esses requerimentos encontram-se numa relação mínima de vitamina E/ácido graxo polinsaturado de 0,6mg/g. Esta relação é igual ou superior aos trigos duro (1,06) e mole (0,89), mas nos produtos derivados dos mesmos, não se encontram quantidades de alfa-tocoferol suficientes para balancear o seu conteúdo de ácido graxo polinsaturado.

Slover et al. (92) estudando o conteúdo de tocoferóis do trigo e produtos derivados encontraram que a farinha possui apenas 11% da quantidade encontrada no trigo. Os pães feitos pelos métodos convencionais e contínuos, apresentaram quantidades mínimas de tocoferóis provenientes do trigo. Os pães feitos pelos métodos contínuos mostraram quantidades pequenas de dois tocoferóis não característicos do trigo, gama e delta-tocoferóis, os quais podem ser derivados das gorduras ou dos emulsificantes usados nestes processos.

C. CONSUMO DE ENERGIA NO PROCESSO DE PANIFICAÇÃO

Tradicionalmente, os ingredientes de panificação, a mão-de-obra, o processamento, os equipamentos e a eficiência da produção tem sido avaliados em termos de valor monetário e capacidade de produção. O custo da energia do processamento do pão até pouco tempo foi considerado insignificante, mas atualmente devido a insuficiência energética, esse custo tem sido levado em consideração.

Em trabalhos recentes (8) foi calculado o consumo de energia, desde a colheita até a fabricação do pão, encontrando-se que durante a colheita do trigo são consumidos 38% do total da energia, na moagem 7%, no transporte 4% e na panificação, os 51% restantes.

Johnson & Hoover (41) calcularam que a energia ne-

cessária para processar uma unidade de pão de 454 gramas feita pelo processo massa esponja é de aproximadamente 1.490 BTU, onde 273 BTU são gastos em eletricidade e 1.217 BTU em gás natural. Um consumo adicional de 1.100 BTU são necessários para a distribuição do pão. O consumo total de energia do processo será portanto de 2.590 BTU para 454 gramas de pão.

O consumo de energia nos processos convencionais, pode ser reduzido através do uso dos métodos mecânicos de desenvolvimento da massa.

No processo Chorleywood, a etapa de mistura da massa requer cerca de 11 watt hora/kg de massa, em aproximadamente 5 minutos, a qual corresponde a 83,2 BTU/kg de pão. Esta energia é maior quando comparada com 43,2 BTU/kg de pão necessária para a mistura no método massa esponja. Entretanto, uma energia adicional de 273 BTU/kg é consumida durante a fermentação no método massa esponja. Assim o processo Chorleywood é 37% mais eficiente que o método convencional (41).

Durante o cozimento do pão são gastos 1.164,9 BTU/kg de pão, ou seja, o 16,7% do total da energia necessária para o processamento do pão. Esta etapa juntamente com a geração de vapor, a qual é responsável por 24,2% do total da energia, perfazem o total de 40,9% e contribuem portanto com os maiores gastos de todo o processamento (41).

O consumo de energia durante o cozimento pode ser

diminuído com o uso de fontes não convencionais, tal como a energia da microonda (71).

D. USO DA MICROONDA EM PANIFICAÇÃO

As microondas pertencem as ondas eletromagnéticas conhecidas comumente como ondas de baixa frequência e são geradas por meio de tubos de potências especiais chamados Magnetrons, Klystrons e Amplitons (66). O termo "micro" é usado para definir radiações de energia eletromagnética que tem frequências da ordem de 300 MHz até 300 GHz. Assim, as longitudes de onda variam de 1 metro até 1 milímetro. As frequências mais usadas para o aquecimento industrial são de 915 ± 13 MHz e $2,450 \pm 50$ MHz, sendo que a maior parte dos fornos utilizam esta última frequência.

1. Propriedades das microondas

As microondas possuem a grande capacidade de penetrar e propagar-se rápida e uniformemente em muitos materiais, aquecendo-os. O poder de penetração aumenta geralmente quando a frequência diminui.

O efeito de aquecimento é devido principalmente à interação da onda com átomos, moléculas polarizadas ou íons livres. As moléculas dipolares, quando submetidas a um cam

po elétrico, sofrem uma rápida vibração e a energia desta última é liberada como calor (83). O efeito deste aquecimento ocorre rapidamente através de todo o material.

As radiações de microondas podem ser absorvidas, refletidas ou transmitidas dependendo do tipo de material atingido e principalmente do seu coeficiente dielétrico e teor de umidade (86). A maioria das matérias secas, tais como plásticos, vidros, papéis, madeiras e cerâmicas, não absorvem as radiações de microondas, portanto podem ser usadas como recipientes. Os metais refletem as microondas sem produzir aquecimento e são usados geralmente como isolantes, na construção dos fornos.

2. Aplicação em panificação

O uso da energia da microonda em panificação tem sido recente, entretanto já fora usada para reduzir o conteúdo de fungos e o período de descongelamento de produtos de panificação (69).

Proctor e Goldblith (80) já em 1948 demonstraram a possibilidade de usar a microonda a 3000 MHz para assar produtos que não precisam de crosta. Nestes produtos a retenção de tiamina foi muito boa, o que não aconteceu com a riboflavina.

Recentemente a microonda tem sido utilizada na secagem de pastas, redução da umidade de bolachas e cozimento

de alguns tipos de pão e bolos. A falta de cor da crosta nos produtos assados e a falta de formas adequadas tem limitado a utilização desta fonte de energia em panificação (83, 86, 57).

No cozimento de biscoitos, recentemente tem sido utilizado um procedimento o qual permite combinar a microonda e recirculação de ar quente a 400°C . Este processo permite a cocção completa dos biscoitos num breve período de tempo (91).

Lorenz et al. (57) estudou a possibilidade de assar através da microonda, vários tipos de pão, especialmente pães de massas escuras tais como pão de trigo integral, pão de centeio e outros com alto conteúdo protéico, nos quais a formação da crosta não é muito importante.

Outros pesquisadores (71) tentaram produzir pão usando, além do aquecimento por microonda, uma segunda fonte à alta temperatura, tal como a radiação infravermelha de ultrafrequência (1 MHz) e também combinações de microondas e altas temperaturas em forno a gás. Os resultados finais foram a obtenção de uma crosta muito fina e com qualidade inferior a do padrão feito só com aquecimento convencional, além de diminuir muito pouco o tempo de cozimento.

Chamberlain (24) tentando utilizar farinha de trigo mole na produção de pão de boa qualidade, fez experiências de cozimento por energia de microondas em pães de forma feitos com farinha de trigo vermelho mole. Os pães foram assa

dos em forno de microonda à intensidade de 2.450 MHz e 896 MHz e posteriormente em forno convencional durante 4 até 8 minutos. Os resultados destas experiências mostraram a via bilidade do método, entretanto ficou estabelecido que ainda faltam muitas pesquisas para encontrar um processo adequado.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. MATERIAIS

1. Matéria-prima

Nesta pesquisa foi usada farinha de trigo comercial obtida pela mistura das farinhas de trigo comum e especial, nas mesmas proporções.

2. Ingredientes e reagentes

Na produção de pão foram usados os seguintes ingredientes: fermento biológico, sal comum, gordura vegetal hidrogenada, sacarose, emulsificante (estearoil-lactil-lactato de cálcio), reforçador de gluten, nutriente de fermento, e ácido ascórbico.

Os reagentes utilizados nas determinações químicas foram de pureza analítica.

3. Aparelhos e equipamentos

Na produção de pão foram utilizados os seguintes aparelhos e equipamentos:

- Farinógrafo Brabender
- Extensígrafo Brabender
- Viscoamilógrafo Brabender
- Forno doméstico Continental 2001
- Misturadeira Tweedy Siam Util
- Misturadeira vertical de baixa velocidade (75 rpm)
- Refrigerador de água Siam Util
- Carrinho de fermentação Siam Util
- Cortadeira de massa Siam Util
- Boleadeira de massa Siam Util
- Câmara de descanso com temperatura e umidade controlada
Siam Util
- Câmara de fermentação Siam Util
- Forno Súper Vulcão Siam Util
- Forno de microondas Kenmore (potência: 1,5 Kw, frequência
2.450 Mhz)
- Formas de estanho 2XX com as seguintes dimensões:
 - Parte superior: 14 x 6,8 cm
 - Parte inferior: 13 x 5,5 cm
 - Altura : 4,2 cm
- Formas de vidro Marinex com as seguintes dimensões:
 - Parte superior: 16,2 x 9,8 cm
 - Parte inferior: 13,5 x 6,0 cm
 - Altura : 4,2 cm
- Aparelho medidor de volume
- Moinho Brabender Quadramatic Senior

Nas determinações químicas foram usados os seguintes equipamentos:

- Digestor e Destilador de proteínas
- Extrator de gordura Goldfish
- Mufla com controle de temperatura
- Autoanalisador de aminoácidos Beckman, modelo 119CL
- Espectrofotômetro Carl Zeiss modelo PMQ II
- * Fotofluorômetro Coleman
- Evaporador rotatório Bucki modelo RE/A- RSB/A-240K
- Congelador de placas
- Liofilizador Virtis
- Cromatógrafo de gás Perkin Elmer 990, com detector de ionização de chama
- Centrífuga automática refrigerada Sorvall modelo RC2-B
- Determinador Semiautomático de Umidade Brabender
- Estufa com circulação forçada de ar Fanem

B. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

1. Produção de pão pelo método massa direta

a. Formulação do pão

A fórmula usada na produção do pão foi a seguinte:

Farinha	(100%)	5 kg
Fermento	(3%)	150 g

Gordura	(3%)	150 g
Sal	(1,75%)	87,5g
Açúcar	(5%)	250 g
Nutriente de fermento	(0,25%)	12,5g
Pancel	(0,05%)	2,5g
Emulsificante	(0,25%)	12,5g
Vitamina C	(80ppm)	0,4g
Água	(56%)	2,8 l

b. Mistura da massa

Foram colocados no misturador de baixa velocidade (75 rpm) os seguintes ingredientes: farinha, açúcar e sal dissolvidos em parte da água. Misturou-se durante 1 minuto.

A seguir, adicionou-se o fermento e nutriente de fermento dissolvidos em outra parte da água, misturando por mais 1 minuto.

Posteriormente, foram adicionados os demais ingredientes (por último a gordura) e o restante da água. A mistura foi procedida por 20 minutos até o complemento desenvolvido da massa, o qual foi testado estendendo cuidadosamente um pedaço de massa até formar um filme. O término da mistura foi considerado quando a membrana formada apresentou-se lisa, elástica e brilhante.

c. Divisão da massa

A massa foi transferida, após a mistura, para a unidade divisora da massa, regulada para cortar pedaços de 300 g cada.

Após o corte, os pedaços de massa foram automaticamente transferidos para a boleadora, onde foram arredondados.

d. Descanso da massa

As bolas de massa vindas da divisora e boleadora foram automaticamente transportadas para a câmara de descanso à temperatura de 30°C e umidade relativa de 80%, onde permaneceram por um tempo de 15 minutos.

e. Moldagem da massa

Após o período de descanso, as massas foram modeladas em forma de cilindros na unidade modeladora e colocadas em formas de estanho.

f. Fermentação final

As formas foram levadas em carrinhos de fermentação

até a câmara de fermentação à temperatura de 30°C e 80% de umidade relativa, onde permaneceram aproximadamente 60 minutos.

g. Forneamento da massa

As formas foram automaticamente colocadas no forno previamente regulado à temperatura de 220°C. Durante a colocação das formas foi aberta a entrada de vapor do forno por aproximadamente 30 segundos. O tempo de cozimento dos pães foi de aproximadamente 20 minutos.

2. Produção de pão pelo método massa esponja

a. Formulação do pão

A fórmula empregada na produção de pão de forma por este método foi a seguinte:

			<u>Esponja</u>	<u>Massa</u>
Farinha	(100%)	5kg	3,25kg	1,75kg
Fermento	(3%)	150 g	150 g	--
Nutriente de fermento	(0,25%)	12,5g	12,5 g	--
Água	(56%)	2,8 l	1,8 l	1,0 l
Gordura	(3%)	150 g	--	150 g
Sal	(1,75%)	87,5g	--	87,5g
Açúcar	(5%)	250 g	--	250 g
Vitamina C	(80ppm)	0,40g	--	0,40g
Emulsificante	(0,25%)	12,5g	--	12,5g
Reforçador de gluten	(0,05%)	2,5g	--	2,5g

b. Processamento do pão

Neste método, a mistura da massa foi feita em duas etapas. Na primeira, chamada de esponja, foram misturados num misturador de baixa velocidade tipo vertical, 65% do total da farinha, e 60% do total da água, o fermento, o nutriente de fermento e o reforçador de gluten. Misturou-se durante 10 minutos, até a completa homogenização dos ingredientes. A esponja assim formada foi levada à câmara de fermentação onde permaneceu durante 4 horas à temperatura de 27 - 30°C e umidade relativa de 75 - 80 %.

Após este período de fermentação foi procedida a segunda etapa, chamada de formação da massa propriamente dita, onde foram adicionados o restante dos ingredientes, incluindo a farinha e a água. A massa foi misturada durante 20 minutos até seu completo desenvolvimento obtido pela formação de um filme de massa elástico, liso e brilhante.

A massa após adequada mistura foi fermentada em câmara nas condições durante 20 minutos e posteriormente cortada em unidades de 300g, boleada e deixada na câmara de descanso por 15 minutos, conforme foi descrito nos itens lc e ld.

Posteriormente as massas foram modeladas, colocadas em formas de alumínio e levadas à câmara de fermentação para um período de descanso final de 60 minutos à temperatura de 27 - 30°C e umidade relativa de 85%, antes de serem leva

das para o cozimento a aproximadamente 220°C.

3. Produção de pão pelo processo Chorleywood

a. Formulação do pão

No procedimento de produção de pão de forma por este processo foi usada a seguinte formulação:

Farinha	(100%)	5 kg
Água	(60%)	3,0 l
Fermento	(3,0%)	150 g
Açúcar	(5,0%)	250 g
Sal	(1,75%)	87,5g
Gordura	(3,0%)	150 g
Emulsificante	(0,25%)	12,5g
Nutriente de fermento	(0,25%)	12,5g
Pancel	(0,05%)	2,5 g
Vitamina C	(80ppm)	0,4 g

b. Processamento do pão

A farinha foi colocada no misturador Tweedy de alta velocidade (450 rpm) e foi adicionado 1 litro de água à temperatura de aproximadamente 5°C. A seguir, foram adicionados o sal, açúcar, vitamina C, pancel e emulsificante dis-

solvidos em parte da água. Ligou-se a misturadeira durante 10 segundos. Posteriormente foram acrescentados a suspensão de fermento e nutriente de fermento, misturando novamente por outros 10 segundos. Finalmente, foi incorporada a gordura e a mistura foi procedida durante 2 minutos.

Após esse tempo de mistura, foi observado o filme de massa formado. O tempo total da mistura foi de 3 minutos, tempo após o qual a massa foi totalmente desenvolvida.

As etapas de divisão, descanso e moldagem da massa foram feitas de acordo ao processamento descrito para o método massa direta.

Após moldagem, as massas foram fermentadas durante 1 hora na câmara de fermentação à temperatura de cerca de 30°C e 75-80% de umidade relativa, sendo que, posteriormente foram assadas à temperatura aproximadamente de 220°C.

4. Tratamento térmico por microonda

Na produção de pão por microonda foi usado o teste instrumental de panificação para determinar os tempos ótimos de fermentação e de tratamento térmico.

a. Teste instrumental de panificação

O teste de panificação empregado foi o método El

Dash (24) no qual é preparada uma massa no misturador do farinógrafo sob condições pré-estabelecidas. O tempo de mistura ótimo é determinado pela queda em 10 unidades farinográficas (U.F.) após o tempo de desenvolvimento da massa.

Na formulação do pão, a quantidade de água foi determinada previamente com adição de todos os ingredientes. Para a farinha utilizada nestes testes a absorção de água foi de 54%.

i. Divisão e moldagem da massa

As massas foram cortadas imediatamente após mistura em dois pedaços de 225 gramas cada, arredondados e modela-dos manualmente e colocados em formas de vidro Marinex, previamente untados com gordura vegetal hidrogenada.

ii. Fermentação das massas

As massas usadas como padrão foram fermentadas, de acordo com o método de El-Dash (24).

As massas usadas para o teste de microonda foram fermentadas durante os seguintes tempos: 45, 60, 75, 90 e 105 minutos.

iii. Cozimento das massas

As massas padrão foram assadas no forno convencional a 220°C durante os tempos de 3, 6, 9, 12, 15 e 20 minutos. A umidade do forno foi mantida colocando uma forma de alumínio com água.

As massas usadas para o teste de microonda foram assadas no forno de microonda a 2450 MHz, intensidade 6 na escala de 1 até 10. Os tempos de tratamento térmico por microondas foram de 1, 2, 3, 3, 5 e 4 minutos.

b. Avaliação da qualidade do pão

Os pães foram pesados 1 hora após a saída do forno convencional e de microonda. Posteriormente, foi determinado o volume pelo deslocamento de sementes de painço, no aparelho medidor de volume.

A partir desses dados, foi calculado o volume específico, o qual multiplicado pelo fator 3,33, resulta em um valor que foi comparado com a escala de avaliação que dá um valor máximo de 20 pontos para o volume.

Foram também avaliadas outras características externas tais como, a cor da crosta, quebra e simetria, as quais juntamente com o volume perfazem um total máximo de 40 pontos.

As características internas do pão como, as características

rísticas da crosta, a cor do miolo, a granulidade e a textura, foram também avaliadas para todos os tratamentos estudados e comparadas com o valor máximo de 35 pontos, que é o valor máximo para essas características.

O aroma e gosto tem um valor máximo de 25 pontos na escala e também foram avaliados em todos os tratamentos estudados.

5. Tratamento térmico por microonda-convencional

Os pães produzidos pelo tratamento térmico por microonda, seguido de curto tempo a alta temperatura em forno convencional foram obtidos de acordo ao método El-Dash (24).

O tempo de fermentação da massa foi de 75 minutos, após o qual as formas de vidro foram colocadas no forno de microondas durante o tempo de 3 minutos a 2450 MHz, na intensidade 6 na escala de 1 até 10.

Após esse período, o pão foi imediatamente colocado num forno convencional previamente aquecido à temperatura de 300°C, onde permaneceu por um tempo de 5 minutos.

6. Amostragem

Foram retiradas amostras de cada etapa dos métodos de panificação massa direta, massa esponja, processo Chor-

leywood e dos pães obtidos pelo tratamento térmico por microonda e microonda-convencional.

a. Amostras de massa

Em todos os processos acima mencionados, imediatamente após a etapa da mistura, foram retiradas 10 amostras de massa de aproximadamente 100 gramas cada, os quais foram congeladas a -25°C em congelador de placas.

Um segundo lote de amostras de 100 gramas foram retiradas das massas após fermentação, as quais também foram imediatamente congeladas nas mesmas condições.

No método massa esponja foram obtidas amostras das esponjas e massas misturadas e fermentadas.

Após o congelamento, as massas foram liofilizadas, durante 48 horas e a seguir, moídas no moinho experimental Brabender Quadramatic Senior.

b. Amostras de pão

Três unidades de pão com pesos aproximados de 280 gramas cada uma, foram cortados em fatias de aproximadamente 2 cm de espessura, e colocados em bandejas na estufa com circulação de ar à temperatura de 40°C durante 12 horas.

Após secagem as amostras de pão foram moídas no

moinho experimental Brabender Quadramatic Senior.

As amostras moídas foram guardadas em embalagem de polietileno e em vidros escuros hermeticamente fechados para posteriores análises químicas.

7. Avaliação sensorial do pão

As análises sensoriais dos pães produzidos usando o sistema de cozimento por microonda convencional foram feitas no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola.

Foi feito o teste de preferência usando uma escala Hedônica de 9 pontos. A equipe de provadores foi formada de 20 pessoas de ambos os sexos e foram feitas 6 repetições de cada teste.

Os pães produzidos pelo sistema de cozimento microonda-convencional foram comparados com os pães feitos só com cozimento em forno convencional, o qual foi usado como padrão.

Os pães foram cortados em fatias de aproximadamente 1 cm de espessura, sendo retiradas as pontas. Com o auxílio de um copo de 4 cm de diâmetro interno, foram obtidos círculos do miolo do pão, os quais foram servidos aos provadores em pratos de fundo preto devidamente numerados.

Cada provador recebeu 2 pratos (padrão e amostra teste). Os testes foram feitos em cabines individuais sob

luz vermelha.

C. MÉTODOS ANALÍTICOS

1. Determinação das propriedades reológicas da massa

a. Propriedades de mistura

As propriedades de mistura das massas foram determinadas com o auxílio do farinógrafo, de acordo com o método descrito na American Association of Cereal Chemists (AACC) nº 54-21 (1) usando 300 gramas de farinha na base de 14% de umidade.

Os parâmetros usados para analisar o farinograma foram:

i. Absorção de água:

É definida como a quantidade de água necessária para centralizar a curva do farinograma da massa na linha das 500 unidades farinográficas (U.F.)

ii. Tempo de chegada:

É o tempo em minutos necessário para o topo da curva alcançar a linha das 500 unidades farinográficas (U.F.) após a adição da água.

iii. Tempo de desenvolvimento da massa

É o tempo em minutos desde o início da adição de água até o desenvolvimento da consistência máxima da massa, imediatamente antes da primeira indicação de enfraquecimento da mesma.

iv. Estabilidade:

É definida como a diferença de tempo relativo ao ponto onde o topo da curva intercepta a linha das 500 U.F., e o ponto onde o topo da curva deixa a linha das 500 U.F.

v. Tempo de saída:

É o tempo desde a adição de água até o topo da curva deixar a linha das 500 U.F.

vi. Índice de tolerância à mistura:

Este valor é a diferença em U.F. desde o topo da curva no pico até o topo da curva medido 5 minutos após ser alcançado o pico (tempo de desenvolvimento).

vii. Leitura do valorímetro:

É um escore de qualidade empírico obtido com um dispositivo especial que acompanha o farinógrafo Brabender.

b. Propriedades de extensão

As propriedades de extensão da massa foram determi-

nadas com o auxílio do extensígrafo Brabender de acordo com o método da AACC nº 54-10 (1). Os parâmetros usados para interpretar o extensigrama foram:

i. Extensibilidade (E):

É o comprimento do extensigrama em mm, desde o início até o fim da curva. A extensibilidade da massa corresponde à extensão da mesma, equivalente ao seu comprimento original. Uma extensibilidade de 10 cm, equivale a uma extensão de 10 vezes seu comprimento original.

ii. Resistência à extensão (R):

É o valor em Unidades Extensigráficas (U.E.) obtido no ponto mais alto da curva a 50 mm após o início da curva. Uma unidade extensigráfica corresponde a 1,6 gramas.

iii. Resistência máxima (R_m):

É o valor em U.E. obtido no ponto mais alto da curva extensigráfica.

iv. Número proporcional (D):

É a relação entre a resistência à extensão (R) e a extensibilidade da massa (E).

v. Energia (A):

A energia ou área total é o valor em cm³ da área sob a curva medida com o auxílio do planímetro.

2. Determinação da viscosidade das farinhas

A determinação da viscosidade das farinhas foi feita no Viscoamilógrafo Brabender.

Foram pesados 80 gramas das amostras de farinhas, massas e pão (previamente moídos), na base de 14% de umidade. As suspensões foram feitas com 450 ml de água destilada, esta última também foi corrigida quando a umidade da amostra foi diferente de 14%.

O teste foi iniciado à temperatura de 25°C e à rotação de 75 rpm. A temperatura inicial foi aumentada 1,5°C/min até chegar a 95°C, permanecendo constante nesta temperatura durante 20 minutos.

Posteriormente foi ligado o ciclo de resfriamento, onde a temperatura diminui também em forma constante 1,5°C/min até chegar à temperatura de 50°C.

Do amilograma foram calculados os seguintes parâmetros:

a. Temperatura inicial de entumescimento

É a temperatura em °C correspondente ao ponto onde inicia-se o aumento da viscosidade durante o ciclo de aquecimento.

b. Temperatura da viscosidade máxima

É a temperatura em °C na qual a suspensão atinge o valor máximo de viscosidade durante o ciclo de aquecimento.

c. Viscosidade máxima

É o valor em unidades amilográficas (U.A.) onde a curva atinge o pico máximo durante o ciclo de aquecimento.

d. Viscosidade mínima à temperatura constante (95°C)

É o valor mínimo da viscosidade da pasta em U.A. durante o ciclo de temperatura constante de 95°C.

e. Viscosidade máxima no ciclo de resfriamento à temperatura de 50°C

É o valor máximo em U.A. que atinge a viscosidade da pasta à temperatura de 50°C durante o ciclo de resfriamento.

3. Umidade

A determinação de umidade das farinhas foi feita de acordo ao método da AACC nº 44-15 (1).

A umidade das massas e do pão foi feita em dois estágios. No primeiro estágio foi determinada a perda de peso após secagem do pão ou massa em estufa com circulação de ar a 40°C e no segundo estágio, em estufa a 130°C durante 1 hora, após moagem (1).

4. Proteína

Determinação pelo método de Kjeldahl, AACC nº 46-13 (1), usando o fator N x 5,7 para o cálculo da proteína total.

5. Gordura

Na determinação do teor de gordura foram usados os seguintes métodos:

a. American Association of Cereal Chemists AACC Nº 30-10 (1)

Este método utiliza os solventes, éter etílico e éter de petróleo para a extração da gordura, prévia hidrólise ácida com HCl (25+11) num banho de água à temperatura de 70-80°C.

b. Método Bligh & Dyer modificado (5) (100)

Foram pesados de 2,5 a 5 gramas das farinhas, massas e pão em tubos com tampa de rosca e foram adicionados 38 ml da mistura dos solventes metanol -cloroformio-água na proporção de 2:1:0,8. Os tubos foram agitados em agitador

automático durante 30 minutos. A seguir, foi colocada mais uma parte de clorofórmio (10 ml) e uma parte de água. Após enérgica agitação manual, os tubos foram deixados em repouso para a decantação das camadas ou então centrifugados a 2000 rpm durante 10 minutos, e posteriormente filtrados em papel Whatman nº 1 recolhendo em proveta graduada. Foi medido o volume da fase clorofórmica e foi retirada a fase metanólica superior.

Após secagem da fase clorofórmica com Na_2SO_4 anidro, foi medida uma alíquota de 5 ml num bequer previamente pesado. A alíquota foi evaporada até secura ou até peso constante, em estufa à temperatura de 80°C .

c. American Association of Cereal Chemists, AACC nº 30-20 (1)

A extração foi feita no aparelho Goldfish durante 6 horas, usando hexana como solvente.

6. Cinzas

Determinada segundo AACC nº 08-01 (1)

7. Carboidratos livres

a. Extração dos açúcares

Os açúcares solúveis foram extraídos de acordo com o método descrito por Ponte et al. (79) com algumas modificações. Nas extrações foram usadas amostras de farinha, mas sas e pão, estes últimos, finamente moídos.

A 1 grama de amostra, foram adicionados 4 ml de clorofórmio e 4 ml de metanol, agitando posteriormente durante 20 minutos em um agitador automático. Após agitação, foram adicionados 4 ml de água, agitando novamente por 15 minutos. Após separação das fases, foi retirada a camada metanólica superior. O resíduo foi re-extraído novamente com metanol, clorofórmio, água (4/4/4), e a nova camada superior formada foi retirada após centrifugação a 10000 rpm por 10 minutos. Os sobrenadantes da primeira e segunda extração foram filtrados sob papel Whatman nº 1 e evaporados até secura durante 12 horas a 40°C. Os açúcares foram re-extraídos em água destilada para sua posterior determinação.

b. Determinação de açúcares totais

Os açúcares totais das amostras de farinha, massas e pão foram determinados após extração, de acordo com o método fenol sulfúrico (36).

c. Determinação de açúcares redutores

O conteúdo de açúcares redutores foram determinados,

após extração, pelo método Somogyi-Nelson (36).

8. Aminoácidos totais

Os aminoácidos totais foram determinados por cromatografia de troca iônica, de acordo ao método de Moore et al. (67) com algumas modificações. Foi usado, nas determinações o autoanalisador de aminoácidos Bekman modelo 119 CL.

As amostras de farinha, massas e pão, previamente moídos, foram desengordurados com éter de petróleo antes de serem hidrolisados. Foram pesadas quantidades de amostra, equivalentes a \pm 20 mg de proteína de cada, em tubos de 30 ml de capacidade, usando tampa de rosca com proteção interna de teflon. Foi adicionado ácido clorídrico (HCl) 6N, até encher completamente os tubos, os quais foram posteriormente fechados e deixados em estufa a 110°C durante 22 horas. Após esse tempo os hidrolisados foram resfriados sob papel Whatman nº 1 em balões de 50 ml, completando o seu volume com água destilada.

Alíquotas de 10 ml do filtrado foram evaporadas num evaporador rotatório Bucki à temperatura de 55°C.

Os resíduos foram lavados 3 vezes com 10 ml de água destilada e reevaporados até a completa eliminação do HCl.

O resíduo final foi dissolvido em 4 ml de tampão citrato de sódio pH 2,2 e filtrado novamente.

Foram injetados no analisador de aminoácidos, alí-

quotas do filtrado final equivalentes a 0,6 mg de proteína.

Cada amostra foi analisada em duplicata.

9. Identificação de ácidos graxos

a. Obtenção dos esteres metílicos

A metilação dos ácidos graxos foi feita segundo o método de Metcalfe et al. (6) com algumas modificações.

Foram medidas alíquotas de cada amostra do extrato lipídico obtido pelo método de Bligh & Dyer modificado. As alíquotas (25 - 30 mg de lipídios totais) foram colocadas em tubos de ensaio com tampa de rosca e o solvente foi evaporado pela passagem de uma corrente de CO_2 , num banho de água a 50°C .

Foram adicionados ao resíduo seco, 4 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 N em metanol. Os tubos foram fechados e colocados em banho de água fervente durante 2 minutos, período após o qual foram retirados e resfriados num banho de gelo.

A seguir, foram adicionados 2,5 ml de uma solução metanólica de trifluoreto de boro (BF_3) 13%. Os tubos foram novamente fervidos por 2 minutos e resfriados novamente.

Foram adicionados após resfriamento, 3 ml de cloreto de sódio (NaCl) saturado e 2 ml de éter de petróleo, agitando energicamente durante 1 minuto para separar as camadas.

b. Cromatografia dos ésteres metílicos

A cromatografia gás-líquida (CLG) dos ésteres metílicos foi feita no cromatógrafo Perkin-Elmer 990 utilizando uma coluna de 3,6 metros de comprimento e 3 mm de diâmetro, empacotada com 3% de dietilenglicol succinato (DEGS) tendo como suporte sólido Cromosorb GAW M80/100.

As condições usadas nas determinações foram as seguintes:

Temperatura do injetor	: 250°C
Temperatura do detector	: 250°C
Temperatura da coluna	: 180°C
Fluxo do gás portador N ₂	: 40 ml/min
Fluxo do H ₂	: 40 ml/min
Fluxo do ar sintético	: 400ml/min
Pressão do ar sintético	: 4 kg/cm ²
Pressão do H ₂	: 3 kg/cm ²
Pressão do N ₂	: 3 kg/cm ²
Amplificação	x 100
Atenuação	x 32 e x16
Velocidade do papel registrador	: 10 mm/min
Volumes da injeção	: 7,5 até 10 ul de cada amostra

A identificação dos ácidos graxos foi feita usando padrões puros de metil ésteres de ácidos graxos (Polysciene Corporation, Evanston-Illinois).

As áreas de cada pico foram calculadas por triangulação.

Os resultados foram expressos como porcentagem relativa do total de ácidos graxos (44).

10. Determinação de vitaminas

a. Tiamina (Vitamina B₁)

A tiamina foi determinada usando o método do tiocromo descrito na AACC nº 86-80 (1). A enzima usada na hidrólise foi a Tenase fornecida pelo Laboratório Ockocki.

b. Riboflavina (Vitamina B₂)

Determinada pelo método fluorométrico descrito na AACC nº 86-70 (1).

c. Ácido ascórbico (Vitamina C)

O ácido ascórbico foi determinado de acordo ao método descrito na AACC nº 86-10 (1), usando ácido metafosfórico (HPO_3) 6% como estabilizador da vitamina e como oxidante o 2-6 diclorofenol indofenol.

Para corrigir os resultados das interferências de outras substâncias redutoras que não sejam ácido ascórbico,

foi usada uma solução de formaldeído 40%. A diferença em cor entre as amostras tratadas e não tratadas com formaldeído foi considerada proveniente do ácido ascórbico.

d. Tocoferol total

O tocoferol total foi determinado de acordo ao método descrito por Contreras & Strong (17).

11. Cálculo da porcentagem de variação

As porcentagens de variação dos nutrientes foram calculadas de acordo com as seguintes fórmulas:

a. Efeito da formulação

$$\% \text{ de variação} = \frac{Mm - F}{F} \times 100$$

b. Efeito da fermentação

$$\% \text{ de variação} = \frac{Mf - Mm}{Mm} \times 100$$

c. Efeito de cozimento

$$\% \text{ de variação} = \frac{P - Mf}{Mf} \times 100$$

d. Efeito global do processamento (fermentação e cozimento)

$$\% \text{ de variação} = \frac{P - Mm}{Mm} \times 100$$

onde:

F = Farinha

Mm = Massa misturada

Mf = Massa fermentada

P = Pão

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A influência das várias etapas do processamento na mudança do conteúdo de nutrientes do pão, foi estudada através dos métodos convencionais: massa direta e massa esponja e o processo Chorleywood de desenvolvimento mecânico da massa. A contribuição de cada etapa no conteúdo de nutrientes foi avaliada através do efeito da formulação, fermentação e cozimento.

A fim de tentar diminuir as perdas de nutrientes mais importantes, as quais podem acontecer durante o processamento, foi feito um estudo da aplicação de um método de cozimento de pão, usando aquecimento duplo, com energia de microonda e convencional.

Os resultados deste trabalho são apresentados a seguir.

A. Caracterização da farinha de trigo

A farinha de trigo usada tanto na fabricação do pão pelos diferentes métodos de panificação quanto a dos testes de cozimento usando energia de microonda, foi caracterizada através dos seguintes testes químicos e físicos.

1. Composição centesimal

A composição centesimal da farinha de trigo é apresentada na Tabela I.

O teor de proteínas encontrado para essa farinha (12,9%) é um valor relativamente alto e pode indicar que a mesma é apropriada para a fabricação de pão de boa qualidade. Tanto o conteúdo de proteínas quanto o teor de cinzas e lipídios estão dentro das faixas relatadas na literatura para farinhas de trigo brasileiras (82).

2. Características de viscosidade da farinha de trigo

As propriedades viscoamilográficas da farinha foram determinadas principalmente para se conhecer o nível de atividade de α -amilase da mesma. Essas propriedades são apresentadas na Tabela II.

O valor de viscosidade máxima determinada pelo viscoamilógrafo está diretamente relacionado com a atividade de α -amilase de uma farinha (77). Um valor alto de viscosidade máxima nos indicará que a atividade dessa enzima encontra-se em níveis baixos na farinha e, vice-versa, valores baixos indicarão excesso de atividade desta enzima. Para obter um produto de panificação de boa qualidade é necessário a presença de níveis razoáveis desta enzima. Normalmente, a faixa de viscosidade ideal para a farinha de trigo é

TABELA I

Composição química da farinha de trigo¹

COMPONENTES	(%)
Proteínas (N x 5,7)	12,9
Lipídios	2,0
Cinzas	0,60
Carboidratos ²	84,50

1 Os dados foram expressos em % na base seca

2 Os carboidratos foram determinados por diferença

TABELA II

Características viscoamilográficas da farinha de trigo

PARÂMETROS	VALORES
Viscosidade Máxima (U.A.)	410
Viscosidade mínima à temperatura constante de 95°C (U.A.)	170
Viscosidade Máxima no ciclo de resfriamento à 50°C (U.A.)	330
Temperatura inicial de entumescimento (°C)	58
Temperatura da viscosidade máxima (°C)	78
Faixa de gelatinização (°C)	20

de 400 até 800 U.A. Portanto, a farinha utilizada neste estudo, está próxima do limite inferior adequado para obter um pão de qualidade aceitável.

3. Propriedades reológicas da farinha de trigo

As propriedades reológicas da farinha de trigo foram estudadas para se determinar as características de mistura, extensibilidade e resistência à extensão da mesma.

a. Característica de mistura

Os resultados do farinograma obtido da farinha de trigo são apresentadas na Tabela III.

Comparando os resultados do farinograma da farinha de trigo analisada com os valores padrões encontrados na literatura para farinhas fortes médias e fracas (77), podemos concluir que a mesma apresenta características que a identificam com as farinhas médias. Estas farinhas são indicadas para o uso na fabricação de pão de qualidade aceitável.

b. Características extensigráficas

Os valores médios dos extensigramas obtidos aos 45, 90 e 135 minutos encontram-se na Tabela IV.

TABELA III

Características farinográficas da farinha de trigo

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Absorção de água (%)	58,5
Tempo de chegada (min)	2,5
Tempo de desenvolvimento (min)	7,0
Estabilidade (min)	10,0
Tempo de saída (min)	12,5
Índice de Tolerância (U.F.)	20
Leitura do valorímetro	64

TABELA IV

Características extensigráficas da farinha de trigo

PARÂMETROS	TEMPO DO TESTE (minutos)		
	45	90	135
	VALORES		
Resistência à extensão (R) (U.E.)	352	465	460
Resistência máxima (R_m) (U.E.)	640	765	790
Extensibilidade (E) (mm)	203	173	165
Número proporcional (D) (D= R/E)	1,8	2,7	2,8
Número de oxidação (O) (O= AxE/R)	87,0	57,6	54,8
Energia (A) (cm ³)	126,0	131,6	118,5

Quando comparados estes valores com os padrões relatados na literatura (77), concluímos que estas farinhas tem características adequadas para a fabricação de pão de qualidade razoável.

B. EFEITO DO PROCESSAMENTO NO CONTEÚDO DE NUTRIENTES

O efeito do processamento foi estudado através de cada etapa da fabricação de pão pelos métodos convencionais (massa direta e massa esponja) e do processo Chorleywood. As esponjas, massas misturadas, fermentadas e o pão, foram estudadas para se conhecer a composição centesimal, teor de aminoácidos, composição em ácidos graxos, conteúdo de açúcares totais e redutores e teor de vitaminas.

1. Método massa direta

No método convencional massa direta, assim como nos outros métodos que serão apresentados, foram estudados os efeitos da formulação, fermentação, cozimento e processamento global (fermentação e cozimento). Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

a. Composição centesimal

Foi estudado o efeito da formulação, fermentação,

cozimento e processamento global sobre a composição centesimal das massas e do pão.

i. Efeito da formulação

A Tabela V mostra a composição química da farinha e da massa misturada, assim como a porcentagem de variação dos componentes. Os ingredientes adicionados à farinha na formulação da massa afeta a composição centesimal da mesma, principalmente devido à adição de gordura, sal e açúcar.

O teor de proteínas como pode observar-se na tabela, apresentou-se reduzido em aproximadamente 8% em relação à farinha devido ao efeito da adição dos ingredientes que não contêm nitrogênio (açúcar, sal e gordura). A adição de fermento prensado ao nível de 3%, pode contribuir só com um aumento de 0,4% no valor da proteína da massa misturada, já que este ingrediente tem aproximadamente 44% de proteína em base seca e 67,8% aproximadamente de umidade.

O teor de lipídios totais foi aumentado em 115% e o de cinzas em 190% devido à adição de gordura vegetal hidrogenada e sal.

ii. Efeito da fermentação

O efeito da fermentação na composição químicas das massas é apresentada na Tabela VI. Como pode observar-se

TABELA V

Efeito da formulação na composição química das massas¹ feitas pelo método massa direta

Nutriente	Farinha %	Massa Misturada %	% Variação
Proteínas(Nx5,7)	12,90	11,82	-8,3
Lipídios	2,00	4,80	+140
Cinzas	0,60	1,74	+190
Carboidratos ²	84,50	81,64	-3,4

1 Os dados foram calculados em g/100 g de produto na base seca

2 Foram calculados por diferença

TABELA VI

Efeito da fermentação na composição química das massas¹ feitas pelo método massa direta

Nutriente	Massa		Variação %
	Misturada %	Fermentada %	
Proteínas (Nx5,7)	11,82	12,12	+2,5
Lipídios	4,80	4,90	+2,0
Cinzas	1,74	1,80	+3,4
Carboidratos ²	82,14	81,13	-1,2

1 Os dados foram expressos em g/100 g de produto na base seca

2 Foram calculados por diferença

na tabela, o teor de proteínas encontra-se ligeiramente aumentado (2,5%) na massa fermentada em relação à massa misturada. Este pequeno aumento pode ser atribuído à síntese de aminoácidos pelas leveduras através do longo período de fermentação de 3 horas deste método.

O aumento no teor de lipídios pode ser explicado devido à dificuldade apresentada na extração dos lipídios complexos da massa. Por este motivo foram testados vários métodos de extração, sendo que o método mais adequado foi o de Bligh & Dyer (5) modificado por Tsen (100) para a extração de lipídios das massas. Por outro lado, durante a fermentação, parte dos carboidratos são transformados em CO_2 , álcool e água, o que pode contribuir para aumentar indiretamente o teor dos outros componentes.

iii. Efeito do cozimento

O efeito do cozimento na composição centesimal do pão feito pelo método massa direta é apresentado na Tabela VII.

Os resultados obtidos demonstram que praticamente não houveram variações no teor de nutrientes, e exceto pequenas variações no teor de proteínas e cinzas.

TABELA VII

Efeito do cozimento na composição centesimal do pão¹ feito pelo método massa direta

Nutriente	Massa Fermentada %	Pão %	% Variação
Proteínas (Nx5,7)	12,12	12,30	+1,5
Lipídios	4,90	5,00	+2,0
Cinzas	1,80	1,78	-1,1
Carboidratos ²	81,13	80,90	0

1 Os dados foram expressos em g/100 g do produto na base seca

2 Foram calculados por diferença.

iv. Efeito do processamento (fermentação e cozimento)

O efeito do processamento na composição química é mostrado na Tabela VIII. As mudanças encontradas através do processamento do pão pelo método massa direta não foram grandes. Entretanto, o teor de proteínas e lipídios foi aumentado em aproximadamente 4%. Estes pequenos aumentos de proteína podem ser atribuídos à etapa de fermentação, a qual contribue para aumentar o teor desse nutriente. O aumento do teor de lipídios pode ser explicado pelo fato de que, durante o cozimento, as proteínas certamente foram desnaturadas, facilitando a extração dos lipídios e também ao efeito da fermentação dos carboidratos, como já foi explicado anteriormente.

b. Aminoácidos

O teor de aminoácidos das massas e do pão foi estudado após a adição dos ingredientes, fermentação, cozimento e processamento global. Os resultados são apresentados a seguir.

i. Efeito da formulação

Na formulação das massas, os ingredientes que influenciam na variação da composição em aminoácidos são a farinha

TABELA VIII

Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) na composição química do pão¹ feito pelo método massa direta

Nutriente	Massa Misturada %	Pão %	% Variação
Proteínas (Nx5,7)	11,82	12,30	+4,0
Lipídios	4,80	5,00	+4,1
Cinzas	1,74	1,78	+2,2
Carboidratos ²	82,14	80,90	1,5

1 Os dados foram expressos em g/100 g na base seca

2 Foram calculados por diferença

e o fermento biológico. O teor e composição em aminoácidos destes ingredientes é apresentado na Tabela IX. Os dados obtidos estão dentro das faixas relatadas na literatura para esses produtos (35, 38, 65, 96).

Os resultados do efeito da formulação na composição em aminoácidos das massas, encontram-se na Tabela X. Como pode observar-se na Tabela, houveram aumentos nos teores da maioria dos aminoácidos das massas em relação às farinhas. Os aminoácidos indispensáveis aumentaram consideravelmente, em especial, lisina e metionina. Entretanto, os teores de valina e fenilalanina permaneceram constantes. Os aminoácidos dispensáveis foram também aumentados, exceto ácido glutâmico, prolina e, principalmente, tirosina, cujo teor foi reduzido a níveis superiores a 50%. As variações observadas devem-se principalmente à adição de fermento, o qual possui uma composição em aminoácidos diferente da farinha. Os aumentos de outros aminoácidos, os quais não foram encontrados em níveis elevados no fermento, obviamente não podem ser atribuídos ao mesmo. Entretanto, é sabido (97) que esses aminoácidos sofrem perdas consideráveis durante a hidrólise ácida prévia à determinação. Estes aumentos podem provavelmente ser justificados devido à formação da massa, a qual poderia contribuir para evitar essas perdas durante a hidrólise.

Os resultados estão de acordo com dados relatados por Horn et al. (38), os quais analisaram massas feitas pe-

TABELA IX

Composição em aminoácidos¹ da farinha e fermento usados na formulação do pão

Aminoácidos	Farinha	Desvio Padrão	Fermento	Desvio Padrão
<u>Indispensáveis</u>				
Lisina	1,53	± 0,09	8,32	± 0,10
Metionina	1,08	± 0,09	0,85	± 0,10
Treonina	2,09	± 0,07	5,00	± 0,46
Valina	3,83	± 0,13	5,95	± 0,08
Isoleucina	3,05	± 0,12	7,16	± 0,16
Leucina	6,04	± 0,22	2,75	± 0,01
Fenilalanina	4,00	± 0,12	4,02	± 0,04
<u>Dispensáveis</u>				
Histidina	1,49	± 0,10	1,77	± 0,01
Arginina	2,66	± 0,12	3,18	± 0,13
Ácido aspártico	3,23	± 0,21	12,05	± 0,02
Ácido glutâmico	41,89	± 0,90	18,97	± 0,34
Prolina	11,51	± 0,60	3,39	± 0,10
Glicina	3,21	± 0,19	5,97	± 0,07
Alanina	2,70	± 0,11	6,27	± 0,10
Cistina (1/2)	0,88	± 0,06	0,82	± 0,01
Tirosina	6,04	± 0,22	2,75	± 0,01
Serina	3,84	± 0,14	4,12	± 0,02
Amonia	4,50	± 0,20	5,70	± 0,02

1. Os resultados foram expressos em g/16 g de nitrogênio(N)/100g de aminoácidos recuperado.

TABELA X

Efeito da formulação sobre a composição em aminoácidos das massas¹ feitas pelo método massa direta

Aminoácidos	Farinha	Massa Misturada	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,53	1,96	+ 28,1
Metionina	1,08	1,40	+ 29,6
Treonina	2,09	2,55	+ 22,0
Valina	3,83	3,74	- 2,3
Isoleucina	3,05	3,60	- 18,0
Leucina	6,04	6,60	+ 9,3
Fenilalanina	4,00	3,94	+ 1,5
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,49	1,78	+ 19,5
Arginina	2,66	3,60	+ 35,3
Ácido aspártico	3,23	4,12	+ 27,5
Ácido glutâmico	41,89	38,62	- 7,8
Prolina	11,51	10,23	- 11,1
Glicina	3,21	3,37	+ 5,0
Alanina	2,70	3,15	+ 16,6
Cistina (1/2)	0,88	1,11	+ 26,1
Tirosina	6,04	2,40	- 60,2
Serina	3,84	3,96	+ 3,1
Amonia	4,50	4,16	- 7,5

1 Os resultados foram expressos em g/16 g de N/100 g de aminoácido recuperado.

lo método massa direta e encontraram aumentos no teor de lisina e metionina de 52% e 25%, respectivamente, nas massas misturadas. Estes maiores aumentos são devidos à adição de leite-em-pó desengordurado, o qual contribui para aumentar ainda mais o teor de lisina. Neste experimento não foi adicionado esse ingrediente na formulação da massa.

Devido também à adição de fermento, alguns aminoácidos foram encontrados em menor proporção que nas massas misturadas. Tais aminoácidos são o ácido glutâmico, a prolina e a tirosina, principalmente.

ii. Efeito da fermentação

O efeito da fermentação na composição em aminoácidos das massas feitas pelo método massa direta encontram-se na Tabela XI.

Como se pode observar nesta Tabela, novamente os aminoácidos lisina, histidina e cistina encontram-se aumentados nas massas fermentadas em relação às massas misturadas.

No estudo feito por Horn et al. (38) não foram encontrados diferenças estatisticamente significativas entre os 11 aminoácidos analisados nas massas misturadas e fermentadas.

Hovart et al. (39), estudando a composição em aminoácidos de massas fermentadas, observou aumentos dos aminoá-

TABELA XI

Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos¹ das massas feitas pelo método massa direta

Aminoácidos	Misturada	Massa Fermentada	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,96	2,20	+ 12,2
Treonina	2,55	2,51	- 1,5
Metionina	1,40	1,44	+ 2,8
Valina	3,74	3,89	+ 4,0
Isoleucina	3,60	3,70	+ 2,8
Leucina	6,60	6,85	+ 3,8
Fenilalanina	3,94	3,85	- 2,3
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,78	1,91	+ 7,3
Arginina	3,60	3,54	- 1,7
Ácido aspártico	4,12	4,02	- 2,4
Ácido glutâmico	38,62	37,90	- 1,9
Prolina	10,23	9,72	- 5,0
Glicina	3,37	3,48	+ 3,3
Alanina	3,15	3,28	+ 4,1
Cistina (1/2)	1,11	1,20	+ 8,1
Tirosina	2,40	2,58	+ 7,5
Serina	3,96	3,98	0
Amonia	4,16	4,21	+ 1,2

1 Os resultados foram expressos em g/16 g de N/100 g de aminoácidos recuperados.

cidos de massas fermentadas, observou aumentos dos aminoácidos livres nas massas fermentadas e presença de outros, os quais não foram encontradas em massas não fermentadas.

A origem de vários aminoácidos nas massas fermentadas depende de muitos fatores, tais como a ação de numerosas enzimas da farinha e do fermento e da síntese de aminoácidos pelas leveduras (25, 26). Isto pode explicar, provavelmente, o aumento no teor de alguns aminoácidos nas massas fermentadas.

iii. Efeito do cozimento

O efeito do cozimento na composição em aminoácidos do pão é apresentado na Tabela XII.

A maioria dos aminoácidos sofreu perdas durante o cozimento, sendo que os mais afetados foram tirosina, lisina, metionina, histidina e arginina, os quais encontram-se diminuídos em aproximadamente 16, 14, 12, 7 e 7%, respectivamente. Estes resultados concordam com os encontrados na literatura (35, 38) em experimentos feitos em condições mais ou menos similares. Estes autores reportaram perdas estatisticamente significativas nos mesmos aminoácidos e em níveis semelhantes.

A diminuição de lisina, principalmente, é explicada devido à sua participação nas reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard), as quais contribuem para

TABELA XII

Efeito do cozimento sobre a composição em aminoácidos do pão¹ feito pelo método massa direta

Aminoácidos	Massa fermentada	Pão	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	2,20	1,88	-14,5
Treonina	2,51	5,55	+ 1,6
Metionina	1,44	1,26	-12,5
Valina	3,89	3,98	+ 2,3
Isoleucina	3,70	3,67	0
Leucina	6,65	6,61	0
Fenilalanina	3,85	3,88	0
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,91	1,77	- 7,3
Arginina	3,54	3,27	- 7,6
Ácido aspártico	4,02	3,87	- 3,7
Ácido glutâmico	37,90	38,60	+ 1,8
Prolina	9,72	9,78	0
Glicina	3,48	3,28	- 5,7
Alanina	3,28	3,46	+ 5,5
Cistina (1/2)	1,20	1,15	- 4,1
Tirosina	2,58	2,17	-15,9
Serina	3,98	3,94	- 1,0
Amonia	4,21	4,36	+ 3,5

1 Os resultados foram calculados em g/16 g de nitrogênio/100 g de aminoácido recuperado

dar o aroma, o gosto e principalmente a cor característica da crosta do pão (37, 43, 56).

Os aminoácidos indispensáveis mais estáveis à temperatura foram treonina, isoleucina, leucina e fenilalanina, os quais não apresentaram variações após cozimento.

iv. Efeito do processamento global

O efeito global do processamento (fermentação e cozimento) não afetou grandemente o teor de aminoácidos, como pode ser observado na Tabela XIII. Entretanto, o teor de alguns aminoácidos foi reduzido, principalmente metionina, tirosina e arginina.

As perdas de lisina, que foram altas durante o cozimento, não promoveram grandes variações através do processamento, já que esse aminoácido teve seus valores aumentados durante a fermentação.

A adição de fermento biológico e a etapa de fermentação contribuiu para aumentar os valores de alguns aminoácidos, ao passo que a etapa de cozimento afetou negativamente os teores de outros, principalmente lisina e metionina.

c. Açúcares

Foi estudado o efeito da formulação, cozimento e processamento global (fermentação e cozimento) no conteúdo

TABELA XIII

Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) sobre a composição em aminoácidos do pão¹ feito pelo método massa direta

Aminoácidos	Massa Misturada	Pão	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,96	1,88	- 4,1
Treonina	2,55	2,55	0
Metionina	1,40	1,26	-10,0
Valina	3,74	3,98	+ 6,4
Isoleucina	3,60	3,67	+ 1,9
Leucina	6,60	6,61	0
Fenilalanina	3,94	3,88	- 1,5
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,78	1,77	0
Arginina	3,60	3,27	- 9,2
Ácido aspártico	4,12	3,87	- 6,0
Ácido glutâmico	38,62	38,60	0
Prolina	10,23	9,78	- 4,4
Glicina	3,37	3,28	- 2,7
Cistina (1/2)	1,11	1,15	+ 3,6
Tirosina	2,40	2,17	- 9,5
Serina	3,96	3,94	0
Amonia	4,16	4,36	+ 4,8

1 Os resultados foram expressos em g/16 g de nitrogênio/100g de aminoácido recuperado.

de açúcares totais e redutores das massas e do pão.

i. Efeito da formulação

Na Tabela XIV é mostrado o teor de açúcares totais e redutores da farinha e da massa misturada.

Os resultados encontrados para açúcares redutores da farinha foram mais altos que os valores relatados na literatura para farinhas provenientes de trigos vermelhos duros de primavera (47, 50, 76). Entretanto, os valores da mesma para açúcares totais estão dentro das faixas descritas pela literatura (50, 77). Isto pode ser atribuído ao fato da presença de uma atividade relativamente alta de α -amilase na farinha empregada neste trabalho.

Na formulação das massas foi adicionado 5% de sacarose, portanto, o teor de açúcares das mesmas deverá ser modificada notoriamente, o que pode ser observado na Tabela XIV. O conteúdo de açúcares redutores encontra-se aumentando na massa misturada em relação à farinha em aproximadamente 738%. Isto deve-se à adição de sacarose e à presença das enzimas da farinha e do fermento. Koch et al. (50) encontraram que em massas feitas pelo método de massa direta, a inversão da sacarose é praticamente total durante a mistura. Por outro lado, o teor de maltose das massas feitas pelo método massa direta, pode aumentar após mistura de 10 até 15 vezes da quantidade encontrada na farinha. Este rã-

TABELA XIV

Efeito da formulação na variação do conteúdo de açúcares re-
dutores e totais das massas feitas pelo método massa direta

Açúcares ¹	Farinha %	Massa Misturada %	% Variação
Açúcares totais	1,95	7,35	+ 277
Açúcares redutores	0,63	5,28	+ 738

1 Os valores foram expressos em % na base seca.

pido aumento de maltose nas massas misturadas deve-se à ação da α -amilase sobre o amido mecanicamente danificado da farinha (94).

ii. Efeito da fermentação

O efeito da fermentação na variação do teor de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo método massa direta são apresentados na Tabela XV. Os açúcares redutores praticamente foram esgotados durante o longo período de fermentação, os quais diminuíram em aproximadamente 90%. Houve também uma diminuição dos açúcares totais de 66%. Estes resultados concordam com os dados reportados na literatura para massas fermentadas em condições mais ou menos semelhantes (49). Os açúcares redutores glucose e frutose são utilizados preferencialmente pelo fermento.

iii. Efeito do cozimento

O efeito do cozimento na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão pode ser observado na Tabela XVI.

Os açúcares redutores do pão foram aumentados em aproximadamente 20% e os totais em 23%, em relação às massas fermentadas. Este acréscimo deve-se provavelmente ao

TABELA XV

Efeito da fermentação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo método massa direta

Açúcares ¹	Massa		% Variação
	Misturada %	Fermentada %	
Açúcares totais	7,34	2,48	- 66,2
Açúcares redutores	5,28	0,55	- 89,6

1 Os valores foram expressos em % na base seca

TABELA XVI

Efeito do cozimento na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo método massa direta

Açúcares ¹	Massa Fermentada %	Pão %	% Variação
Açúcares totais	2,48	2,94	+ 18,5
Açúcares redutores	0,55	0,66	+ 20

1 Os valores foram expressos em % na base seca.

aumento na velocidade de produção de maltose pelas enzimas amilolíticas, com o aumento da temperatura, até alcançar a temperatura de inativação das enzimas (60°C, aproximadamente). Também, alguns grânulos de amido se gelatinizam e são mais facilmente atacados pelas enzimas.

O teor de maltose aumenta durante o cozimento, entretanto o teor de outros açúcares tais como glucose e frutose diminui devido à sua participação na reação de Maillard (37).

iv. Efeito do processamento

A Tabela XVII mostra o efeito global do processamento no teor de açúcares totais e redutores do pão. Pode observar-se nesta tabela que os açúcares foram diminuídos através de todo o processamento, sendo que os mais afetados são os açúcares redutores, os quais participam tanto das reações que acontecem na fermentação, quanto no cozimento. Eles são utilizados seja como nutrientes do fermento ou para dar cor e aroma ao pão.

d. Ácidos graxos

A composição em ácidos graxos das frações lipídicas dos alimentos tem sido de interesse recente, principalmente quando são usados na formulação do produto gorduras vege-

TABELA XVII

Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo método massa direta

Açúcares ¹	Massa Misturada %	Pão %	% Variação
Açúcares totais	7,35	2,94	- 60
Açúcares redutores	5,28	0,66	- 87,5

1 Os dados foram expressos em % na base seca.

tais com alto teor de ácido linoléico (3).

O estudo da composição em ácidos graxos foi feito para avaliar as modificações que acontecem durante o processamento, principalmente no que diz respeito ao ácido linoléico. Foi avaliado o efeito da formulação, fermentação, cozimento e processamento global e os resultados são apresentados a seguir.

1. Efeito da formulação

Na formulação das massas, o ingrediente que contribui para modificar a distribuição dos ácidos graxos é principalmente a gordura vegetal hidrogenada, além da composição em ácidos graxos da própria farinha.

A composição em ácidos graxos de ambos os ingredientes é apresentada nas Figuras 1 e 2 e na Tabela XVIII. Pode observar-se que os ácidos graxos dos lipídios de ambos os ingredientes diferem notoriamente.

Na farinha de trigo foram encontrados cinco ácidos graxos principais, sendo que a ordem decrescente foi: ácido linoléico, palmítico, oléico, linolênico e esteárico. Além desses ácidos, foram encontrados traços dos ácidos láurico e mirístico. Estes resultados estão de acordo com os dados relatados por outros pesquisadores para farinhas de trigo usadas em panificação (40, 105, 106).

Na gordura vegetal hidrogenada, o principal ácido

TABELA XVIII

Composição em ácidos graxos da gordura da farinha e da gordura vegetal hidrogenada usadas na produção de pão pelos diferentes métodos de processamento

Ácido graxo	Gordura da farinha ¹ % do total de ácidos graxos	Gordura vegetal
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,20	14,74
Ácido esteárico (C _{18:0})	0,50	12,30
Ácido oléico (C _{18:1})	12,40	66,20
Ácido linoléico (C _{18:2})	63,90	6,74
Ácido linolênico (C _{18:3})	4,83	---

1 A porcentagem de gordura da farinha foi de 2,0%.

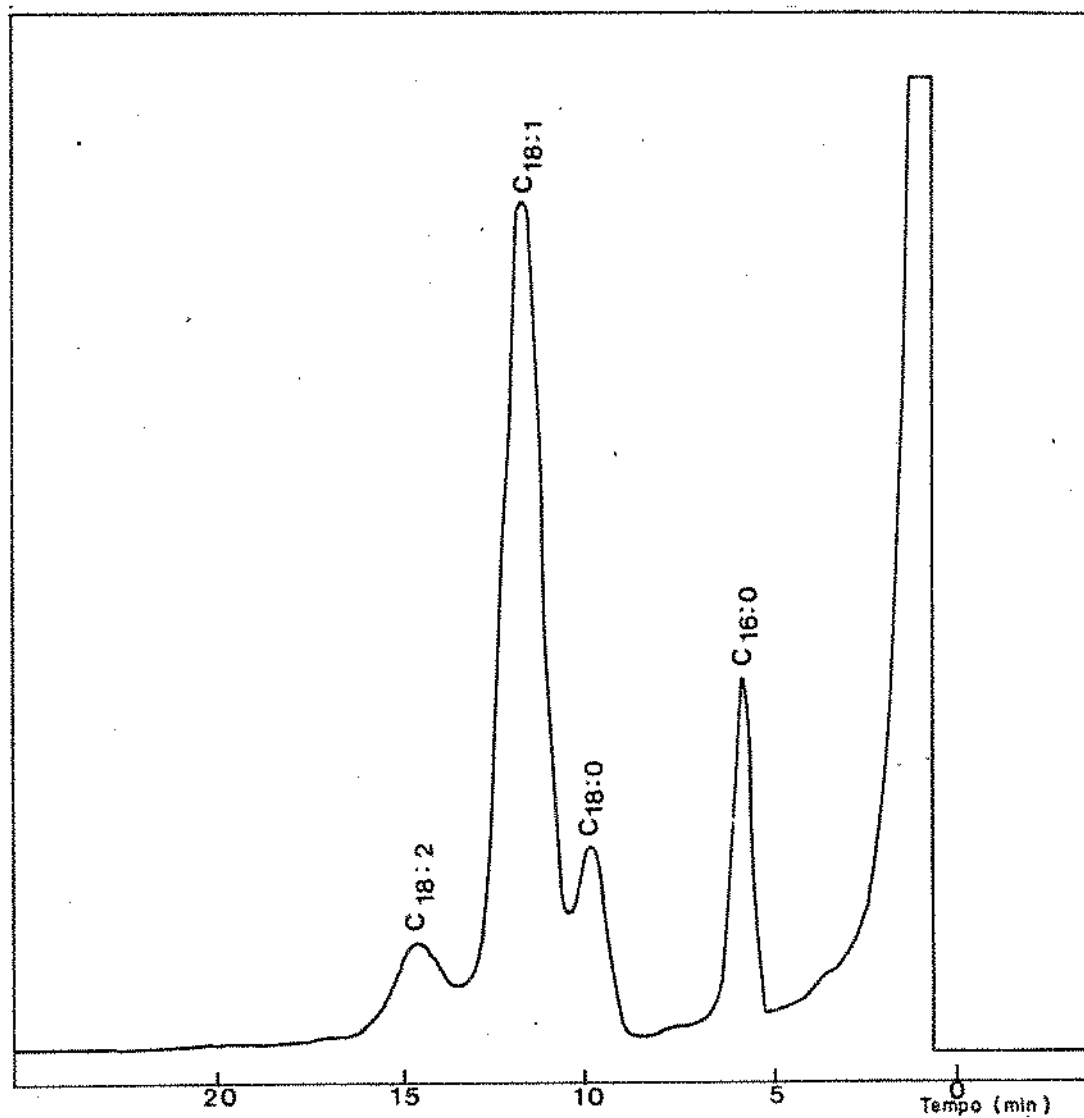


Figura 1. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da gordura vegetal hidrogenada usada na formulação do pão.

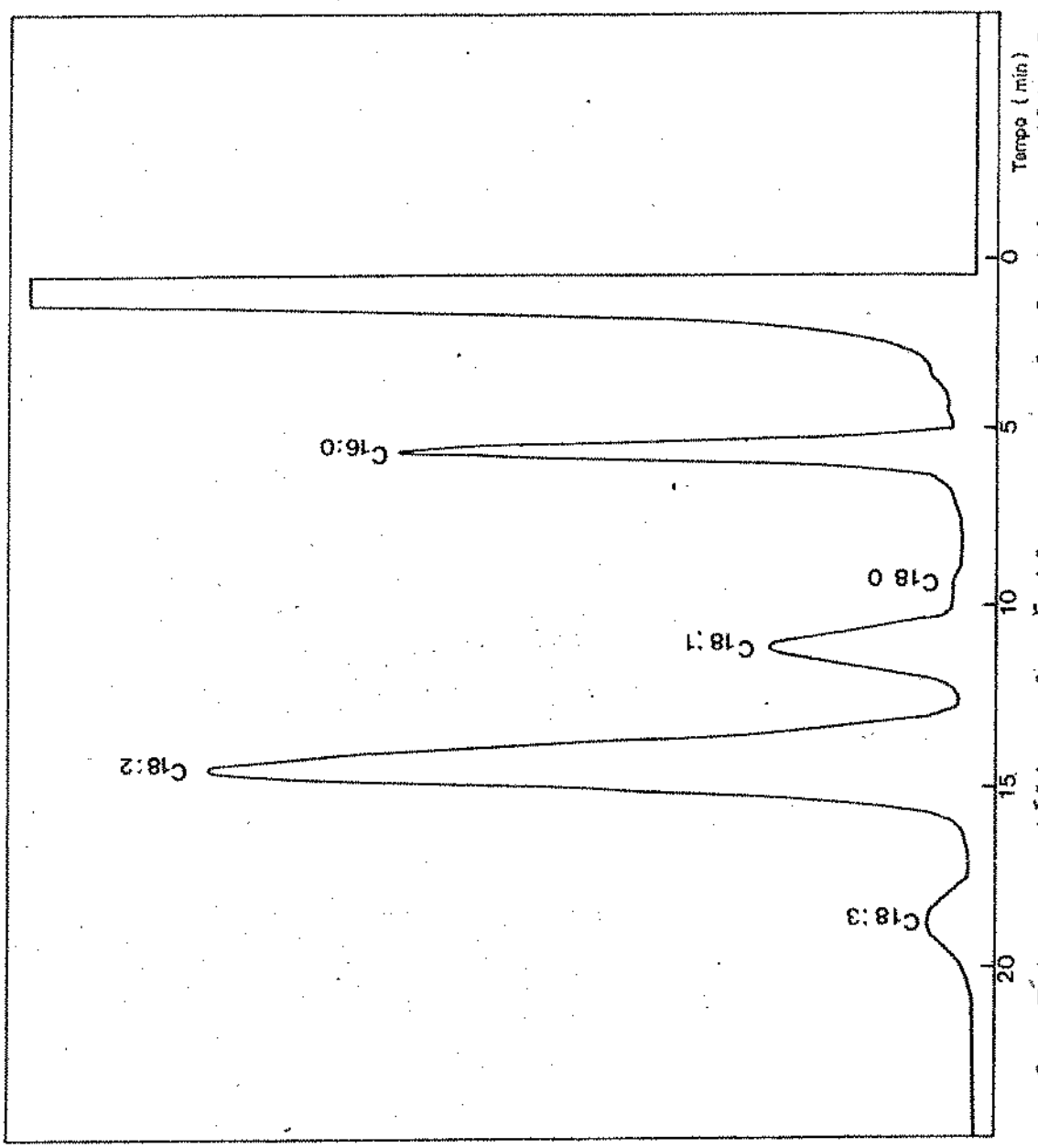


Figura 2. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da farinha utilizada na fabricação do pão.

graxo presente é o ácido oléico.(3). Assim, a adição deste tipo de gordura modificou a distribuição dos ácidos graxos da gordura das massas, conforme mostrado na Tabela XIX e na Figura 3. As principais mudanças que aconteceram nos ácidos graxos foram, a perda de 56% do valor do ácido linoléico das massas misturadas em relação ao encontrado na farinha. Outro ácido que diminuiu foi o ácido linolênico, o qual apresentou um valor mínimo na massa. A adição de gordura vegetal hidrogenada, contribuiu também para aumentar os teores dos ácidos esteárico e oléico.

A presença nas massas misturadas de ácidos graxos tais como mirístico e palmitoléico, pode ser atribuída à contribuição dos lipídios do fermento, já que eles apresentam-se em níveis bastante baixos nas mesmas.

ii. Efeito da fermentação

A composição em ácidos graxos da massa fermentada não apresentou grandes modificações quando comparada com a massa misturada, conforme mostrado na Tabela XX e na Figura 4. Somente, foi observada uma pequena diminuição no teor dos ácidos linoléico e palmítico e um ligeiro aumento no nível do ácido esteárico.

TABELA XIX

Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo método massa direta

Ácido graxo	Farinha %	Massa Misturada %	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	traços	0,20	--
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,20	18,50	1,6
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	-	0,60	--
Ácido esteárico (C _{18:0})	0,50	7,00	+ 1300
Ácido oléico (C _{18:2})	12,40	46,00	+ 271
Ácido linolênico (C _{18:3})	4,8	0,80	- 83,3

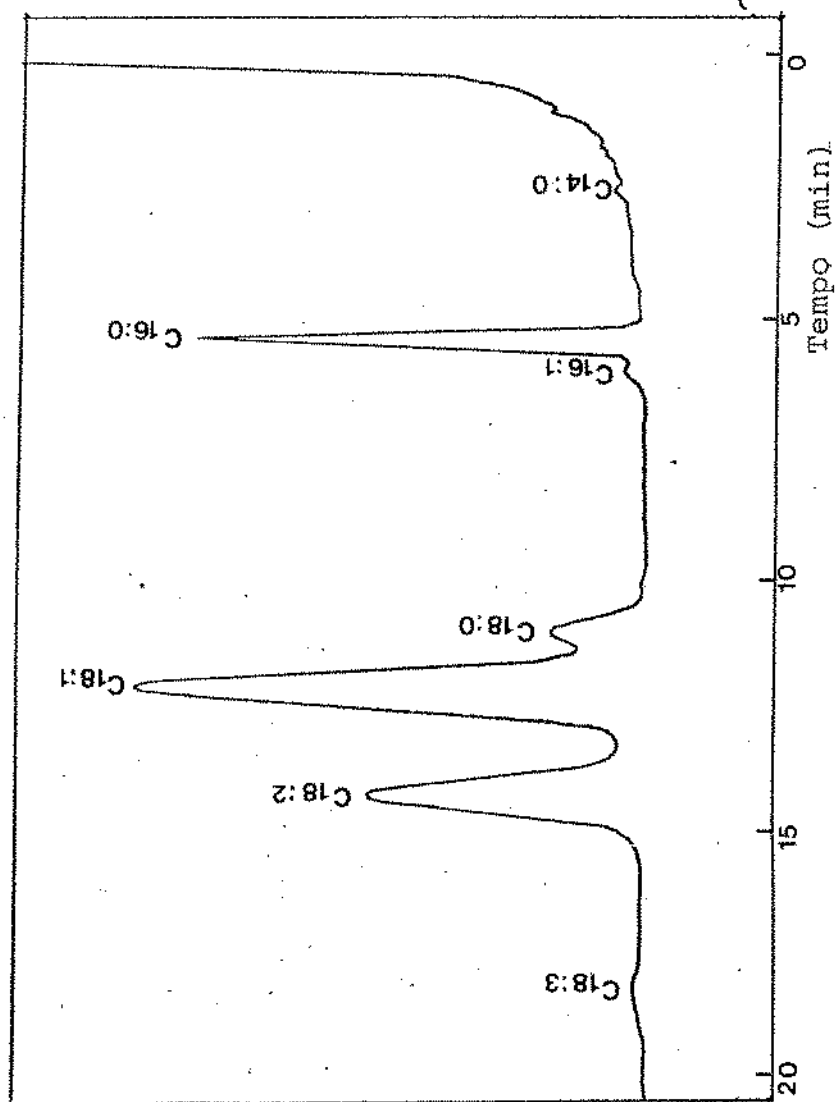


Figura 3. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa misturada pelo método massa direta.

TABELA XX

Efeito da fermentação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo método massa direta

Ácidos graxos	Massa		% Variação
	Misturada	Fermentada	
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	0,20	0,23	+15,0
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,60	17,70	- 4,8
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	0,58	0,55	- 5,1
Ácido esteárico (C _{18:0})	7,00	8,10	+15,7
Ácido oléico (C _{18:1})	46,00	46,30	0
Ácido linoléico (C _{18:2})	28,00	26,30	- 6,8
Ácido linolênico (C _{18:3})	0,80	0,75	- 6,2

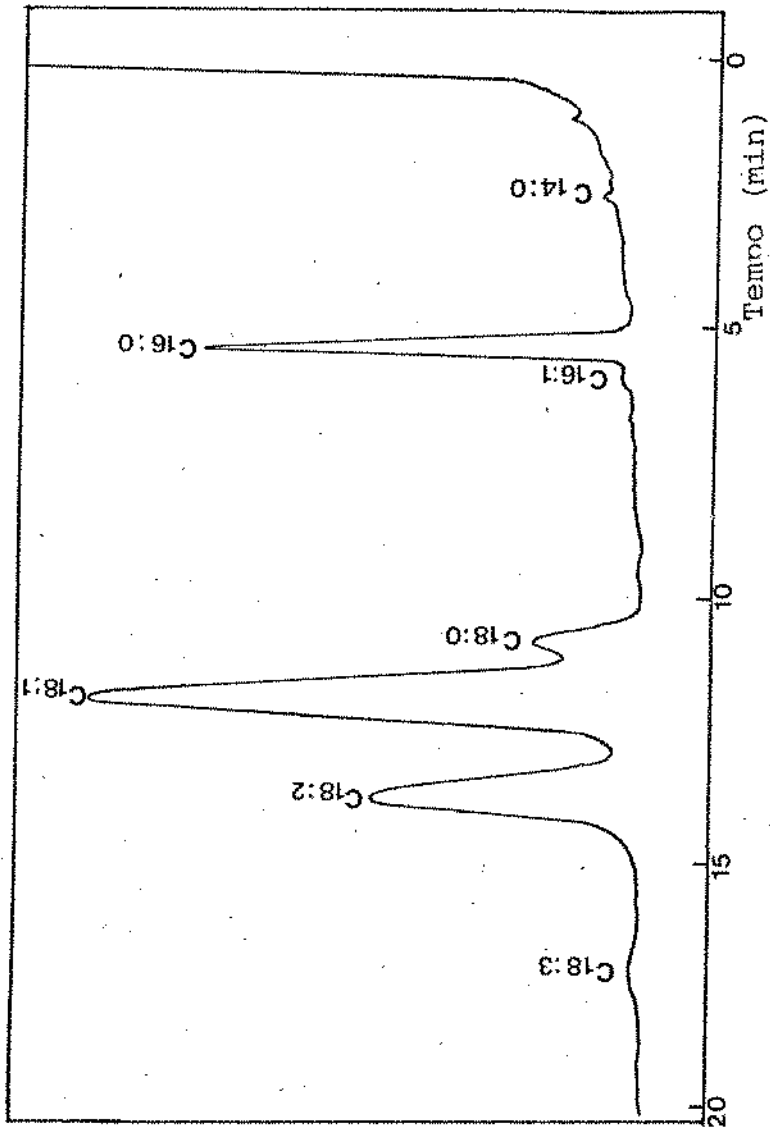


Figura 4. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa fermentada pelo método massa direta.

iii. Efeito do cozimento

A composição em ácidos graxos do pão feito pelo método massa direta, assim como a variação na composição devido ao cozimento são apresentados na Tabela XXI e na Figura 5.

Os resultados da composição em ácidos graxos do pão estão de acordo com dados relatados por vários pesquisadores (27, 62, 98) os quais analisaram diversos tipos de pão, encontrando que o principal ácido graxo presente neles foi o ácido oléico, cuja porcentagem varia de 29 até 54%, seguido do ácido linoléico (15 até 31%) e ácido palmítico (13 até 34%).

A variação na composição em ácidos graxos devido ao cozimento não foi significativa, entretanto encontrou-se um aumento no nível de ácido linolênico e mirístico e diminuição de ácido palmitoléico. Esses ácidos, entretanto, apresentam-se em quantidades muito pequenas quando comparados com os ácidos graxos principais (oléico, linoléico e palmítico), portanto pequenas mudanças no seu conteúdo promovem variações relativamente elevadas. Por outro lado, devemos considerar que devido aos baixos níveis nos quais eles se apresentam, a precisão do cálculo é dificultada.

Phillips & Vail (72), estudando o efeito do calor sobre o teor dos ácidos graxos de vários produtos de panificação, não encontraram diferenças entre a composição das massas e do pão correspondente.

TABELA XXI

Efeito do cozimento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método massa direta

Ácido graxo	Massa Fermentada	Pão	% Variação
<u>% do total de ácidos graxos</u>			
Ácido mirístico (C _{14:0})	0,23	0,30	+30,0
Ácido palmítico (C _{16:0})	17,70	18,00	+ 1,7
Ácido palmitoléico (C _{18:0})	0,55	0,40	-27,2
Ácido esteárico (C _{18:0})	8,10	7,70	- 4,9
Ácido oléico (C _{18:0})	46,30	45,40	- 1,9
Ácido linoléico (C _{18:2})	26,30	26,30	0
Ácido linolênico (C _{18:3})	0,75	1,10	+46,6

47041BC

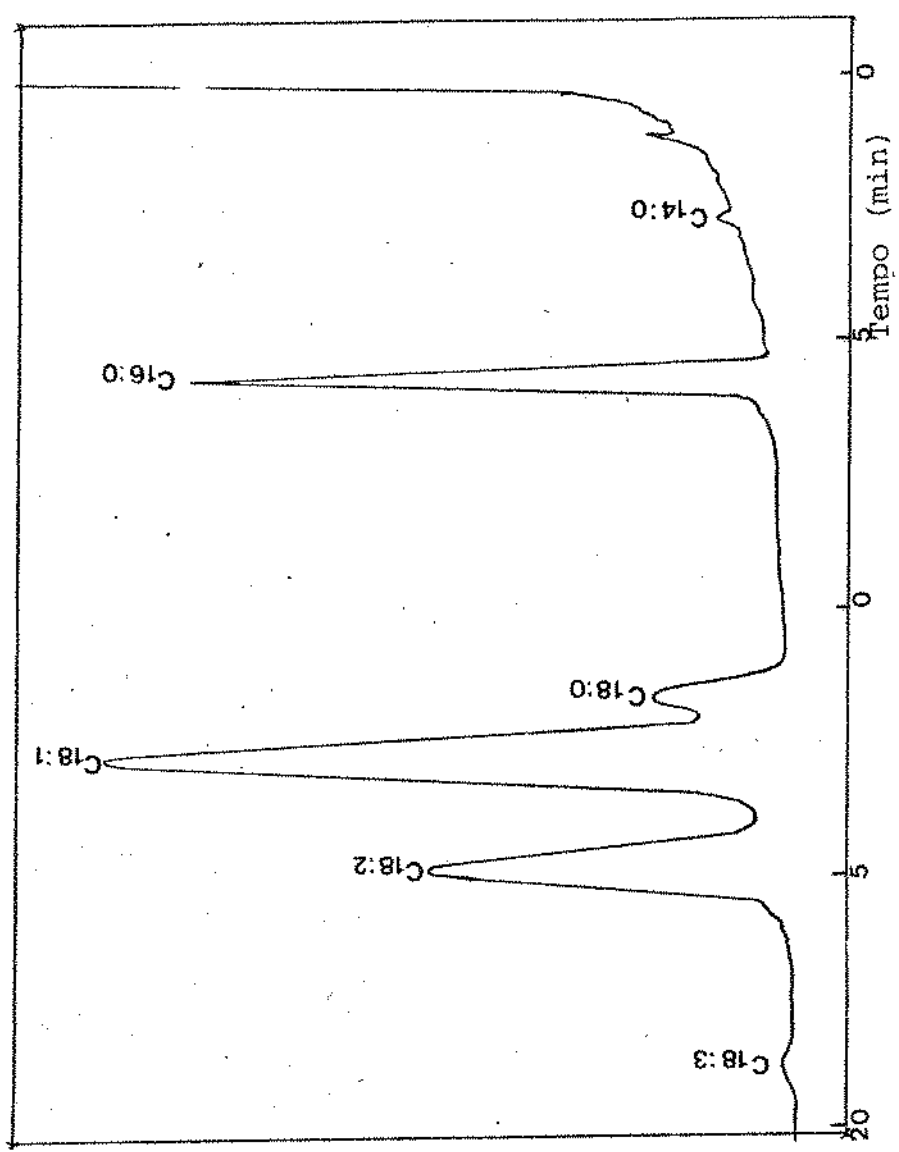


Figura 5. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão processado pelo método massa direta.

iv. Efeito do processamento global

Na Tabela XXII, é mostrada a variação da composição em ácidos graxos devido ao processamento global.

As principais variações foram só nos ácidos graxos que se encontram em quantidades menores. Durante o processamento houve aumentos dos ácidos minístico e linolênico, às custas do ácido palmitoléico e linoléico.

e. Vitaminas

Foi estudada a influência da formulação, fermentação, cozimento e processamento global sobre o conteúdo das vitaminas das massas e do pão feito pelo método massa direta.

i. Efeito da formulação

O efeito da formulação no conteúdo de vitamina é apresentado na Tabela XXIII. As vitaminas do complexo B, (tiamina e riboflavina) foram analisadas na farinha e nas massas misturadas. Os conteúdos destas vitaminas na farinha estão dentro das faixas reportadas por Calhoun et al. (13), Keagy et al. (45) e outros (102), para farinhas derivadas de trigos vermelhos duros de primavera ou de inverno.

TABELA XXII

Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método massa direta

Ácido graxo	Massa Misturada	Pão	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	0,20	0,30	+ 50,0
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,50	18,00	- 2,7
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	0,60	0,40	- 33,0
Ácido esteárico (C _{18:0})	7,00	7,70	+ 10,0
Ácido oléico (C _{18:1})	46,00	45,40	- 1,3
Ácido linoléico (C _{18:2})	28,10	26,30	- 6,4
Ácido linolênico (C _{18:3})	0,80	1,10	+ 37,0

TABELA XXIII

Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa direta

Vitamina	Farinha	Massa Misturada	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,13	0,19	+ 46,0
Riboflavina	0,052	0,095	+ 82,7
Vitamina C	--	1,13	--
Tocoferol total	--	2,64	--

A vitamina C (ácido ascórbico) e o tocoferol total (vitamina E) não foram analisadas na farinha, já que elas encontram-se normalmente em quantidades muito pequenas ou estão ausentes na mesma.

Na massa misturada, a adição de fermento aumentou o conteúdo de tiamina e de riboflavina em 46 e 80%, respectivamente. Em trabalhos feitos com farinhas provenientes de trigo vermelho duro de primavera (90) foram relatados aumentos no conteúdo destas vitaminas após mistura das massas feitas pelo método massa direta. Os valores encontrados por esses pesquisadores são maiores devido a que nesses trabalhos a farinha comercial americana utilizada é normalmente enriquecida com tiamina, riboflavina e niacina logo após a moagem.

Na formulação das massas, foram adicionados 80 ppm (8 mg/100g) de vitamina C e 3% de gordura vegetal hidrogenada. Na massa misturada foram encontrados somente 1,13 mg de vitamina C por 100 gramas de massa portanto houve uma perda real na massa de 86% da quantidade inicial adicionada. Vários pesquisadores (95) têm relatado que, durante a mistura das massas, é perdida a maior parte da atividade da vitamina C.

A adição de gordura vegetal hidrogenada contribuiu com 2,64 mg de tocoferol total por 100 g de massa.

ii. Efeito da fermentação

O efeito da fermentação no conteúdo de vitaminas pode ser observado na Tabela XXIV. Durante a fermentação houve um aumento no conteúdo de tiamina e riboflavina das massas fermentadas em relação às massas misturadas. Estes resultados concordam com os dados encontrados por Tabekhia et al. (90), os quais atribuem o aumento no conteúdo destas vitaminas ao processo de multiplicação celular do fermento. De acordo com Thorn & Ross (96) durante o processo de fermentação, das massas pelo método massa direta há um crescimento celular do fermento de 35%.

Os valores de vitamina C encontrados para a massa fermentada, indicam que esta vitamina continua sendo destruída através do período longo de fermentação. Estes dados podem ser previstos, já que esta vitamina é das mais instáveis (31).

O teor de tocoferol das massas fermentadas praticamente não apresentou mudanças em relação às massas misturadas.

iii. Efeito do cozimento

Após o cozimento das massas, foram encontradas perdas em todas as vitaminas determinadas, como pode observar-se na Tabela XXV. A vitamina que apresentou perdas menores

TABELA XXIV

Efeito da fermentação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa direta

Vitaminas	Massa		% Variação
	Misturada	Fermentada	
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,19	0,23	+ 21,0
Riboflavina	0,095	0,116	+ 22,0
Vitamina C	1,13	0,60	- 47,0
Tocoferol total	2,64	2,58	- 2,3

TABELA XXV

Efeito do cozimento no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa direta

Vitamina	Massa Fermentada	Pão	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,23	0,15	- 34,8
Riboflavina	0,116	0,10	- 13,8
Vitamina C	0,60	0,45	- 25,0
Tocoferol total	2,58	2,01	- 22,1

foi a riboflavina, a qual teve somente uma diminuição de 10%, estes dados concordam com os reportados por Tabekhia et al. (93) os quais encontraram retenções de riboflavina de ordem de 93%, em pães feitos pelo método massa direta. A tiamina, entretanto, foi a que teve as maiores perdas durante o cozimento. Na literatura tem sido reportado que os níveis de tiamina decrescem em função do tempo de cozimento e que a retenção da mesma após 30 minutos é de aproximadamente 48-50% (19, 93). O tempo de cozimento usado nesta pesquisa foi de cerca de 20 minutos, portanto os tempos de retenção foram maiores, aproximadamente de 65%.

O teor de vitamina C no pão foi muito baixo, demonstrando que esta vitamina permanece em quantidades muito pequenas ou desaparece após cozimento do pão. Este fato tem sido reportado em outros trabalhos de pesquisa (15, 95).

O conteúdo de tocoferol total foi também afetado pelo cozimento, encontrando-se uma diminuição do mesmo de aproximadamente 22%. Toepfer et al. (98), reportaram perdas maiores ainda nos pães feitos pelos métodos convencionais.

iv. Efeito do processamento

Durante o processamento, a tiamina teve perdas de 21%, as quais são menores às encontradas durante o cozimento devido a que, durante a fermentação, houve um aumento no teor de tiamina. Esse acréscimo foi também observado com a

TABELA XXVI

Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa direta

Vitamina	Massa Misturada	Pão	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,19	0,15	- 21,0
Riboflavina	0,095	0,10	+ 5,2
Vitamina C	1,13	0,45	- 60,1
Tocoferol total	2,64	2,01	- 23,8

riboflavina, o que fez que nesta última fosse observado um saldo positivo através do processamento. Kennedy & Joslyn (46), analisando massas misturadas e pão, notaram pequenos acréscimos de riboflavina no pão em relação às massas.

A vitamina C foi a vitamina que sofreu as maiores perdas, como pode ser observado na Tabela XXVI. A perda após processamento foi de 60%. Entretanto, a perda real foi maior (94%), já que a adição foi de 8 mg/100 g e no pão foram encontradas somente 0,45 mg/100 g.

As perdas de tocoferol mostraram-se aditivas através do processamento.

2. Método massa esponja

A avaliação dos nutrientes foi feita considerando os dois estágios deste método. Foram analisadas as esponjas, massas misturadas e fermentadas e o pão.

a. Composição centesimal

Foram analisadas as variações da composição centesimal das esponjas, massas e pão, devido ao efeito da adição dos ingredientes, fermentação, cozimento, assim como do processamento global (fermentação e cozimento).

i. Efeito da formulação

A composição centesimal da esponja misturada foi semelhante à da farinha proveniente, conforme mostrado na Tabela XXVII.

O aumento no teor de proteína deve-se provavelmente à formulação da esponja onde foram adicionados o total do fermento (3% na base da farinha) e só o 60% do total da farinha.

A composição centesimal da massa misturada é apresentada na Tabela XXVIII. A massa misturada é obtida pela mistura da esponja fermentada, restante da farinha, gordura, sal e açúcar, portanto a sua composição deverá ser mudada principalmente no que diz respeito ao teor de lipídios e cinzas. A pequena variação no teor de proteínas deve-se provavelmente à adição de farinha e outros ingredientes, os quais terão efeito diluente do teor desse nutriente.

O efeito global da formulação é mostrado na Tabela XXIX, onde podem observar-se aumentos no valor dos lipídios e cinzas, devido à formulação das massas. A diminuição do teor de proteínas foi menor, devido que, durante a fermentação da esponja, houveram aumentos nos teores desse nutriente.

ii. Efeito da fermentação

A composição centesimal das esponjas e massas fer-

TABELA XXVII

Efeito da formulação na composição centesimal da esponja¹
feita pelo método massa esponja

Nutriente	Farinha	Esponja Misturada	% Variação
Proteínas(Nx 5,7)	12,90	13,20	+ 2,3
Lipídios	2,00	2,12	+ 6,0
Cinzas	0,60	0,63	+ 5,0
Carboidratos ²	84,50	84,05	0

1 Os resultados foram expressos em g/100 g na base seca

2 Foram determinados por diferença.

TABELA XXVIII

Efeito da formulação na composição centesimal da massa¹ feita pelo método massa esponja

Nutriente	Esponja fermentada	Massa misturada	% variação
Proteínas(N x 5,7)	13,30	12,33	- 7,3
Lipídios	2,20	5,22	+ 137
Cinzas	0,62	2,12	+ 242
Carboidratos ²	83,88	80,33	- 4,2

1 Os resultados foram expressos em g/100 g na base seca

2 Foram determinados por diferença

TABELA XXIX

Efeito global da formulação na composição centesimal das massas¹ feitas pelo método massa esponja

Nutriente	Farinha %	Massa Misturada %	% Variação
Proteínas (Nx 5,7)	12,90	12,33	- 4,4
Lipídios	2,0	5,22	+ 161
Cinzas	0,60	2,12	+ 253
Carboidratos ²	84,50	80,33	- 5,0

1 Expressos na base seca

2 Determinados por diferença

mentadas é apresentada na Tabela XXX. Após a fermentação das esponjas e massas, não foram encontradas diferenças na composição química das mesmas.

iii. Efeito do cozimento

A tabela XXXI mostra a composição centesimal do pão e as variações devidas ao cozimento do mesmo. Observa-se que não houveram modificações importantes após o cozimento nos valores da composição química do pão feito pelo método massa esponja.

iv. Efeito do processamento global

As variações dos componentes através do processamento são apresentadas na Tabela XXXII. Como pode observar-se nesta tabela as mudanças dos componentes são pequenas, portanto o processamento não afetou a composição centesimal do pão.

b. Aminoácidos

O efeito da formulação, fermentação, cozimento e processamento global na composição em aminoácidos da esponja, massa e pão é apresentada a seguir.

TABELA XXX

Efeito da fermentação na composição centesimal¹ da esponja e massa feita pelo método massa esponja

Componente	Esponja		Variação %	Massa		Variação %
	Misturada %	Fermentada %		Misturada %	Fermentada %	
Proteína (Nx5,7)	13,20	13,30	+ 1,0	12,33	12,36	0
Lipídios	2,12	2,20	+ 3,7	5,22	5,38	+ 3,0
Cinzas	0,63	0,62	- 1,5	2,12	2,10	0
Carboidratos ²	84,05	83,88	0	80,33	80,16	0

1 Os resultados foram expressos em % na base seca

2 Calculados por diferença

TABELA XXXI

Efeito do cozimento na composição química do pão¹ feito pelo método massa esponja

Nutriente	Massa Fermentada %	Pão %	% Variação
Proteínas (N x 5,7)	12,36	12,30	0
Lipídios	5,38	5,35	0
Cinzas	2,10	2,05	-2,3
Carboidratos ²	80,16	80,30	0

1 Expressos na base seca

2 Determinados por diferença.

TABELA XXXII

Efeito do processamento global (fermentação e cozimento) na composição centesimal do pão¹ feito pelo método massa esponja

Nutriente	Massa Misturada %	Pão %	% Variação
Proteínas (N x 5,7)	12,33	12,30	0
Lipídios	5,22	5,35	+2,5
Cinzas	2,12	2,05	-3,3
Carboidratos ²	80,33	80,30	0

1 Expressos em % na base seca

2 Determinados por diferença

1. Efeito da formulação

A composição em aminoácidos da esponja é mostrada na Tabela XXXIII. A esponja apresentou algumas variações na sua composição em relação à farinha da qual ela provém. Os aminoácidos lisina, arginina, tirosina e serina tiveram acréscimos de cerca de 10%. A cistina (1/2), entretanto, teve o aumento maior, aproximadamente de 83%. Este aumento provavelmente também possa ser explicado tal como no caso da massa misturada, no método massa direta, pela provável influência da massa na estabilidade à hidrólise ácida do referido aminoácido.

Após a mistura das massas feitas da esponja fermentada, restante da farinha e outros ingredientes, os aminoácidos sofreram várias mudanças, as quais são mostradas na Tabela XXXIV.

Todos os aminoácidos, exceto o ácido glutâmico, sofreram perdas em relação à esponja fermentada. Sem dúvida, este fato deve-se à adição de farinha com menor conteúdo de proteína que a esponja fermentada. As maiores perdas foram principalmente em lisina, arginina, alanina e ácido aspártico.

O efeito global da formulação é observada na Tabela XXXV. Após a completa adição dos ingredientes houveram alguns aumentos no teor de aminoácidos das massas em relação à farinha, principalmente da cistina (1/2) e lisina, com aumentos de 50% e 9,8% respectivamente. Os outros aminoáci

TABELA XXXIII

Efeito da formulação sobre a composição em aminoácidos da esponja¹ feita pelo método massa esponja

Aminoácidos	Farinha	Esponja Misturada	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,53	1,74	+ 13,7
Treonina	2,09	2,23	+ 6,7
Valina	3,83	3,62	- 5,5
Isoleucina	3,05	2,80	- 6,6
Leucina	6,04	6,04	0
Fenilalanina	4,00	4,04	0
Metionina	1,08	1,12	+ 3,7
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,49	1,58	+ 6,0
Arginina	2,66	3,02	+ 13,5
Ácido glutâmico	41,90	39,90	- 4,8
Ácido aspártico	3,23	3,53	+ 9,3
Prolina	11,50	10,40	- 9,6
Glicina	3,20	3,18	0
Alanina	2,70	2,83	+ 4,8
Cistina (1/2)	0,88	1,61	+ 82,9
Tirosina	2,45	2,78	+ 13,5
Serina	3,84	4,24	+ 10,4
Amonia	4,50	5,25	+ 16,6

1 Os resultados foram expressos em mg/16g de N/100 g de aminoácido recuperado.

TABELA XXXIV

Efeito da formulação sobre a composição em aminoácidos da massa¹ feita pelo método massa esponja

Aminoácidos	Esponja Fermentada	Massa Misturada	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	2,37	1,68	- 29,1
Treonina	2,43	2,14	- 11,9
Valina	4,28	3,63	- 15,2
Isoleucina	3,17	2,73	- 13,9
Leucina	7,04	5,71	- 18,9
Fenilalanina	4,05	3,88	- 4,2
Metionina	1,14	1,04	- 8,8
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,74	1,51	- 13,2
Arginina	3,26	2,38	- 26,9
Ácido glutâmico	33,70	45,10	+ 33,8
Ácido aspártico	4,32	3,26	- 24,5
Prolina	11,50	9,90	- 13,9
Glicina	3,76	3,10	- 17,5
Alanina	3,37	2,47	- 26,7
Cistina (1/2)	1,67	1,32	- 20,9
Tirosina	2,61	2,36	- 9,6
Serina	4,83	3,77	- 22,0
Amonia	4,72	4,19	- 11,1

1 Os resultados foram expressos em mg/16 g de N/100 aminoácido recuperado.

TABELA XXXV

Efeito global da formulação sobre a composição em aminoácidos das massas¹ feitas pelo método massa esponja

Aminoácidos	Farinha ¹ %	Massa Misturada ¹ %	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,53	1,68	+ 9,8
Treonina	2,09	2,14	+ 2,4
Valina	3,83	3,63	- 5,2
Isoleucina	3,05	2,73	- 10,5
Leucina	6,04	5,71	- 5,5
Fenilalanina	4,00	3,88	- 3,0
Metionina	1,08	1,04	- 3,7
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,49	1,51	+ 1,3
Arginina	2,66	2,38	- 10,5
Ácido glutâmico	41,90	45,10	+ 7,6
Ácido aspártico	3,23	3,26	0
Prolina	11,50	9,90	- 13,9
Glicina	3,20	3,10	- 3,10
Alanina	2,70	2,47	- 8,5
Cistina (1/2)	0,88	1,32	+ 50,0
Tirosina	2,45	2,36	- 3,7
Serina	3,84	3,77	- 1,8
Amonia	4,50	4,19	- 6,9

1 Os resultados foram expressos em mg/16g de N/100 de aminoácidos recuperados.

dos sofreram variações pequenas.

ii. Efeito da fermentação

Durante a fermentação da esponja praticamente todos os aminoácidos foram aumentados, como pode ser observado na Tabela XXXVI. As maiores variações foram de lisina, ácido aspártico e alanina, com aumentos aproximados de 36, 22 e 19% respectivamente. Os outros aminoácidos apresentaram aumentos menores, exceto o ácido glutâmico, o qual teve uma perda de cerca de 15%. Estas variações podem ser explicadas, pelo fato de que, durante a fermentação da esponja, há multiplicação das células do fermento (80). Horvart et al. (39), estudando a composição em aminoácidos das esponjas e massas fermentadas também encontraram aumentos nos níveis de vários aminoácidos, principalmente arginina, ácido aspártico, ácido glutâmico; glicina, isoleucina, leucina, prolina e valina.

A fermentação das massas mostrou a mesma tendência que a fermentação das esponjas como pode ser observado na Tabela XXXVII. Na massa fermentada, a lisina praticamente não apresentou mudanças, no entanto a arginina encontrou-se aumentada em aproximadamente 19%. Outros aminoácidos como a alanina e tirosina aumentaram em aproximadamente 18 e 16% respectivamente. Nesta etapa do processo houveram diminuições principalmente do ácido glutâmico e isoleucina.

TABELA XXXVI

Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos de esponja¹ feita pelo método massa esponja

Aminoácidos	Esponja		Variação %
	Misturada %	Fermentada %	
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,74	2,37	+36,2
Treonina	2,23	2,43	+ 8,9
Valina	3,62	4,28	+18,2
Isoleucina	2,80	3,17	+13,2
Leucina	6,04	7,04	+16,5
Fenilalanina	4,04	4,05	0
Metionina	1,12	1,14	+ 1,8
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,58	1,74	+10,1
Arginina	3,02	3,26	+ 7,9
Ácido glutâmico	39,90	33,70	-15,5
Ácido aspártico	3,53	4,32	+22,4
Prolina	10,40	11,50	+10,6
Glicina	3,18	3,76	+18,2
Alanina	2,83	3,37	+19,0
Cistina (1/2)	1,61	1,67	+ 3,7
Tirosina	2,78	2,61	- 6,1
Serina	4,24	4,83	+13,9
Amonia	5,25	4,72	-10,1

1 Os resultados foram expressos em mg/16g de N/100 de aminoácido recuperado.

TABELA XXXVII

Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos da massa¹ feita pelo método massa esponja

Aminoácidos	Massa		%
	Misturada	Fermentada	
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,68	1,71	+ 1,8
Treonina	2,14	2,27	+ 6,0
Valina	3,63	4,12	+13,5
Isoleucina	2,73	2,50	- 8,4
Leucina	5,71	6,10	+ 6,8
Fenilalanina	3,88	4,10	+ 5,6
Metionina	1,04	1,16	+11,6
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,51	1,60	+ 5,9
Arginina	2,38	2,84	+19,3
Ácido glutâmico	45,10	41,80	- 7,3
Ácido aspártico	3,26	3,30	- 1,2
Prolina	9,90	10,95	+10,6
Glicina	3,10	3,35	+ 8,0
Alanina	2,47	2,92	+18,2
Cistina (1/2)	1,32	1,35	+ 2,2
Tirosina	2,36	2,75	+16,5
Serina	3,77	3,80	0
Amonia	4,19	3,65	-12,9

1 Os resultados foram expressos em g/16 g de N/100 de aminoácido recuperado.

iii. Efeito do cozimento

A Tabela XXXVIII mostra a composição em aminoácidos do pão e as variações devido ao cozimento. A maioria dos aminoácidos sofreu perdas, sendo que os aminoácidos básicos arginina e lisina foram os que experimentaram as diminuições maiores. A cistina (1/2) também foi diminuída durante o cozimento mas, como já fora discutido anteriormente, é difícil saber se essas perdas foram devidas exclusivamente ao efeito do calor ou houve um efeito duplo da hidrólise prévia à análise e do cozimento.

Outros aminoácidos sofreram perdas menores ou permaneceram constantes, como foi o caso do ácido glutâmico, glicina, metionina, tirosina e fenilalanina.

Hepburn et al. (35) analisando amostras de pão feito pelo método massa esponja reportaram valores mais altos em vários aminoácidos. Entretanto, esses pães tiveram adição de leite-em-pó desengordurado na sua formulação, o qual contribui para aumentar o teor de vários aminoácidos.

c. Açúcares

Foram analisados os teores de açúcares totais e redutores das massas e do pão e as variações que acontecem após formulação, fermentação e cozimento, assim como no processamento global.

TABELA XXXVIII

Efeito do cozimento sobre a composição em aminoácidos do
pão¹ feito pelo método massa esponja

Aminoácidos	Massa Fermentada	Pão	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,71	1,48	-13,5
Treonina	2,27	2,30	+ 1,3
Valina	4,12	3,88	- 5,8
Isoleucina	2,50	3,00	-20,0
Leucina	6,10	6,28	+ 3,0
Fenilalanina	4,10	4,16	0
Metionina	1,16	1,15	0
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,60	1,56	- 2,5
Arginina	2,84	2,20	-22,5
Ácido glutâmico	41,80	41,60	0
Ácido aspártico	3,30	3,45	+ 4,5
Prolina	10,95	10,40	- 5,0
Glicina	3,35	3,35	0
Alanina	2,92	2,72	- 6,8
Cistina (1/2)	1,35	1,09	-19,2
Tirosina	2,75	2,75	0
Serina	3,80	4,00	+ 5,3
Amonia	3,65	4,50	+23,3

1 Os resultados foram expressos em mg/16 g de N/100 de aminoácido recuperado.

TABELA XXXIX

Efeito do processamento global sobre a composição em amino-ácidos do pão¹ feito pelo método massa esponja

Aminoácidos	Massa Misturada	Pão	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,68	1,48	-11,9
Treonina	2,14	2,30	+ 7,5
Valina	3,63	3,88	+ 6,9
Isoleucina	2,73	3,00	+ 9,9
Leucina	5,71	6,28	+10,0
Fenilalanina	3,88	4,16	+ 7,2
Metionina	1,04	1,15	+10,5
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,51	1,56	+ 3,3
Arginina	2,38	2,20	- 7,6
Ácido glutâmico	45,10	41,60	- 7,8
Ácido aspártico	3,26	3,45	+ 5,8
Prolina	9,90	10,40	+ 5,0
Glicina	3,10	3,35	+ 8,0
Alanina	2,47	2,72	+10,1
Cistina (1/2)	1,32	1,09	-17,4
Tirosina	2,36	2,75	+16,5
Serina	3,77	4,00	+ 6,1
Amonia	4,19	4,50	+ 7,4

1 Os resultados foram expressos em mg/16 g de N/100 de aminoácido recuperado.

i. Efeito da formulação

Na Tabela XL é mostrado o teor de açúcares totais e redutores da esponja após mistura. Todos os açúcares encontram-se aumentados em relação à farinha. Esses açúcares são provenientes da própria farinha, já que na formulação das massas não foi adicionado outro ingrediente que possa contribuir para aumentar os mesmos. Portanto, os altos índices de aumento encontrados tanto nos açúcares totais, quanto nos redutores e principalmente nestes últimos, deve-se à atividade amilolítica das enzimas, as quais durante a mistura hidrolisaram parte do amido danificado formando principalmente maltose e dextrinas (94).

Durante a mistura da massa foram adicionados 5% de sacarose, a qual aumentou consideravelmente o teor de açúcares, como pode ser observado na Tabela XLI. O aumento principalmente nos açúcares redutores pode ser atribuído à inversão da sacarose adicionada na formulação das massas.

O efeito global da formulação é apresentado na Tabela XLII, onde é observado um grande aumento em todos os açúcares das massas.

ii. Efeito da fermentação

Os teores de açúcares totais e redutores das esponjas e massas fermentadas são apresentadas na Tabela XLIII.

TABELA XL

Efeito da formulação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores da esponja feita pelo método massa esponja

Componente	Farinha %	Esponja Misturada %	Variação %
Açúcares totais	1,95	3,18	+ 63,0
Açúcares redutores	0,63	1,15	+ 83,0

TABELA XLI

Efeito da formulação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores da massa feita pelo método massa esponja

Componente	Esponja Fermentada %	Massa Misturada %	% Variação
Açúcares totais	1,59	7,80	+ 390
Açúcares redutores	0,29	5,65	+1480

TABELA XLII

Efeito global da formulação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores das massas feitas pelo método massa esponja

Componente	Farinha %	Massa Misturada %	% Variação
Açúcares totais	1,95	7,80	+ 300
Açúcares redutores	0,63	5,65	+ 796

TABELA XIII

Efeito da fermentação na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores da esponja e da massa feitas pelo método massa esponja

Componentes	Esponja		Variação	Massa		Variação
	Misturada %	Fermentada %		Misturada %	Fermentada %	
Açúcares totais	3,18	1,59	- 50,0	7,80	4,90	- 37,2
Açúcares redu- tores	1,15	0,29	- 74,8	5,65	4,66	- 17,5

Durante a fermentação da esponja houve uma diminuição dos açúcares presentes na massa, principalmente dos açúcares redutores. Estes açúcares são utilizados pelas leveduras para seu metabolismo, já que, como fora mencionado anteriormente, durante a fermentação da esponja, a multiplicação das células do fermento é cerca de 35% (81).

Na fermentação da massa houve diminuição dos açúcares em níveis menores, devido a que o tempo de fermentação da massa é menor que o tempo de fermentação da esponja.

iii. Efeito do cozimento

Os conteúdos de açúcares totais e redutores do pão são mostrados na Tabela XLIV. Durante o cozimento foram aumentados os conteúdos de açúcares devido ao aumento da atividade enzimática, a qual permitiu a hidrólise do amido a uma maior velocidade do que a velocidade de consumo dos mesmos pela reação de Maillard.

Bohn (7), analisando 18 amostras de pães comerciais diferentes, feitos pelo método massa esponja, encontrou teores de açúcares totais de 2,36 até 5,65%. Os resultados encontrados nesta pesquisa estão dentro dessa faixa.

iv. Efeito do processamento global

O processamento global diminui os teores dos açúcares totais e redutores conforme mostrado na Tabela XLV.

TABELA XLIV

Efeito do cozimento na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo método massa esponja

Componente	Massa Fermentada %	Pão %	% Variação
Açúcares totais	4,90	6,10	+ 24,4
Açúcares redutores	4,66	4,90	+ 5,1

TABELA XLV

Efeito do processamento global na variação do conteúdo de açúcares totais e redutores do pão feito pelo método massa esponja

Componente	Massa Misturada %	Pão %	% Variação
Açúcares totais	7,80	6,10	-21,8
Açúcares redutores	5,65	4,90	-13,3

Essas diminuições não foram elevadas, devido a que a adição de 5% de sacarose é feita só no segundo estágio do processo e o tempo de fermentação, o qual contribui para diminuir os teores de açúcares, é só de 60 minutos.

d. Ácidos graxos

A avaliação da composição em ácidos graxos foi feita nos diferentes estágios do método massa esponja e os resultados são apresentados a seguir.

i. Efeito da formulação

A Tabela XLVI e Figura 6 mostra a composição em ácidos graxos da esponja após mistura. No primeiro estágio (esponja), não há adição de gordura, portanto os ácidos graxos da farinha e do fermento influenciam diretamente a composição dos ácidos graxos da mesma.

Comparando a distribuição em ácidos graxos da esponja e da farinha, encontramos que houve algumas mudanças importantes. Por exemplo, o nível de ácido palmitoléico na esponja foi de 2%. Entretanto, este ácido não foi encontrado na farinha. Provavelmente, a presença deste deve-se à adição da quantidade total de fermento (3%) e só 60% do total da farinha neste estágio. Outras modificações nos teo-

TABELA XLVI

Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da esponja feita pelo método massa esponja

Ácido graxo	Farinha	Esponja Misturada	% Variação
<u>% do total de ácidos graxos</u>			
Ácido mirístico (C _{14:0})	--	traços	--
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,20	24,60	+ 35,1
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	--	2,0	--
Ácido esteárico (C _{18:0})	0,50	2,20	+340
Ácido oléico (C _{18:1})	12,40	17,70	+ 42,7
Ácido linoléico (C _{18:2})	63,90	51,40	- 19,6
Ácido linolênico (C _{18:3})	4,8	2,1	- 56,2

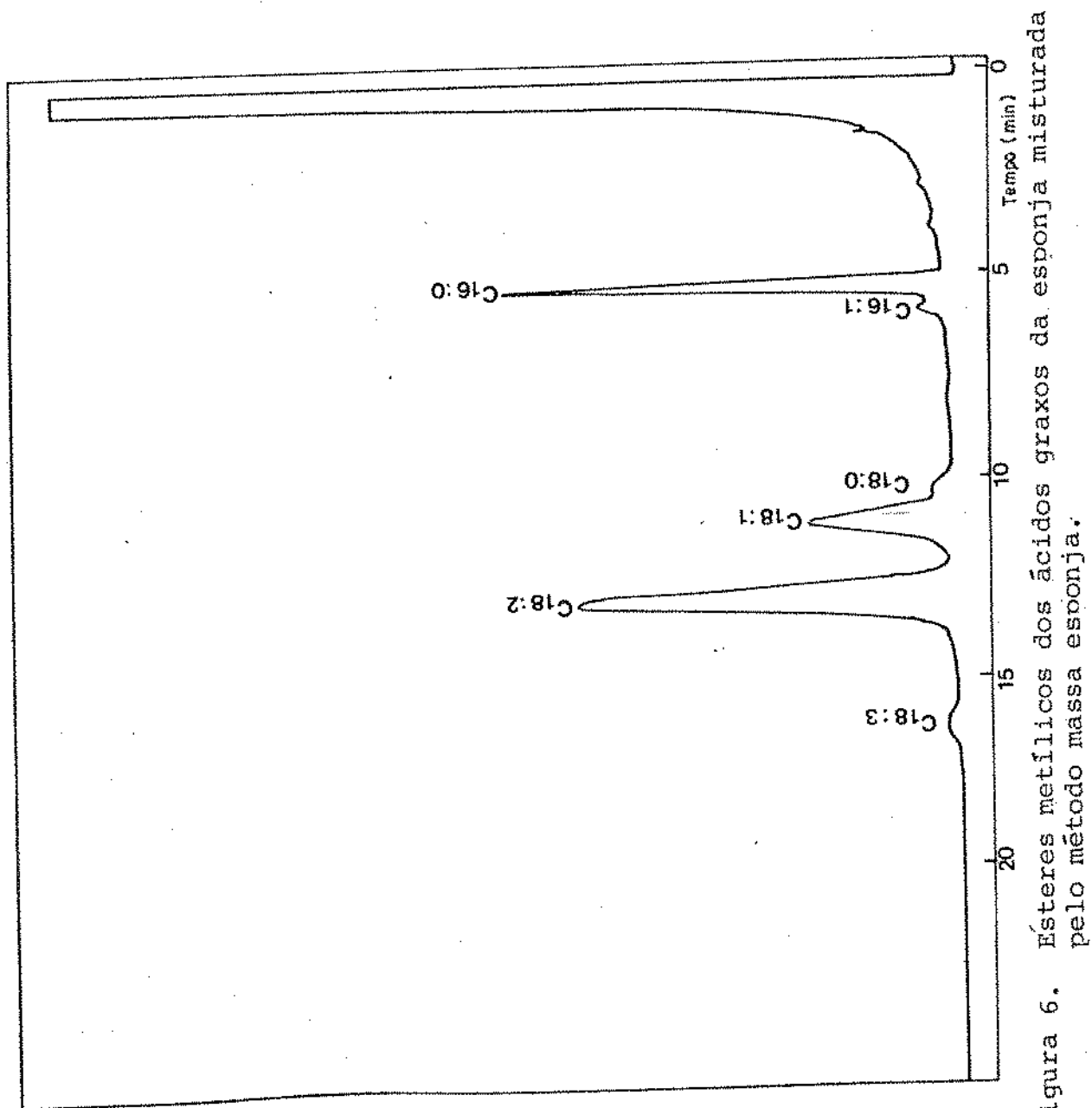


Figura 6. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da esponja misturada pelo método massa esponja.

res dos ácidos graxos, tal como aumento nos conteúdos dos ácidos esteárico, oléico e palmítico e diminuição de linoléico e linolénico, são devidas também provavelmente à adição de fermento.

No estágio de massa do método, é adicionada a gordura vegetal hidrogenada à esponja fermentada o que leva a modificações na distribuição dos ácidos graxos, como pode ser observado na Tabela XLVII e na Figura 7. Devido à adição de gordura e restante da farinha, neste estágio, houve um aumento considerável nos teores dos ácidos oléico (+232%) e esteárico (700%) e diminuição dos outros ácidos graxos, principalmente palmitoléico e linoléico com valores de -66,8% e -54,6%, respectivamente.

O efeito global da formulação é mostrada na Tabela XLVIII. Pode observar-se nesta tabela que as mudanças principais foram nos ácidos esteárico e oléico que tiveram grandes aumentos devido à adição de gordura, a qual possui altas quantidades desses ácidos e a conseqüente diminuição dos ácidos linoléico e linolénico.

ii. Efeito da fermentação

Os resultados da composição em ácidos graxos das esponjas e massas fermentadas, assim como as variações das mesmas, através da fermentação são apresentadas na Tabela IL e Figuras 8 e 9.

TABELA XLVII

Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo método massa esponja.

Ácido graxo	Esponja Fermentada	Massa Misturada	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	0,20	traços	--
Ácido palmítico (C _{16:1})	22,60	18,60	-17,7
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	1,66	0,55	-66,8
Ácido esteárico. (C _{18:0})	1,10	8,90	+709
Ácido oléico (C _{18:1})	13,60	45,20	+232
Ácido linoléico (C _{18:2})	57,0	25,7	-64,9
Ácido linolênico (C _{18:3})	2,8	0,94	66,4

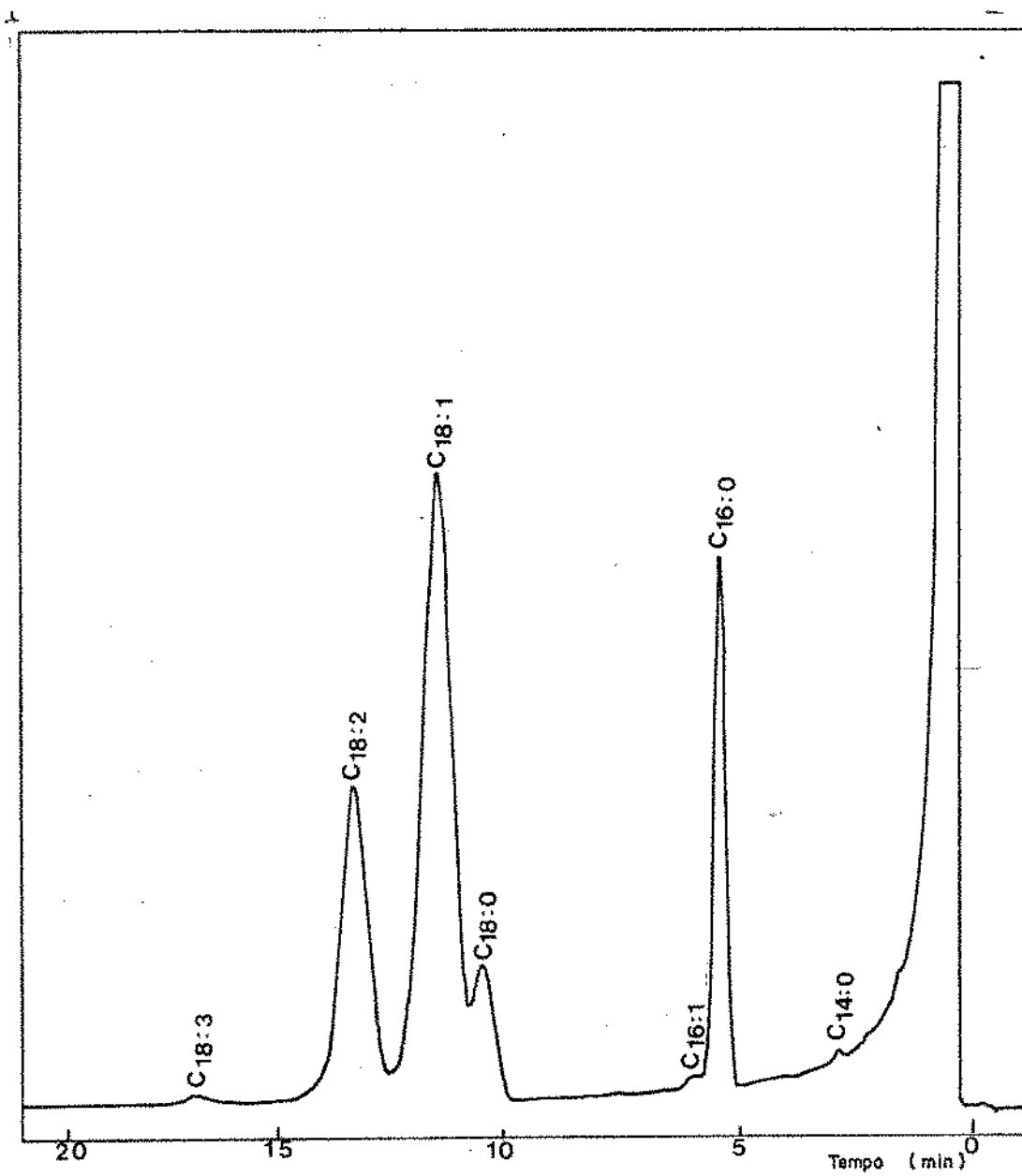


Figura 7. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa misturada pelo método massa direta.

TABELA XLVIII

Efeito global da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo método massa esponja

Ácido graxo	Farinha	Massa Misturada	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	traços	traços	--
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,20	18,60	+ 2,2
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	-	0,55	--
Ácido esteárico (C _{18:0})	0,50	8,90	+1680
Ácido oléico (C _{18:1})	12,40	45,20	+ 264
Ácido linoléico (C _{18:2})	63,90	25,70	- 59,8
Ácido linolênico (C _{18:3})	4,8	0,94	- 80,4

TABELA II

Efeito da fermentação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da esponja e da massa feita pelo método massa esponja

Ácido graxo	% Variação			%		
	Misturada	Fermentada	Variação		Misturada	Fermentada
	<u>% do total de ácidos graxos</u>			<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	traços	0,20	--	traços	traços	--
Ácido palmítico (C _{16:0})	24,60	22,60	- 8,1	18,6	18,3	- 1,6
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	2,0	1,66	-17,0	0,55	0,54	0
Ácido esteárico (C _{18:0})	2,20	1,10	-50,0	8,90	9,50	+ 6,7
Ácido oléico (C _{18:1})	17,70	13,60	-23,2	45,20	45,70	+ 1,1
Ácido linoléico (C _{18:2})	51,40	57,0	+10,9	25,70	35,30	0
Ácido linolênico (C _{18:3})	2,10	2,80	+33,3	0,94	0,83	-11,7

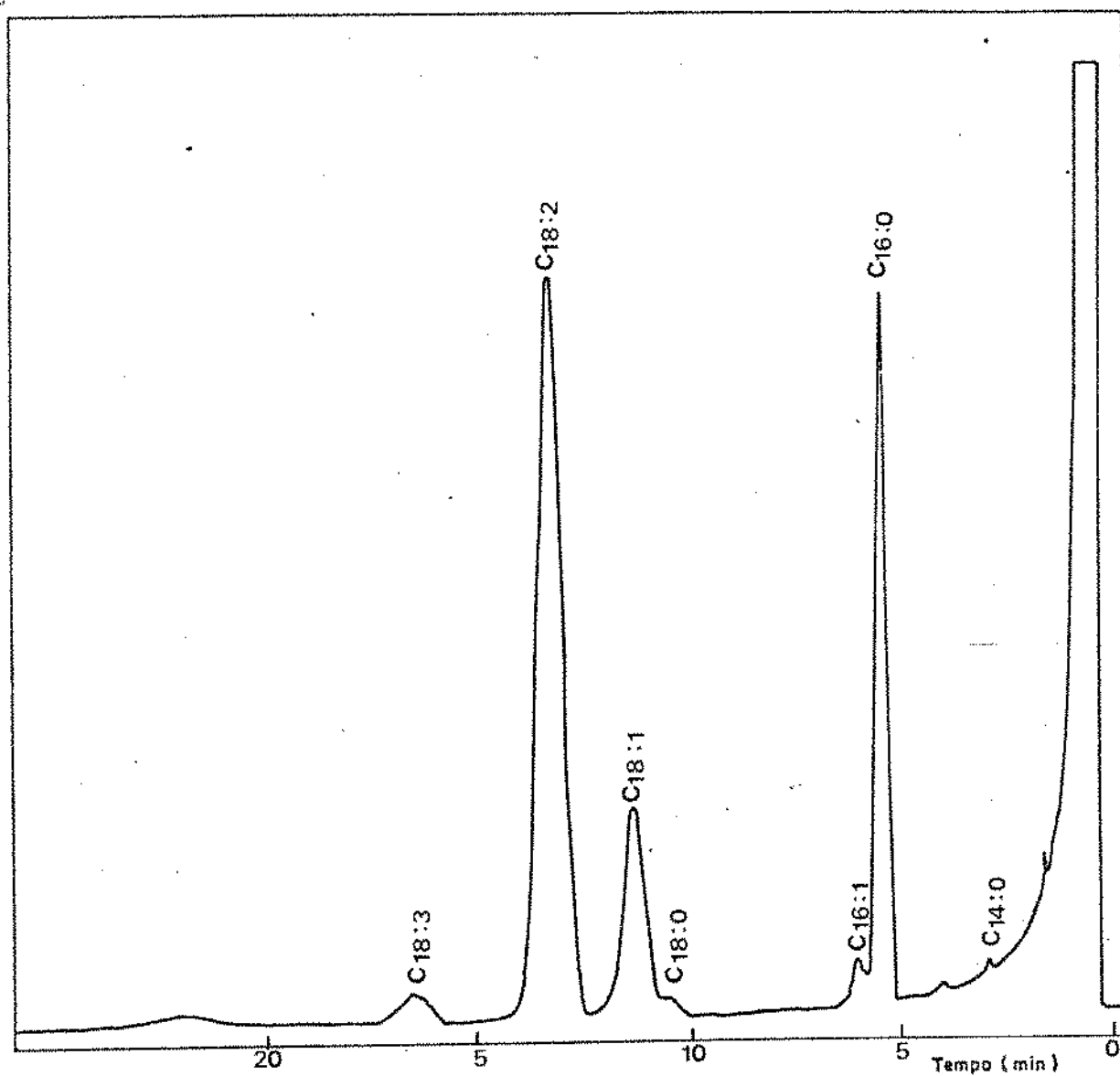


Figura 8. Esteres metílicos dos ácidos graxos da esponja fermentada pelo método massa esponja.

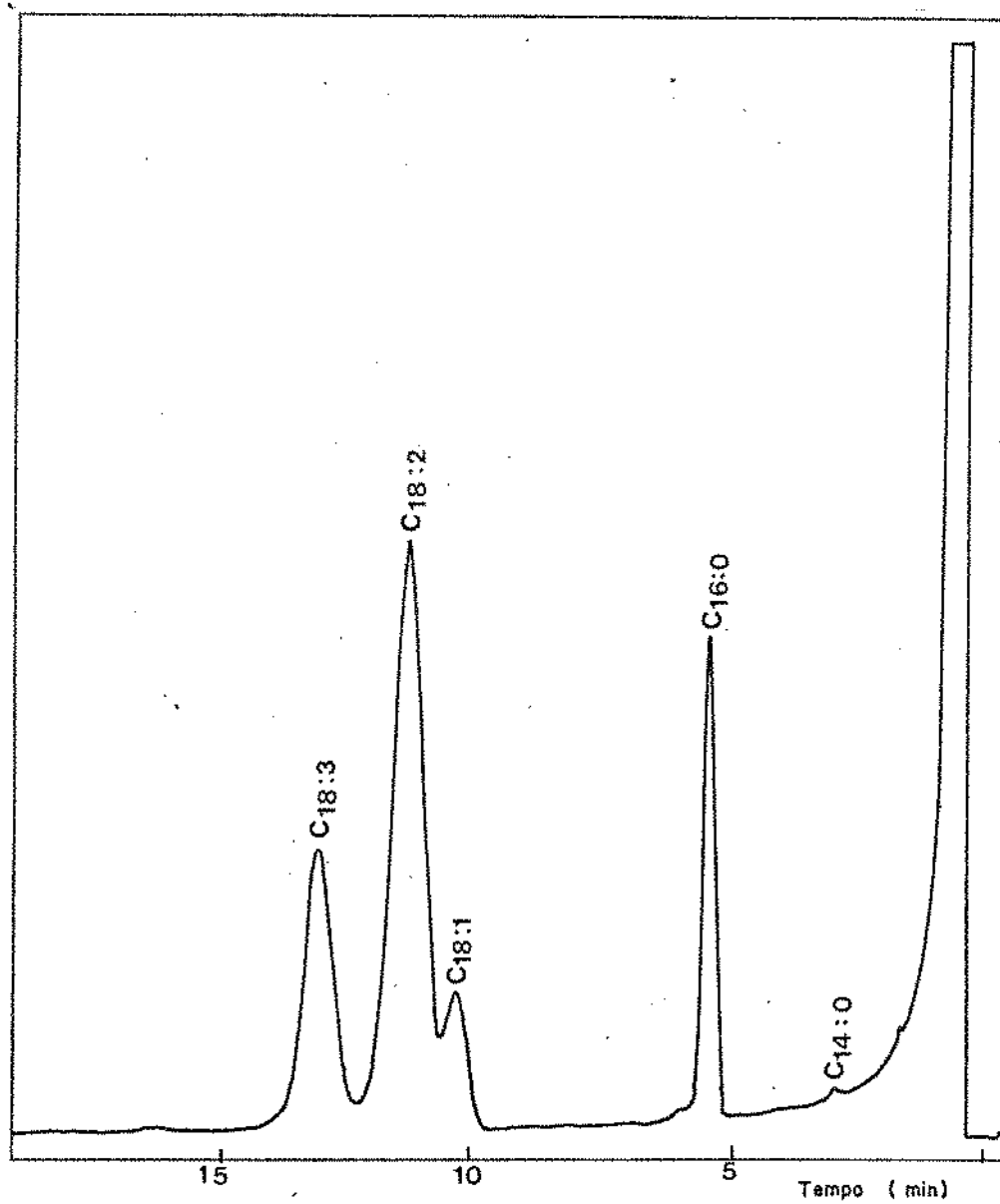


Figura 9. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa fermentada pelo método massa esponja.

Durante a fermentação da esponja encontrou-se um aumento nos teores de linoléico e linolênico e perdas dos ácidos esteárico, oléico e palmitoléico, principalmente.

Nas massas fermentadas não foram encontradas diferenças nos teores dos ácidos graxos quando comparadas com as massas misturadas.

iii. Efeito do cozimento

A Tabela L e a Figura 10 mostra a composição em ácidos graxos do pão e o efeito do cozimento sobre a massa fermentada. Conforme mostrado na Tabela, não foram encontradas diferenças entre ambas as amostras e os valores obtidos para o pão feito pelo método esponja estão próximos dos dados reportados por alguns pesquisadores para amostras de pão feitas por este mesmo método.

iv. Efeito do processamento global

O processamento do pão pelo método massa esponja não modificou a composição em ácidos graxos do mesmo, como pode ser observado na Tabela LI.

e. Vitaminas

Foi estudado o efeito de cada uma das etapas do pro

TABELA L

Efeito do cozimento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método massa esponja

Ácido graxo	Massa Fermentada	Pão	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	traços	0,27	--
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,30	17,40	- 4,9
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	0,50	0,56	+10
Ácido esteárico (C _{18:0})	9,50	9,20	- 3,2
Ácido oléico (C _{18:1})	45,70	46,60	+ 2,0
Ácido linoléico (C _{18:2})	25,30	24,90	- 1,6
Ácido linolênico (C _{18:3})	0,80	0,80	0

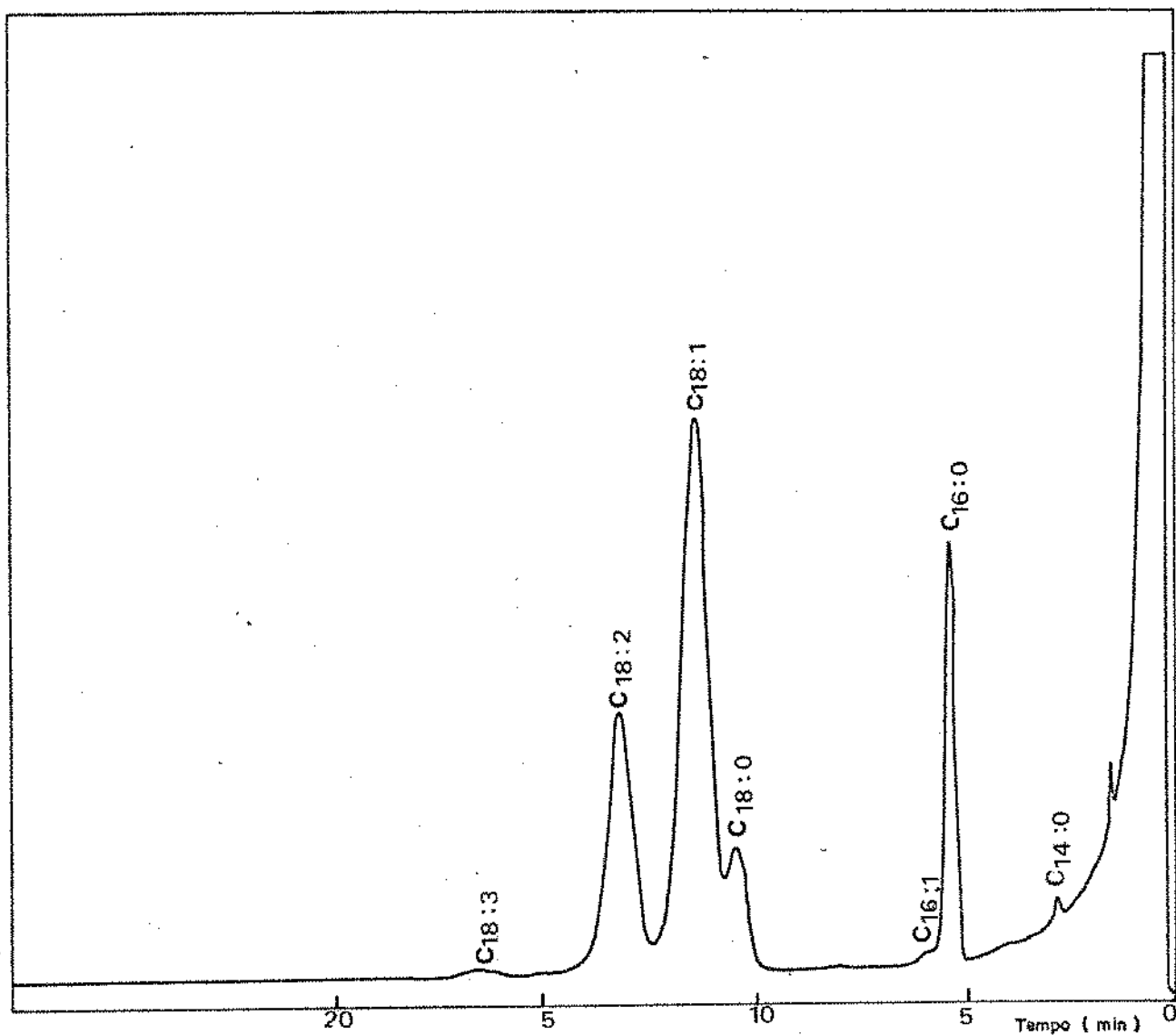


Figura 10. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão processado pelo método massa esponja.

TABELA LI

Efeito global do processamento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo método massa esponja

Ácido graxo	Massa Misturada	Pão	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	traços	0,27	--
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,60	17,40	- 6,5
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	0,55	0,56	0
Ácido esteárico (C _{18:1})	8,90	9,20	+ 3,4
Ácido oléico (C _{18:1})	45,20	46,60	+ 3,1
Ácido linoléico (C _{18:2})	25,70	24,90	- 3,1
Ácido linolênico (C _{18:3})	0,94	0,80	-14,4

cesso massa esponja no teor de algumas das principais vitaminas.

i. Efeito da formulação

Os valores encontrados para algumas vitaminas da esponja são mostrados na Tabela LII. Comparando esses valores com os encontrados na farinha original, observa-se que houve um aumento no teor de tiamina de aproximadamente 92% e de riboflavina de 140%. Estes aumentos devem-se à adição da quantidade total do fermento e só parte da farinha adicionados nesta etapa do processo. De acordo com a literatura, o fermento biológico é uma fonte excelente das duas vitaminas (96).

No estágio de massa deste método foram adicionados alguns ingredientes, os quais podem contribuir para aumentar o conteúdo de vitaminas da massa, portanto, foram também determinadas as vitaminas C e o tocoferol total. A primeira foi adicionada como oxidante e a segunda, como componente da gordura vegetal hidrogenada.

Como pode observar-se na Tabela LIII, a adição do restante da farinha e outros ingredientes à esponja fermentada, diminuíram o conteúdo de tiamina e riboflavina em aproximadamente 33% e 23% respectivamente. Estes resultados concordam plenamente com os relatados na literatura (93).

O teor de vitamina C adicionada à massa foi também

TABELA LII

Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das esponjas feitas pelo método massa esponja

Vitamina	Farinha	Esponja Misturada	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,13	0,25	+ 92
Riboflavina	0,052	0,125	+ 140

TABELA LIII

Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa esponja

Vitamina	Esponja Fermentada	Massa Misturada	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,30	0,20	-33,3
Riboflavina	0,15	0,10	-33,5
Vitamina C	--	1,70	--
Tocoferol total	--	2,52	--

TABELA LIV

Efeito global da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo método massa esponja

Vitamina	Farinha	Massa Misturada	% Variação
	<u>mg/100 base seca</u>		
Tiamina	0,13	0,20	+ 53,8
Riboflavina	0,052	0,10	+ 92,3
Vitamina C	--	1,70	-
Tocoferol total	--	2,52	-

de 8 mg/100 g. Após mistura, o teor encontrado nas determi
nações foi só de 1,7 mg/100 g, portanto a perda durante a
mesma foi de aproximadamente 78%.

A adição de gordura vegetal hidrogenada contribuiu
com 2,52 mg de tocoferol total/100 g de produto. Como já
fora descrito anteriormente a presença de tocoferol nos ali-
mentos é importante para evitar a oxidação dos ácidos gra-
xos polinsaturados (31).

ii. Efeito da fermentação

Na Tabela LV são apresentados os teores de vitami-
nas das esponjas e massas fermentadas e as mudanças que acon
teceram durante a fermentação das mesmas. A tiamina e ribo-
flavina tiveram aumentos de 20 e 36% respectivamente após a
fermentação. Esses aumentos podem ser devidos à multipl
cação celular das leveduras durante o estágio da esponja. Na
literatura(93) foram encontrados valores absolutos maiores
destas vitaminas nas massas fermentadas, devido à utiliza-
ção de farinhas fortificadas com níveis extras de várias vita
minas. Entretanto, nesses trabalhos também foram relatadas
porcentagens de aumentos próximas às encontradas nesta pes
quisa.

Na massa fermentada, foram detectadas diferenças nos
valores de três das quatro vitaminas analisadas, entretanto
os aumentos encontrados nas vitaminas do complexo B foram

TABELA LV

Efeito da fermentação no conteúdo de vitaminas das esponjas e massas feitas pelo método mas-
sa esponja

Vitamina	Esponja		% Variação	Massa		% Variação
	Misturada	Fermentada		Misturada	Fermentada	
	<u>mg/100 g base seca</u>			<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,25	0,30	+ 20	0,20	0,22	+ 10
Riboflavina	0,125	0,17	+ 36	0,10	0,12	+ 20
Vitamina C	--	--	--	1,70	1,20	- 29,4
Tocoferol total	--	--	--	2,52	2,47	- 2,0

menores que os da esponja fermentada. O teor de tocoferol manteve-se praticamente constante, porém a vitamina C teve perdas de cerca de 30%.

iii. Efeito do cozimento

Os teores de vitaminas do pão são mostrados na Tabela LVI. Durante o cozimento, houveram perdas de todas as vitaminas analisadas sendo que, as que sofreram as maiores perdas foram vitamina C e tiamina. Como já fora discutido anteriormente, estas duas vitaminas são as mais instáveis ao calor. Perdas ainda maiores foram relatadas na literatura para pães feitos pelos métodos convencionais (80, 90).

iv. Efeito do processamento

Na Tabela LVII podem ser observados o efeito do processamento global (fermentação e cozimento) no teor de vitaminas do pão. De acordo com esses resultados a perdas maiores foram de vitamina C, sendo que a tiamina e o tocoferol tiveram perdas menores, devido principalmente ao efeito positivo da fermentação. Por esse mesmo motivo, a riboflavina apresentou um pequeno acréscimo através do processamento principalmente devido ao grande aumento encontrado durante a fermentação da esponja. Esse fato também foi comprovado por outros pesquisadores (46).

TABELA LVI

Efeito do cozimento no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa esponja

Vitamina	Massa Fermentada	Pão	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,22	0,17	- 22,7
Riboflavina	0,12	0,11	- 8,3
Vitamina C	1,20	0,70	- 41,6
Tocoferol	2,47	2,15	- 13,0

TABELA LVII

Efeito do processamento global no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo método massa esponja

Vitamina	Massa Misturada	Pão	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,20	0,17	- 15,0
Riboflavina	0,10	0,11	+ 10,0
Vitamina C	1,70	0,70	- 59,0
Tocoferol total	2,52	2,15	- 14,7

3. Processo Chorleywood

O processo Chorleywood é um dos processos mecânicos desenvolvidos alguns anos atrás e que está sendo utilizado atualmente por numerosas indústrias de panificação no Brasil. Por este motivo, foi escolhido para comparação com os processos convencionais, analisados anteriormente.

Foram estudadas as variações dos nutrientes nas diferentes etapas do processo e os resultados são apresentados a seguir.

a. Composição centesimal

Foram analisados os efeitos da formulação, fermentação, cozimento e processamento global (fermentação e cozimento) na composição centesimal das massas e do pão.

i. Efeito da formulação

A composição química da farinha e da massa misturada, assim como, a porcentagem de variação dos nutrientes são mostrados na Tabela LVIII. Pode observar-se nesta tabela que os teores de lipídios e cinzas foram aumentados devido à adição de gordura vegetal hidrogenada e sal. Os valores de proteína e carboidratos foram diminuídos devido ao efeito de diluição dos outros ingredientes.

TABELA LVIII

Efeito da formulação na variação da composição centesimal das massas¹ feitas pelo processo Chorleywood

Componentes	Farinha %	Massa Misturada %	% Variação
Proteína (N x 5,7)	12,80	12,80	- 4,6
Lipídios	2,0	5,12	+ 156
Cinzas	0,60	1,86	+ 210
Carboidratos ²	84,60	80,72	- 4,6

TABELA LIX

Efeito da fermentação na variação da composição centesimal das massas¹ feitas pelo processo Chorleywood

Componentes	Massa		Variação %
	Misturada %	Fermentada %	
Proteína (N x 5,7)	12,30	12,28	0
Lipídios	5,12	5,13	0
Cinzas	1,86	1,88	0
Carboidratos	80,72	80,74	0

1 Expressos em g/100 g de produto na base seca

2 Calculados por diferença

ii. Efeito da fermentação

Os valores da composição centesimal encontrados para as massas misturadas e fermentadas são apresentados na Tabela LIX. Durante a fermentação não foram observadas diferenças na composição centesimal devido principalmente a que, neste método, esse tempo é curto.

iii. Efeito do cozimento

A composição centesimal do pão e as variações devidas ao cozimento podem ser observadas na Tabela LX. Durante este período, os nutrientes do pão sofreram pequenas modificações em relação as massas fermentadas, conforme mostrado nesta tabela. Os valores de proteína foram ligeiramente inferiores após cozimento, devido à participação de alguns aminoácidos na formação da cor da crosta e aroma do pão por reação de Maillard (41).

Chamberlain et al. (15) observaram valores aproximados de composição centesimal nos pães feitos com farinhas do tipo mole pelo processo Chorleywood.

iv. Efeito do processamento global

Na Tabela LXI pode ser observado que o processamento praticamente não afetou a composição centesimal do pão. As

TABELA LX

Efeito do cozimento na variação da composição centesimal do pão¹ feito pelo processo Chorleywood

Componentes	Massa Fermentada %	Pão %	% Variação
Proteína (N x 5,7)	12,28	11,90	- 3,3
Lipídios	5,13	5,15	0
Cinzas	1,88	1,78	- 4,3
Carboidratos ²	80,71	81,17	+ 2,0

1 Expressos em g/100 g base seca

2 Calculados por diferença

TABELA LXI

Efeito do processamento global na variação da composição centesimal do pão¹ feito pelo processo Chorleywood

Componentes	Massa Misturada %	Pão %	% Variação
Proteína	12,30	11,90	- 3,2
Lipídios	5,12	5,15	0
Cinzas	1,86	1,78	- 4,3
Carboidratos ²	80,72	81,17	+ 2,0

1 Expressos em g/100 g base seca

2 Calculados por diferença

pequenas perdas devem-se somente ao efeito do cozimento.

b. Aminoácidos

Os teores de aminoácidos e as variações devidas ao efeito da formulação, fermentação, cozimento e processamento global foram determinados nas massas e no pão.

i. Efeito da formulação

A composição em aminoácidos da massa após mistura, assim como da farinha original são apresentadas na Tabela LXII. Conforme mostrado na tabela, a composição em aminoácidos da massa é diferente da farinha, e como já fora discutido anteriormente devido à adição dos ingredientes. Os aminoácidos que aumentaram em ordem decrescente foram cistina, lisina, serina, ácido aspártico, arginina e treonina. Entretanto, os que diminuíram foram, principalmente, isoleucina, valina e ácido glutâmico, sendo que estas mudanças foram pequenas.

ii. Efeito da fermentação

Os teores de aminoácidos das massas fermentadas podem ser observadas na Tabela LXIII. Durante a fermentação

TABELA LXII

Efeito da formulação sobre a composição de aminoácidos das massas¹ feitas pelo processo Chorleywood

Aminoácido	Farinha	Massa Misturada	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,53	1,84	+20,3
Treonina	2,09	2,31	+10,5
Valina	3,83	3,62	- 5,5
Isoleucina	3,05	2,80	- 8,1
Leucina	6,04	6,47	+ 7,1
Fenilalanina	4,00	4,07	+ 1,8
Metionina	1,08	1,12	+ 3,7
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,49	1,58	+ 6,0
Arginina	2,66	2,96	+11,3
Ácido aspártico	3,23	3,83	+18,6
Ácido glutâmico	41,90	39,70	- 5,3
Prolina	11,50	11,90	+ 3,5
Glicina	3,20	3,40	+ 6,3
Alanina	2,70	2,83	+ 4,8
Cistina (1/2)	0,88	1,36	+54,5
Tirosina	2,45	2,40	- 2,0
Serina	3,84	4,60	+19,8
Amonia	4,50	3,36	-25,3

1 Os dados foram calculados em g/16 g de N/100 de aminoácido recuperado

TABELA LXIII

Efeito da fermentação sobre a composição em aminoácidos das massas feitas pelo processo Chorleywood

Aminoácidos	Massa ¹		%
	Misturada	Fermentada	
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,84	1,75	- 4,9
Treonina	2,31	2,39	+ 3,5
Valina	3,62	3,30	- 8,8
Isoleucina	2,80	2,74	- 2,1
Leucina	6,47	6,22	- 3,9
Fenilalanina	4,10	3,93	- 4,1
Metionina	1,12	1,12	0
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,58	1,52	- 3,8
Arginina	2,96	2,84	- 4,0
Ácido glutâmico	39,70	40,30	+ 1,5
Ácido aspártico	3,83	3,46	- 9,7
Prolina	11,90	11,20	- 5,9
Glicina	3,40	3,40	0
Alanina	2,83	2,84	0
Cistina (1/2)	1,36	1,60	+17,6
Tirosina	2,40	2,63	+ 9,6
Serina	4,60	4,60	0
Amonia	3,36	4,18	+24,4

¹ Os resultados foram expressos em g/16 g de N/100 de aminoácido recuperado.

das massas, os valores da cistina (1/2) que foram aumentados durante a formulação, continuaram aumentando ainda mais durante a fermentação. Outros aminoácidos variaram ligeiramente ou permaneceram constantes devido ao curto tempo de fermentação, característico dos processos mecânicos.

iii. Efeito do cozimento

Na Tabela LXIV são mostradas a composição em aminoácidos do pão e as variações que aconteceram após cozimento. Comparando os resultados da composição em aminoácidos do pão e suas respectivas massas fermentadas, encontramos que a maioria deles diminuíram após cozimento. Os que tiveram maiores variações foram: lisina, valina, histidina e tirosina, com perdas aproximadas de 17, 13, 19 e 9%, respectivamente. O único aminoácido que apresentou um valor positivo após cozimento foi a cistina (1/2), a qual encontrou-se aumentada no pão num nível aproximado de 20%. As causas do aumento deste aminoácido foram discutidas anteriormente nos resultados das análises dos aminoácidos dos métodos convencionais. Acreditamos que as mesmas possam ser aplicadas neste caso.

iv. Efeito do processamento global

Durante o processamento, houveram perdas principal-

TABELA LXIV

Efeito do cozimento sobre a composição em aminoácidos do
pão¹ feito pelo processo Chorleywood

Aminoácido	Massa Fermentada	Pão	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,75	1,44	-17,7
Treonina	2,40	2,30	- 3,2
Valina	3,30	3,743	
Isoleucina	2,74	2,83	+ 3,3
Leucina	6,22	6,14	- 1,3
Fenilalanina	3,90	4,10	+ 3,8
Metionina	1,12	1,10	0
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,52	1,37	- 9,8
Arginina	2,84	2,73	- 3,9
Ácido aspártico	3,46	3,45	- 3,2
Ácido glutâmico	40,30	40,40	0
Prolina	11,30	11,50	+ 2,8
Glicina	3,40	3,30	- 2,3
Alanina	2,86	2,80	- 2,0
Cistina (1/2)	1,60	1,93	+20,6
Tirosina	2,63	2,40	- 9,1
Serina	4,60	4,26	- 7,2
Amonia	4,18	4,25	+ 1,7

1 Os resultados foram calculados em g/16 g de N/100 de aminoácido recuperado.

TABELA LXV

Efeito do processamento global sobre a composição em aminoácidos do pão¹ feito pelo processo Chorleywood

Aminoácidos	Massa Misturada	Pão	% Variação
<u>Indispensáveis</u>			
Lisina	1,84	1,44	-21,7
Treonina	2,31	2,30	0
Valina	3,62	3,74	+ 3,2
Isoleucina	2,80	2,83	+ 1,2
Leucina	6,47	6,14	- 5,1
Fenilalanina	4,07	4,10	0
Metionina	1,12	1,10	- 1,7
<u>Dispensáveis</u>			
Histidina	1,58	1,37	-13,3
Arginina	2,96	2,73	- 7,7
Ácido aspártico	3,83	3,35	-12,5
Ácido glutâmico	39,70	40,40	+ 1,8
Prolina	11,90	11,50	- 3,3
Glicina	3,40	3,30	- 2,9
Alanina	2,83	2,80	- 1,2
Cistina (1/2)	1,36	1,93	+42,0
Tirosina	2,40	2,40	0
Serina	4,60	4,26	- 7,4
Amonia	3,36	4,25	+26,5

1 Os resultados foram calculados em g/16 g de N/100 g de aminoácido recuperado.

mente no conteúdo dos aminoácidos básicos e do ácido aspártico, como se pode observar na Tabela LXV. Além destas mudanças pode também notar-se um aumento da cistina (1/2). Este aminoácido, apresentou acréscimos em todas as etapas do processo.

c. Açúcares

Foram determinados os açúcares totais e redutores das massas e do pão feito pelo processo Chorleywood. Os efeitos da formulação, fermentação e cozimento além do efeito total do processamento sobre o conteúdo de açúcares são apresentados a seguir.

i. Efeito da formulação

Durante a mistura das massas, houveram modificações do conteúdo de açúcares totais e redutores como pode ser observado na Tabela LXVI. O teor dos açúcares aumentou consideravelmente devido à inclusão de 5% de sacarose na formulação das massas.

ii. Efeito da fermentação

A mudança dos açúcares após fermentação, assim como

TABELA LXVI

Efeito da formulação no conteúdo de açúcares totais e redutores das massas¹ feitas pelo processo Chorleywood

Componente	Farinha %	Massa Misturada %	% Variação
Açúcares totais	1,95	7,80	+300
Açúcares redutores	0,63	5,47	+768

1 Os resultados foram expressos em % base seca

TABELA LXVII

Efeito da fermentação no conteúdo de açúcares totais e re-
dutores das massas feitas pelo processo Chorleywood

Componente	Massa ¹		% Variação
	Misturada %	Fermentada %	
Açúcares totais	7,80	5,45	- 30,1
Açúcares redutores	5,47	3,11	- 43,1

1 Os resultados foram expressos em % na base seca

TABELA LXVIII

Efeito do cozimento no conteúdo de açúcares totais e reductores do pão¹ feito pelo processo Chorleywood

Componente	Massa Fermentada %	Pão %	% Variação
Açúcares totais	5,45	5,45	0
Açúcares reductores	3,11	3,27	+ 4,9

1 Os resultados foram expressos em % na base seca

o conteúdo de açúcares totais e redutores das massas fermentadas são apresentadas na Tabela LXVII. O conteúdo de açúcares das massas fermentadas, de acordo com o esperado, foi menor que o das massas misturadas. A diminuição foi de aproximadamente 30% para açúcares totais e 43% para açúcares redutores.

ii. Efeito do cozimento

O conteúdo de açúcares totais e redutores do pão é apresentado na Tabela LXVIII. Após cozimento, observa-se um ligeiro aumento no teor de açúcares redutores. Isto pode ser explicado devido ao aumento da atividade enzimática, nos primeiros minutos do cozimento. Esta ação, sobre o amido parcialmente gelatinizado, produziu açúcares redutores fermentáveis, os quais foram parcialmente utilizados nas diferentes reações que acontecem no forno.

iv. Efeito do processamento global

As mudanças observadas através do processamento, conforme mostrado na Tabela LXIX, são devidas principalmente ao consumo de açúcares durante a fermentação. Observa-se também que as perdas foram maiores para os açúcares redutores, tanto na fermentação como no cozimento.

TABELA LXIX

Efeito do processamento global no conteúdo de açúcares totais e redutores do pão¹ feito pelo processo Chorleywood

Componente	Massa Misturada %	Pão %	% Variação
Açúcares totais	5,47	3,27	-40,2
Açúcares redutores	7,80	5,45	-30,1

1 Os resultados foram expressos em % na base seca

d. Ácidos graxos

A composição em ácidos graxos das massas e do pão foram estudadas através do processo Chorleywood. O efeito da formulação, fermentação, cozimento e processamento global são apresentadas a seguir.

i. Efeito da formulação

A composição em ácidos graxos dos lipídios das massas misturadas e as mudanças em relação aos da farinha são apresentadas na Tabela LXX e na Figura 11. Nas massas misturadas, os ácidos oléico e esteárico se encontram aumentados em aproximadamente 290% e 1500% respectivamente, devido à adição de gordura vegetal hidrogenada. A diminuição do ácido linoléico nas massas foi de 62%. A grande diminuição do ácido linoléico provavelmente possa ser atribuída, além do efeito diluente da gordura vegetal, à maior incorporação de oxigênio na mistura à alta velocidade, o que poderia ter levado a uma oxidação das duplas ligações deste ácido.

ii. Efeito da fermentação

Quando comparados os níveis dos ácidos graxos das massas misturadas e fermentadas, encontrou-se um aumento do ácido palmitoléico e uma pequena diminuição do ácido lino-

TABELA LXX

Efeito da formulação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo processo Chorleywood

Ácido graxo	Farinha	Massa Misturada	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	--	0,24	--
Ácido palmítico (C _{16:0})	18,2	16,1	-11,5
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	--	0,70	--
Ácido esteárico (C _{18:0})	0,50	8,30	+1560
Ácido oléico (C _{18:1})	12,40	48,95	+ 294
Ácido linoléico (C _{18:2})	63,9	24,2	-62,1
Ácido linolênico (C _{18:3})	4,83	1,33	-72,5

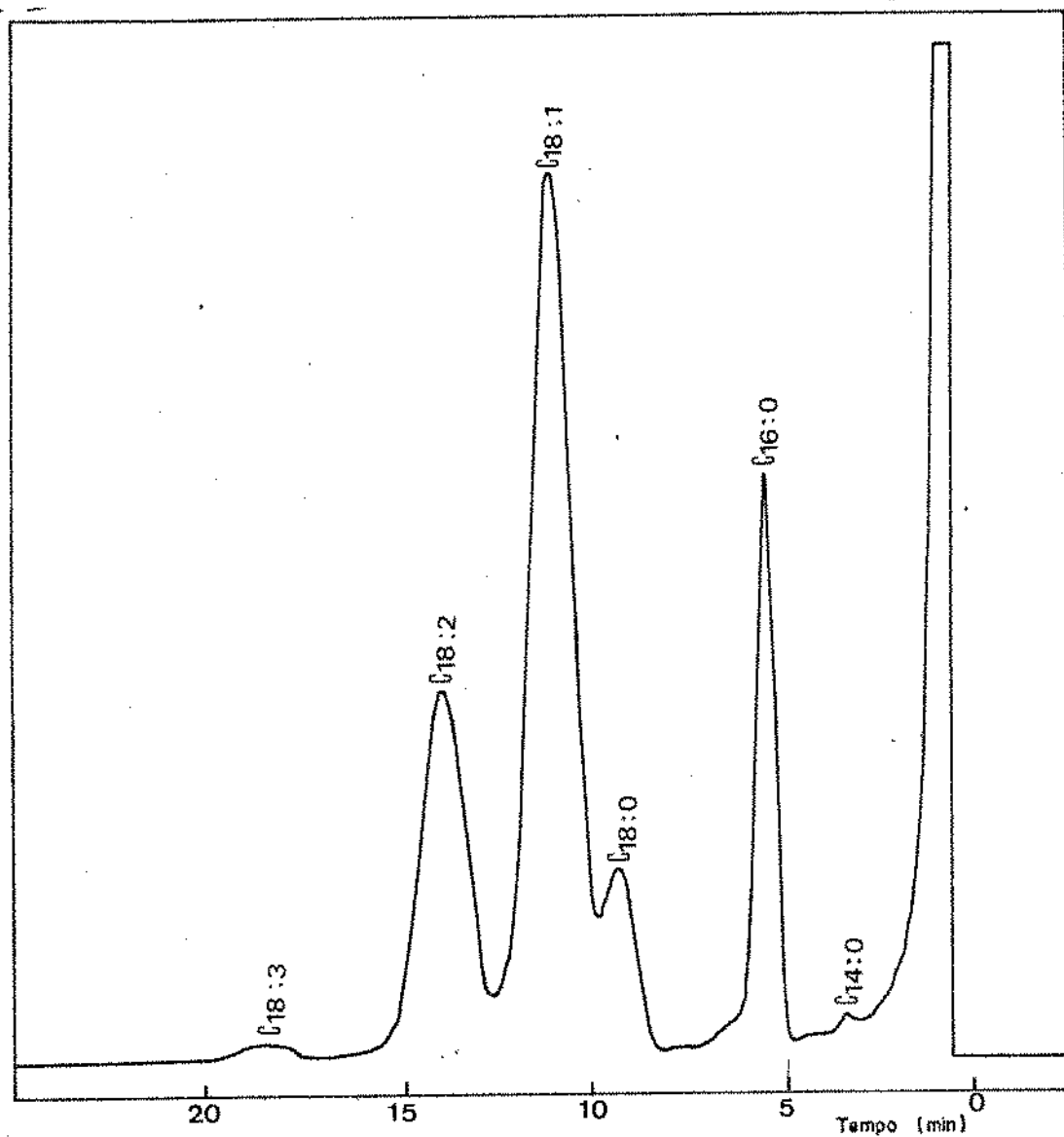


Figura 11. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa misturada pelo processo Chorleywood.

TABELA LXXI

Efeito da fermentação na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios da massa feita pelo processo Chorleywood

Ácido graxo	Massa		% Variação
	Misturada	Fermentada	
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	0,24	0,66	+ 175
Ácido palmítico (C _{16:0})	16,10	17,20	+ 6,8
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	0,70	1,25	+78,5
Ácido esteárico (C _{18:0})	8,3	8,5	+ 2,4
Ácido oléico (C _{18:1})	48,95	49,24	0
Ácido linoléico (C _{18:2})	24,20	21,76	-10,0
Ácido linolênico (C _{18:3})	1,33	1,22	- 8,3

léico, como pode ser observado na Tabela LXXIe na Figura 12. O ácido mirístico teve um aumento bastante notório. Entretanto, esse ácido encontra-se em quantidades muito pequenas quando comparados com os ácidos graxos principais.

iii. Efeito do cozimento

A composição em ácidos graxos do pão é apresentada na Tabela LXXIIe na Figura 13. O nível de ácido oléico, que praticamente manteve-se constante durante a fermentação da massa, apresentou uma diminuição no pão, provavelmente devido à influência da temperatura de cozimento. O mesmo aconteceu com o ácido linoléico, o qual apresentou uma diminuição de 12% em relação à massa fermentada. A diminuição destes ácidos levou a um aumento nos níveis dos ácidos palmítico, palmitoléico e ainda do ácido mirístico. Este último, do nível mínimo que foi encontrado na massa, aumentou para aproximadamente 2% no pão.

Phillips et al. (71), analisando o conteúdo de ácidos graxos de produtos de panificação, não encontraram diferenças nos mesmos antes e depois do cozimento. Entretanto, outros pesquisadores (99) encontraram decréscimos nos teores dos ácidos graxos polienólicos em produtos feitos com óleo de milho.

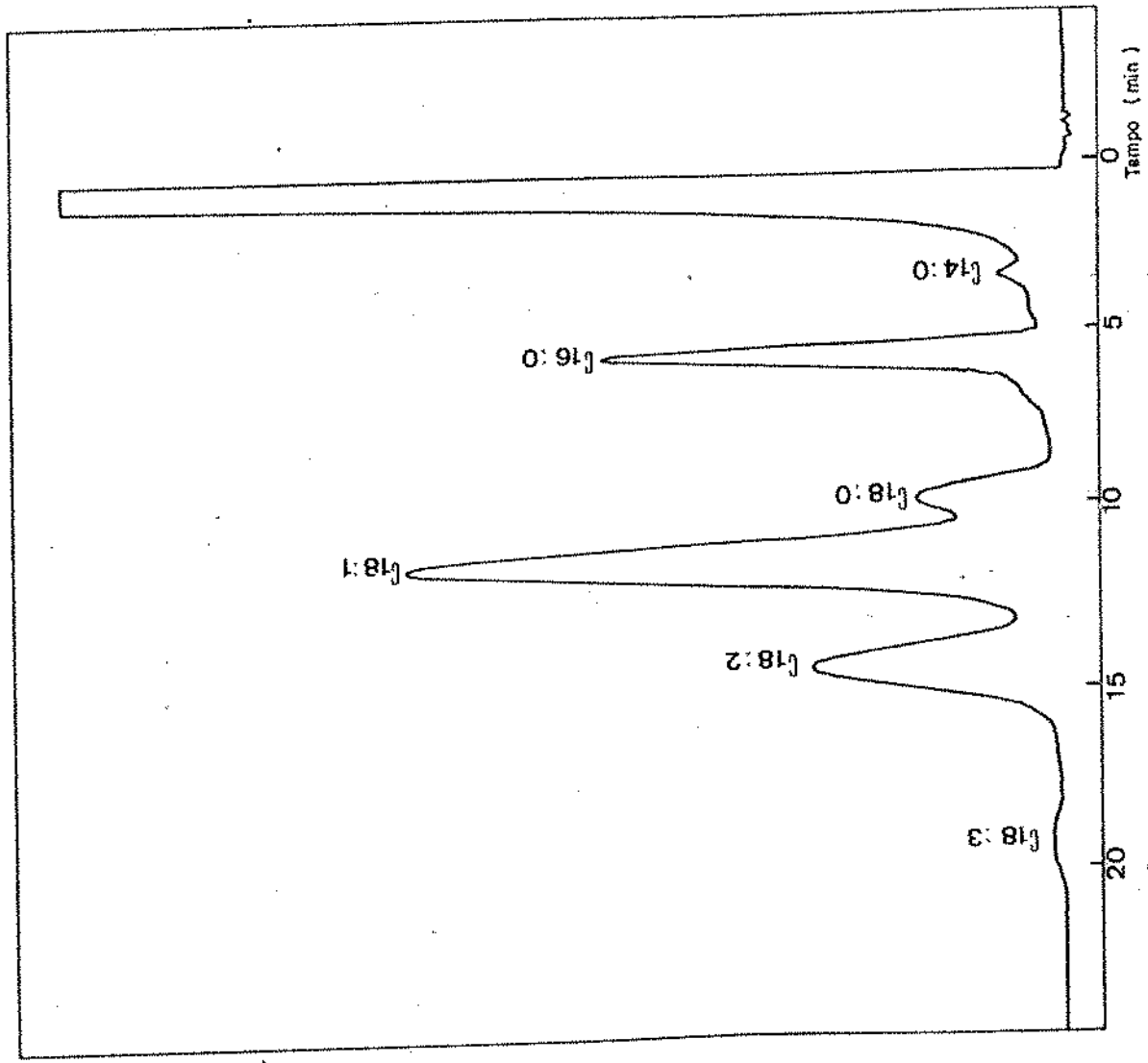


Figura 12. Ésteres metílicos dos ácidos graxos da massa fermentada pelo processo Chorleywood.

TABELA LXXII

Efeito do cozimento na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo processo Chorleywood

Ácido graxo	Massa Fermentada	Pão	% Variação
	<u>% do total de ácidos graxos</u>		
Ácido mirístico (C _{14:0})	0,66	2,26	+ 242
Ácido palmítico (C _{16:0})	17,2	21,8	+ 26,7
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	1,25	2,60	+ 108
Ácido esteárico (C _{18:0})	8,50	8,00	- 5,9
Ácido oléico (C _{18:1})	49,24	44,17	- 10,3
Ácido linoléico (C _{18:2})	21,76	19,00	- 12,7
Ácido linolênico (C _{18:3})	1,22	1,63	+ 33,6

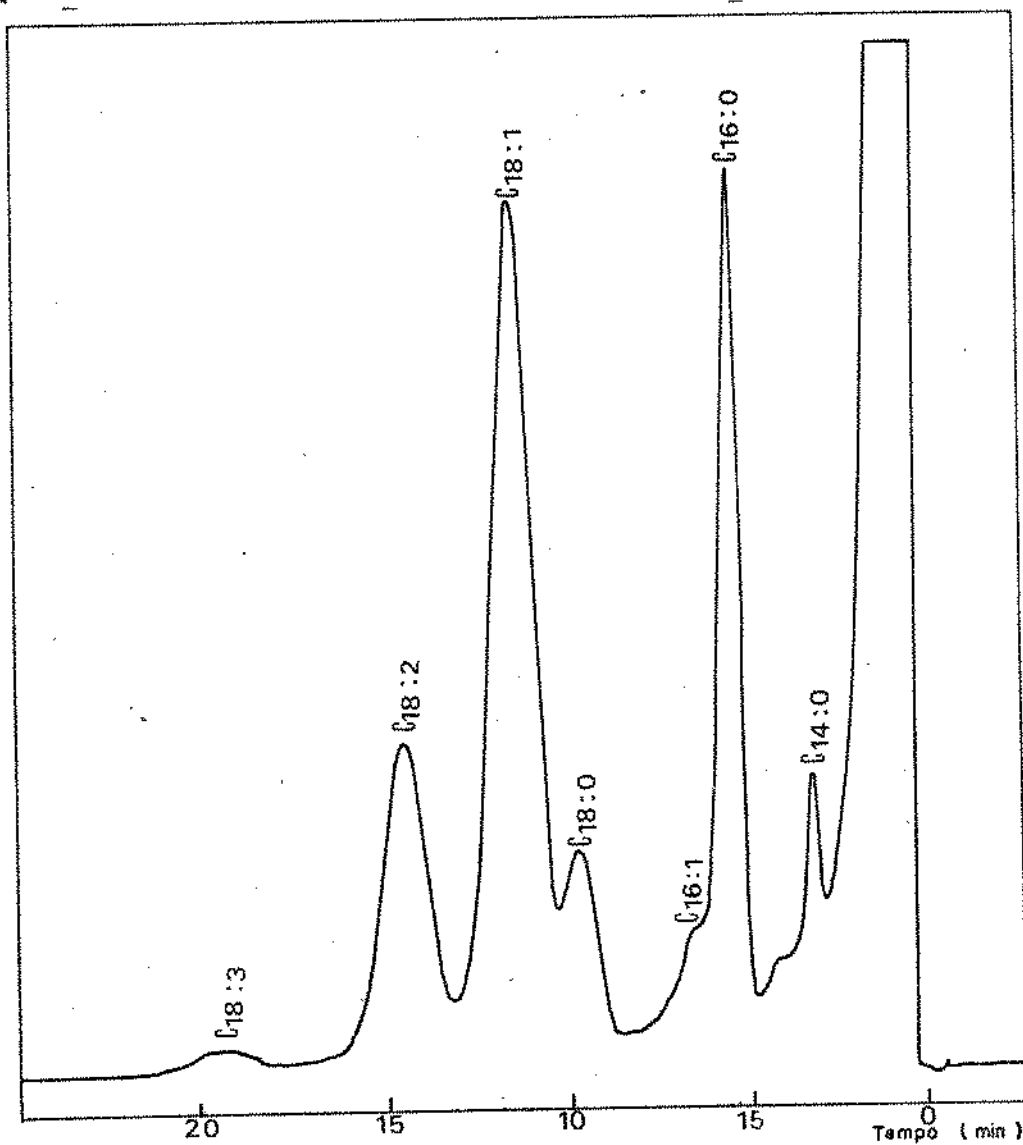


Figura 13. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão feito pelo processo Chorleywood.

TABELA LXXIII

Efeito do processamento global na variação da composição em ácidos graxos dos lipídios do pão feito pelo processo Chorleywood

Ácido graxo	Massa Misturada	Pão	% Variação
	% do total de ácidos graxos		
Ácido mirístico (C _{14:0})	0,24	2,26	+ 841,0
Ácido palmítico (C _{16:0})	16,10	21,80	+ 26,1
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	0,70	2,60	+ 271,0
Ácido esteárico (C _{18:0})	8,30	8,00	- 3,6
Ácido oléico (C _{18:1})	48,95	44,17	- 9,7
Ácido linoléico (C _{18:2})	24,23	19,0	- 21,6
Ácido linolênico (C _{18:3})	1,33	1,63	+ 22,5

iv. Efeito do processamento global

O efeito global do processamento é apresentado na Tabela LXXIII. Como pode ser observado nesta tabela, os ácidos graxos que apresentaram aumentos através do processamento foram os de cadeias menores (mirístico, palmítico e palmitolêico). No entanto, o ácido que apresentou perdas maiores foi o linolêico.

d. Vitaminas

i. Efeito da formulação

O conteúdo de vitaminas das massas misturadas, assim como a variação das mesmas em relação à farinha, são mostradas na Tabela LXXIV. Como pode observar-se na tabela, a adição de fermento aumenta os conteúdos das vitaminas do complexo B, tiamina e riboflavina. Na composição química da levedura foram encontrados teores de tiamina de cerca de 10 mg/100 g de matéria seca e aproximadamente 5 mg/100 g de riboflavina (96). Assim, esses altos teores justificam a fortificação das massas misturadas com estas vitaminas.

A adição de vitamina C na formulação foi de 8 mg/100 g. Após mistura foi observado um teor de apenas 3,35mg/100 g. Assim, houve uma perda de aproximadamente 58% nas massas misturadas. Isto é facilmente explicável pela alta ins

TABELA LXXIV

Efeito da formulação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo processo Chorleywood

Vitamina	Farinha	Massa Misturada	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,13	0,18	+ 38,0
Riboflavinã	0,052	0,10	+ 92,0
Vitamina C	--	3,35	--
Tocoferol total	--	2,52	--

tabilidade desta vitamina às condições de processamento empregadas (calor, aeração, luz, etc.) (31). A presença de 2,52 mg/100g de tocoferol nas massas misturadas deve-se à adição de gordura vegetal hidrogenada na formulação.

ii. Efeito da fermentação

A Tabela LXXV mostra os valores das vitaminas das massas fermentadas e a variação em relação às massas misturadas. Durante a fermentação houve um ligeiro aumento no teor de tiamina e riboflavina. Estes aumentos podem ser atribuídos à curta duração da operação de fermentação apresentada por este processo.

O teor de vitamina C também foi menor nas massas fermentadas que nas massas misturadas, sendo que a perda foi de aproximadamente 13%. O nível de tocoferol total não teve mudanças após fermentação.

iii. Efeito do cozimento

Na Tabela LXXVI são apresentados os teores das vitaminas presentes no pão e as mudanças que aconteceram nos mesmos após o cozimento. Conforme mostrado na tabela, todas as vitaminas analisadas apresentaram diminuição após cozimento, quando comparados com os níveis apresentados pelas

TABELA LXXV

Efeito da fermentação no conteúdo de vitaminas das massas feitas pelo processo Chorleywood

Vitamina	Massa		% Variação
	Misturada	Fermentada	
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,18	0,20	+11,0
Riboflavina	0,10	0,11	+10,0
Vitamina C	3,35	2,90	-13,4
Tocoferol	2,52	2,48	- 1,5

TABELA LXXVI

Efeito do cozimento no conteúdo de vitaminas do pão feito pelo processo Chorleywood

Vitamina	Massa Fermentada	Pão	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,20	0,15	-25,0
Riboflavina	0,11	0,09	-18,0
Vitamina C	2,90	1,00	-65,5
Tocoferol total	2,48	2,15	-13,3

massas fermentadas. As perdas maiores foram encontradas na vitamina C (cerca de 65%).

Chamberlain et al. (15), analisando amostras de pão, encontrou que os conteúdos de vitamina C no pão são muito pequenos e em alguns casos há perda total da quantidade adicionada.

A tiamina mostrou perdas de aproximadamente de 25% no pão, sendo que a riboflavina e o tocoferol total apresentaram decréscimos menores.

iv. Efeito global do processamento

A Tabela LXXVII mostra o efeito global do processo Chorleywood sobre os teores de vitaminas do pão. Como pode ser observado na tabela o processamento afetou negativamente os teores das vitaminas estudadas.

A vitamina C sofreu perdas em todas as etapas do processo. Tendo sido a vitamina que apresentou o valor mais negativo através do processamento global (-70%). Entretanto, considerando o valor inicial adicionado na formulação, o valor real de perdas foi de 90%. Assim, a adição dessa vitamina no pão só tem funções tecnológicas e não contribui para aumentar o valor nutricional do mesmo.

As perdas de tiamina, riboflavina e tocoferol total foram muito semelhantes. Os decréscimos menores, no caso das primeiras, deve-se aos aumentos das mesmas durante a

TABELA LXXVII

Efeito do processamento global no conteúdo de vitaminas do
pão feito pelo processo Chorleywood

Vitamina	Massa Misturada	Pão	% Variação
	<u>mg/100 g base seca</u>		
Tiamina	0,18	0,15	-16,6
Riboflavina	0,10	0,09	-11,0
Vitamina C	3,35	1,0	-70,0
Tocoferol total	2,52	2,15	-14,6

fermentação. Através do processo, a riboflavina mostrou ser uma das mais resistentes. Esses resultados foram também relatados por outros pesquisadores (90), analisando vitaminas nas massas e pão feito por métodos mecânicos.

C. VARIAÇÕES DOS NUTRIENTES EM FUNÇÃO DOS MÉTODOS DE PROCESSAMENTO

Foram analisadas as variações dos conteúdos de nutrientes através dos processos convencionais massa direta e massa esponja e do processo Chorleywood de desenvolvimento mecânico da massa.

1. Variação na composição centesimal

Na Tabela LXXVIII são mostradas as variações da composição centesimal através dos três processos citados.

a. Efeito da formulação

Após a formulação e mistura, observou-se uma pequena diminuição dos teores de proteína e carboidratos nos métodos convencionais, sendo que no método massa direta, a diminuição de proteína foi ligeiramente superior. Os conteúdos de lipídios e cinzas aumentaram acima de 100% em ambos

TABELA LXXVIII

Variação da composição centesimal através dos métodos massa direta, massa esponja e do processo Chorleywood

Componentes	Massa Direta			Massa Esponja			Chorleywood			
	Formulação	Fermentação	Cozimento	Formulação	Fermentação	Cozimento	Formulação	Fermentação	Cozimento	
	cão	cão	global	cão	cão	global	cão	cão	global	
Proteína	-8,3	+2,5	+1,5	+4,0	-4,7	0	0	0	0	-3,2
Lípidos	+140	+2,0	+2,0	+4,1	+160	+3,0	+1,8	2,5	0	0
Cinzas	+190	+3,4	-1,1	+2,2	+266	0	-5,0	-5,0	+210	-4,3
Carboidratos	-2,8	-1,2	0	-1,5	-5,0	0	0	0	-4,6	-2,0

os métodos, como resultado da adição dos ingredientes.

O processo Chorleywood apresentou mudanças semelhantes aos métodos convencionais na sua composição centesimal.

b. Efeito da fermentação

A fermentação mostrou pequenas variações na composição centesimal das massas feitas pelos métodos convencionais. Essas variações foram ligeiramente superiores para as massas feitas pelo método massa direta, no qual o tempo de fermentação da massa foi maior que no método massa esponja. Neste último, o tempo total de processamento é maior. Entretanto, grande parte do tempo é gasto na fermentação da esponja. Para os efeitos de comparação entre ambos os métodos, só consideramos a etapa de fermentação da massa, o qual foi de 60 minutos para o método massa esponja.

No processo Chorleywood não foram encontradas variações após a fermentação das massas.

c. Efeito do cozimento

As variações encontradas na composição centesimal após o cozimento das massas, não foram significativas nos três métodos pesquisados.

d. Efeito do processamento global

O processamento global não afetou a composição centesimal dos pães feitos pelos métodos convencionais e pelo processo Chorleywood.

2. Variação na composição em aminoácidos

As mudanças do teor de aminoácidos através dos métodos massa direta, massa esponja e processo Chorleywood são apresentados na Tabela LXXIX.

a. Efeito da formulação

A formulação e a mistura das massas modificaram os conteúdos da maioria dos aminoácidos nos três métodos estudados.

As variações foram diferentes entre os métodos convencionais. No método massa direta, o aminoácido indispensável que teve o maior aumento foi a lisina, entre os indispensáveis, o ácido aspártico.

No método massa esponja, entretanto, o acréscimo de lisina foi menor e o principal aumento foi observado para a cistina (1/2).

Em geral, os aumentos em todos os aminoácidos, após formulação, foram maiores no método massa direta que no mé-

TABELA LXXIX

Varição da composição em aminoácidos através dos métodos massa direta, massa esponja e do processo Chorleywood

Aminoácidos	Massa Direta			Massa Esponja			Chorleywood					
	Formu- ção	Fermenta- ção	Cozimen- to	Processa- mento global	Formu- ção	Fermenta- ção	Cozimen- to	Processa- mento global	Formu- ção	Fermenta- ção	Cozimen- to	Processa- mento global
<u>Indispensáveis</u>												
Lisina	+28	+12,2	-14,5	-4,1	+9,8	+1,8	-13,5	-11,9	+20,3	-4,9	-17,7	-21,7
Treonina	+22	-1,5	0	0	+2,4	+6,0	+1,3	+7,5	+10,5	+3,5	-3,2	0
Valina	-2,3	-4,0	+2,3	+7,2	-5,2	+13,5	-5,8	+6,9	-5,5	-8,6	-13,0	+3,20
Metionina	+21,3	+2,8	-12,5	-10	-3,7	+11,5	0	+10,5	+3,7	0	0	0
Isoleucina	+18,0	+2,8	0	+1,9	-9,0	-7,4	+20	+9,9	-8,1	-2,1	+3,3	+1,0
Leucina	+9,3	0	0	0	-5,5	+7,0	+3,0	+10,0	+7,1	-3,8	-1,3	-5,1
Fenilalanina	-1,5	-2,3	0	-4,5	-3,0	+5,6	0	+7,2	+1,8	-4,1	+3,8	0
<u>Dispensáveis</u>												
Histidina	+19,4	+7,3	-7,3	0	+1,3	+5,9	-2,5	+3,3	+6,0	-3,8	-9,8	-13,3
Arginina	+22,5	-1,7	-7,6	-9,2	-10,5	+19,3	-22,5	-7,5	+11,3	-4,0	-3,9	-7,7
Ácido aspártico	+46,1	-2,4	-3,7	-6,0	0	+1,2	+4,5	+5,8	+18,6	-9,6	-3,2	-12,5
Ácido glutâmico	-7,5	-1,9	+1,8	0	+7,6	-7,3	0	-7,7	-5,3	+1,6	0	+1,8
Prolina	-11,1	-5,0	0	-9,7	-13,9	+10,6	-5,0	+5,0	+3,5	-5,9	+2,8	-3,3
Glicina	+5,0	+3,2	-5,7	-2,9	-3,1	+8,0	0	+8,0	+3,5	-0	+2,3	-2,9
Alanina	+16,6	+4,1	+5,5	+6,6	-8,5	+18,2	-6,8	+10,1	+4,8	0	-2,0	0
Cistina (1/2)	+26,1	+8,1	-4,1	+2,7	+50	0	-19,2	-17,4	+54,5	+17,6	+20,6	+42,0
Tirosina	+9,3	+9,5	-18,8	-5,7	-3,6	+16,5	0	+16,5	-2,0	+9,6	-9,1	0
Serina	+3,1	0	0	0	-1,8	0	+5,3	+6,1	+19,8	0	-7,2	-7,4

todo massa esponja. A adição dos ingredientes neste último é feita em duas etapas. Portanto, provavelmente, a adição de parte da farinha no segundo estágio, afete negativamente os aumentos dos teores da maioria dos aminoácidos.

No processo Chorleywood, observaram-se aumentos de lisina ligeiramente inferiores aos do método massa direta e o aumento principal foi da cistina (1/2) ao mesmo nível que no método massa esponja.

b. Efeito da fermentação

Durante a fermentação das massas, foram evidenciados aumentos nos conteúdos de alguns aminoácidos, principalmente nas massas fermentadas pelos métodos convencionais. No método massa direta, o aumento principal foi da lisina. Entretanto, no método massa esponja, só foram observados aumentos de valina e metionina, entre os aminoácidos indispensáveis. No entanto, os aumentos principais foram encontrados entre os aminoácidos dispensáveis.

No processo Chorleywood, as variações foram menores devido ao menor tempo de fermentação deste processo.

c. Efeito do cozimento

A etapa de cozimento, diminui o conteúdo da maioria dos aminoácidos em todos os métodos analisados.

No método massa direta, observou-se perdas principalmente de lisina, metionina e tirosina. No entanto, no método massa esponja, as diminuições foram nos aminoácidos, lisina, arginina e cistina.

No processo Chorleywood, as perdas de lisina foram ligeiramente maiores que nos processos convencionais.

d. Efeito do processamento global

O processamento global do pão pelo método massa direta afetou negativamente o teor dos aminoácidos metionina, prolina e arginina, principalmente, sendo que as outras mudanças foram pequenas. No método massa esponja, as perdas maiores foram de cistina (1/2) e lisina, e menores do ácido glutâmico e arginina. Os outros aminoácidos apresentaram acréscimos através do processamento,

No processo Chorleywood, as perdas maiores foram de lisina, histidina, e ácido aspártico, sendo que os outros aminoácidos tiveram perdas menores ou permaneceram constantes, exceto a cistina (1/2), a qual apresentou um aumento de 42%.

Como pode observar-se, o processamento diminuiu principalmente os aminoácidos básicos. O processo Chorleywood apresentou as maiores perdas de lisina e um aumento de cistina (1/2).

3. Variação no conteúdo de açúcares

a. Efeito da formulação

A variação do teor de açúcares totais e redutores através dos três processos de panificação é mostrada na Tabela LXXX. A formulação das massas aumentou consideravelmente o teor de açúcares totais e redutores devido à adição de 5% de sacarose na formulação dos três métodos. Portanto, todos eles apresentaram os mesmos níveis de acréscimos.

b. Efeito da fermentação

O consumo de açúcares após fermentação mostrou-se diferente nos dois métodos convencionais. No método massa direta, houve um maior consumo de açúcares totais e redutores. Entretanto, no método massa esponja, a diminuição dos mesmos foi pequena.

A diminuição dos açúcares totais e redutores no processo Chorleywood foi menor do que no método massa direta.

c. Efeito do cozimento

Após cozimento, houveram aumentos nos teores de açúcares totais e redutores nos métodos convencionais. O au-

TABELA LXXX

Variação do conteúdo de açúcares totais e redutores através dos métodos massa direta e massa esponja e do processo Chorleywood

Componentes	Massa Direta		Massa Esponja		Chorleywood							
	Formulação	Processamento global	Formulação	Processamento global	Formulação	Processamento global						
Açúcares totais	+277	-66,2	+20	-60	+300	-37,2	+24,4	-21,6	+300	-30,1	0	-30,1
Açúcares redutores	+738	-89,6	+23	-67,5	+796	-17,5	45,1	-13,3	+768	-43,1	+4,9	-40,2

mento dos açúcares totais foi semelhante para ambos os métodos. Entretanto, o aumento em termos de porcentagem dos açúcares redutores foi maior no método massa direta.

No processo Chorleywood, os açúcares totais não aumentaram e os redutores tiveram acréscimos semelhantes aos encontrados no método massa esponja.

O processamento global diminuiu o conteúdo de açúcares totais e redutores, sendo que nos processos convencionais o método massa direta apresentou diminuições maiores. No processo Chorleywood as diminuições dos açúcares, tanto redutores quanto totais, foram a metade das encontradas no método massa direta.

4. Variação na composição em ácidos graxos

a. Efeito da formulação

As variações na composição dos ácidos graxos através dos métodos de panificação estudados são apresentados na Tabela LXXXI.

A formulação e mistura das massas nos três processos contribuiu para aumentar os níveis dos ácidos esteárico acima de 1000% e de ácido oléico acima de 200%, devido à adição de gordura vegetal hidrogenada, a qual também mudou negativamente os conteúdos dos ácidos dos ácidos linoléico.

TABELA LXXXI

Varição da composição em ácidos graxos através dos métodos massa direta e massa esponja e do processo Chorleywood

Ácidos graxos	Massa Direta		Massa Esponja		Chorleywood	
	Formulação	Processamento global	Formulação	Processamento global	Formulação	Processamento global
Ácido mirístico (C _{14:0})	+15	+50	-	-	-	+841
Ácido palmítico (C _{16:0})	- 4,8	- 2,7	+ 2,2	- 4,9	- 6,5	+ 26,1
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	- 5,1	- 33	-	0	-	+ 271
Ácido esteárico (C _{18:0})	+ 1300	+ 10	+ 1680	- 3,2	+ 1560	- 3,6
Ácido oléico (C _{18:1})	+ 271	- 1,3	+ 264	+ 1,9	+ 294	- 9,7
Ácido linoléico (C _{18:2})	- 5,6	- 6,4	- 59,8	- 1,6	- 62,1	- 21,6
Ácido linoléico (C _{18:3})	- 83,3	+ 37	- 80,4	- 1,6	- 72,5	+ 22,5

b. Efeito da fermentação

A fermentação das massas teve influência pequena na variação da composição em ácidos graxos nos métodos convencionais. Entretanto, no processo Chorleywood observaram-se aumentos nos teores dos ácidos de cadeias mais curtas, principalmente mirístico e palmitoléico.

c. Efeito do cozimento

Após cozimento, os ácidos graxos da gordura do pão não experimentaram grandes variações nos processos convencionais. A diminuição do ácido palmitoléico, que aparentemente é muito grande, é minimizada devido aos baixos valores em que esse ácido encontra-se na massa.

A gordura do pão tipo Chorleywood, no entanto, apresentou as maiores variações nos ácidos graxos de cadeia curta. Este método foi também o que mostra a maior diminuição do ácido linoléico.

d. Efeito do processamento global

O processamento pelos métodos convencionais praticamente não afetou a composição em ácidos graxos. Entretanto, no processo Chorleywood observaram-se aumentos principalmente nos níveis de mirístico, palmitoléico e ligeira diminuição do ácido linoléico.

5. Variação no Conteúdo de vitaminas

As variações encontradas nos teores de vitaminas através dos diferentes processos são apresentadas na Tabela LXXXII.

a. Efeito da formulação

A formulação das massas contribuiu para aumentar os teores das vitaminas, tiamina e riboflavina. O método que apresentou os acréscimos maiores foi o método massa esponja.

O método Chorleywood mostrou aumentos similares aos encontrados no método massa direta, sendo que o aumento de tiamina foi ligeiramente inferior.

Takekhia et al. (90) reportaram valores menores de vitaminas após mistura usando processos mecânicos do que os encontrados nas massas misturadas por métodos convencionais.

b. Efeito da fermentação

Após a fermentação das massas foram observados aumentos nos níveis de tiamina e riboflavina e diminuição de vitamina C em todos os métodos testados. Os aumentos menores foram observados no processo Chorleywood, assim como também a menor perda de vitamina C.

TABELA LXXXII

Variação do conteúdo de vitaminas através dos métodos massa direta e massa esponja e do processo Chorleywood

Vitamina	Massa Direta		Massa Esponja		Chorleywood	
	Formu- lão	Cozi- men- to global	Formu- lão	Cozi- men- to global	Formu- lão	Cozi- men- to global
Tiamina	+ 46	- 34,6	+ 53,8	- 21	+ 38,0	- 16,6
Riboflavina	+ 80	- 10,0	+ 92,3	+ 5,0	+ 82,0	- 11
Vitamina C	- 47	- 25	-	- 60	-	- 70
Tocoferol total	- 2,2	- 15,5	-	- 22,8	-	- 14,6

c. Efeito do cozimento

Após cozimento, observaram-se diminuições no teor de vitaminas em todos os processos testados. No método massa direta, a diminuição foi maior para tiamina. Entretanto, no método esponja, a diminuição maior foi da vitamina C. As perdas de tocoferol foram similares para os três métodos estudados.

d. Efeito do processamento global

O processamento global mostrou que, nos métodos convencionais, as perdas maiores foram de vitamina C, tiamina e tocoferol, sendo que os níveis de riboflavina permaneceram constantes ou apresentaram um ligeiro acréscimo.

O processo Chorleywood apresentou a maior perda de vitamina C e a menor perda de tiamina. Entretanto, a riboflavina foi ligeiramente diminuída. As perdas de tocoferol foram similares aos métodos convencionais.

D. APLICAÇÃO DE MICROONDAS NO COZIMENTO DO PÃO

O estudo da influência do processamento no valor nutricional do pão mostrou que a etapa de cozimento afeta grandemente na diminuição deste valor. O uso da energia de microondas nesta etapa poderia possivelmente contribuir para

diminuir o tempo de processamento, assim como o consumo de energia e evitar, em parte, as perdas do valor nutricional.

Por estes motivos, foi testada a possibilidade de se utilizar microondas na produção de pães com qualidade tecnológica e nutricional aceitáveis.

1. Efeito do tratamento térmico convencional e de microondas no grau de gelatinização (cozimento) do amido do pão

Para determinar o tempo ótimo de cozimento foi feito um estudo do efeito do tratamento térmico convencional e de microonda sobre a viscosidade da farinha de pão.

a. Efeito do tratamento térmico convencional

Afim de estudar o efeito da temperatura sobre o grau de gelatinização do amido do pão foram feitos pães de acordo ao teste de panificação, usando diferentes tempos de cozimento.

As farinhas obtidas dos pães submetidos aos diferentes tratamentos térmicos foram analisadas através do viscosímetro Brabender e as curvas obtidas estão ilustradas na Figura 14. Dessas curvas foram determinados diferentes parâmetros, os quais são apresentados na Tabela LXXXIII. Comparando os resultados obtidos para farinha e massa (tempo 0),

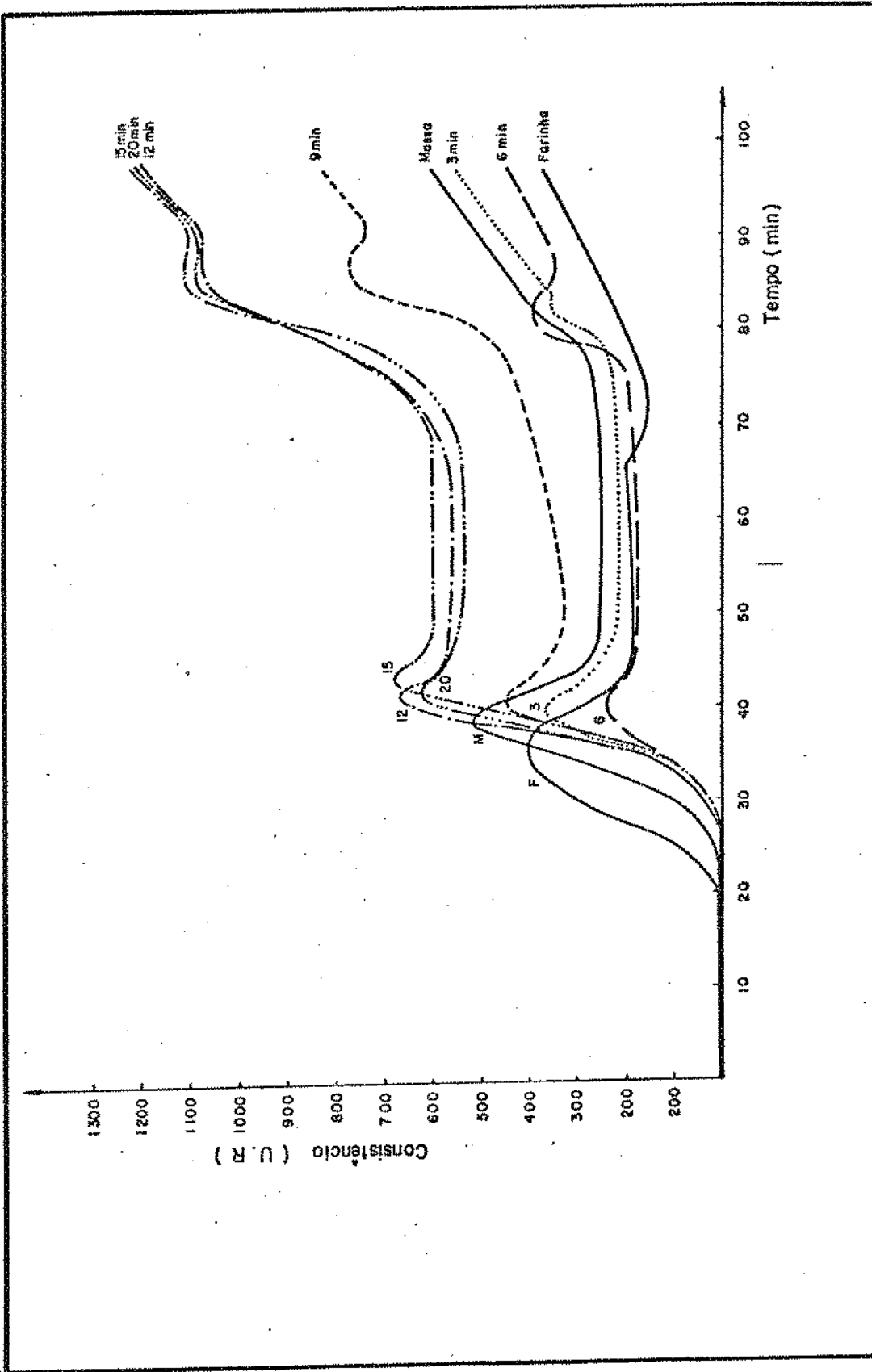


Figura 14. Efeito do tempo de tratamento térmico convencional no grau de gelatinização da farinha de pão, determinado pelo viscoamilógrafo.

TABELA LXXXIII

Características dos amilogramas das amostras de farinha, massa e pão feito com diferentes tempos de tratamento térmico convencional

Parâmetros	Farinha	Tempo de cozimento (min)						
		0	3	6	9	12	15	20
Temperatura inicial de entumescimento (°C)	58	60	61	61	64	67	67	67
Viscosidade máxima (U.A)	410	500	340	240	440	670	660	630
Temperatura da viscosidade máxima (°C)	78,3	82,8	85	85	86,5	89	86,5	86,5
Viscosidade mínima à temperatura constante (U.A)	170	220	330	370	330	600	560	540
Viscosidade máxima a 50°C (U.A)	330	580	520	420	800	1150	1150	1150

podemos observar que houveram aumentos em todos os parâmetros analisados, como resultado da adição dos ingredientes.

As propriedades de gelatinização do amido, em presença dos ingredientes comumente usados na produção de pão, foram estudados, entre outros, por D'Appolonia (20), usando o viscoamilógrafo Brabender. Nessa pesquisa encontrou-se que a adição de sacarose aumenta a viscosidade máxima, a temperatura inicial de formação da pasta e a temperatura da viscosidade máxima, a medida que a concentração do açúcar aumenta. A adição de cloreto de sódio até o nível de 4% também aumenta os valores desses mesmos parâmetros, fato também observado por Ganz (28). A adição de gordura, entretanto, diminui a temperatura inicial de formação de pasta e a viscosidade máxima.

Dos parâmetros determinados nos viscoamilogramas das diferentes amostras de farinha de pão, a viscosidade máxima teve um maior interesse nesta pesquisa já que a mesma foi usada para determinar o máximo grau de gelatinização e, portanto, o tempo de cozimento.

Como pode observar-se na Figura 15, a viscosidade máxima no ciclo de aquecimento diminui até os 6 primeiros minutos de tratamento térmico do pão. Após esse tempo, houveram aumentos da viscosidade até os 12 minutos sendo que, até os 20 minutos (tempo total de cozimento), essa viscosidade diminui.

A diminuição inicial da viscosidade pode ser expli-

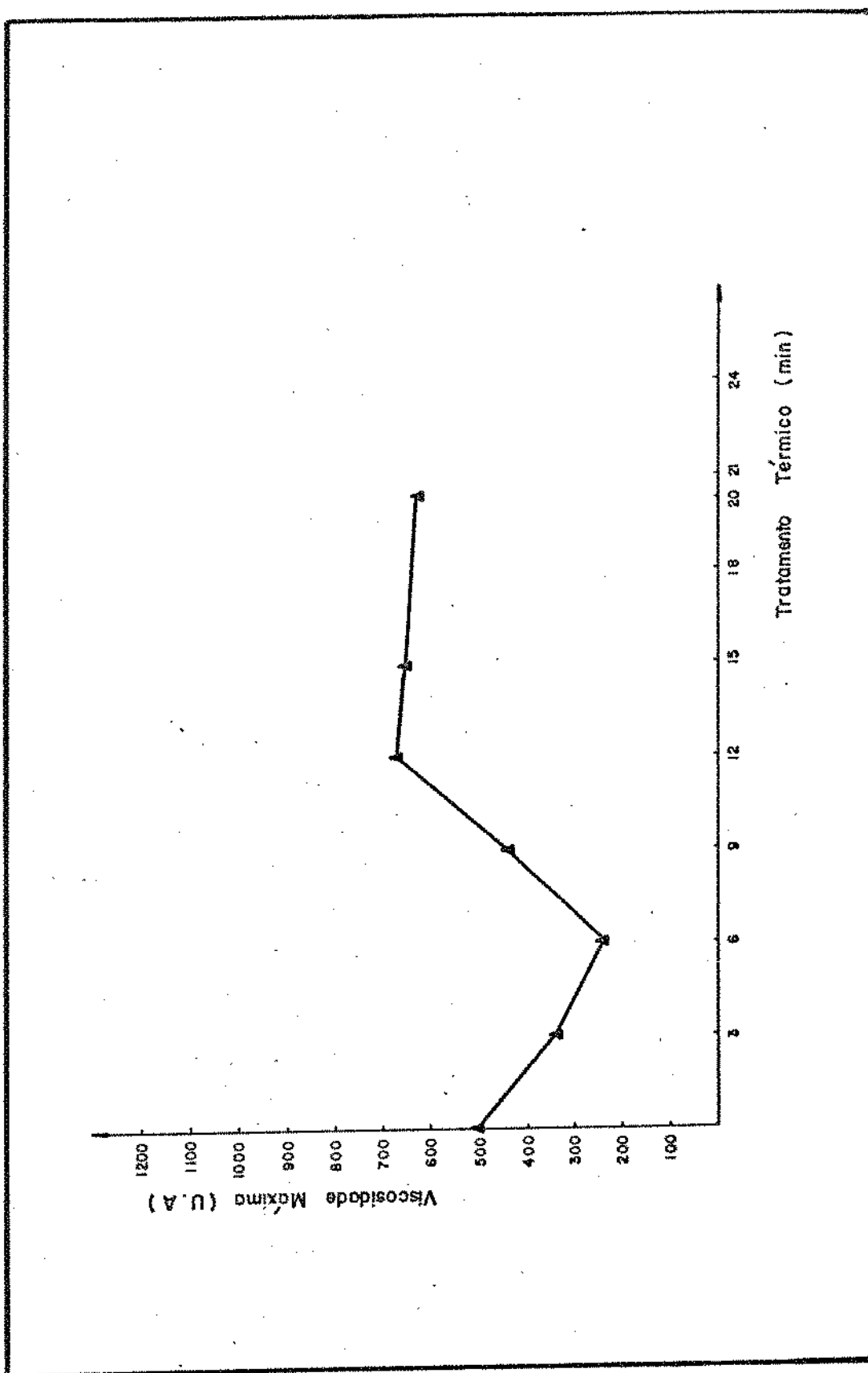


Figura 15. Efeito do tratamento térmico convencional sobre a viscosidade máxima da farinha de pão, determinada pelo viscoamilógrafo.

cada devido ao fato de que um tempo curto de cozimento é insuficiente para inativar completamente as enzimas amilolíticas. Durante o teste viscoamilográfico, a α -amilase pode atacar os grânulos de amido gelatinizados durante o teste, diminuindo portanto a viscosidade máxima. Assim, a baixa viscosidade inicial deverá ser considerada como um artifício do teste viscoamilográfico. Yasunuga et al. (96) encontraram, também por estudos viscoamilográficos, que as farinhas de pão com um tempo de aquecimento de 20 minutos a 220°C, apresentaram menor viscosidade que as aquecidas durante 30 minutos.

Aos 12 minutos de cozimento do pão, a α -amilase já é inativada e não influencia no teste. A diminuição da viscosidade a partir desse ponto pode ser atribuída ao aumento da gelatinização até o grau máximo obtido no tempo total de cozimento.

O grau de gelatinização do amido do pão tem sido estudado por vários pesquisadores (20). Entretanto, ainda não se tem uma informação completa da extensão da gelatinização. Watson e Johnson (103) encontraram que a suscetibilidade do amido à α -amilase indica que o amido é gelatinizado totalmente após 30 minutos à temperatura e umidade disponíveis no pão. Yasunuga et al. (96) encontraram que a gelatinização do amido é dependente das diferentes zonas dentro de cada unidade. O amido das camadas mais externas do miolo foram gelatinizados em maior extensão do que no centro. Os

principais fatores que controlam a gelatinização do amido dentro do pão são a absorção de água, a temperatura e o tempo de cozimento.

b. Efeito do tratamento térmico por microondas

As características viscoamilográficas das amostras de pão obtidos com tempos de tratamento térmico por microondas de 1 até 4 minutos são mostrados na Tabela LXXXIV. As curvas viscoamilográficas são ilustradas na Figura 16.

O tratamento térmico por microondas aumentou a temperatura inicial de formação da pasta em relação à massa (tempo 0) devido, provavelmente, ao tipo de aquecimento por excitação de partículas ionizáveis. Estas partículas podem formar ligações, as quais necessitam de maior energia para serem rompidas. Essas temperaturas permaneceram constantes até os 3,5 minutos de tratamento térmico, sendo que foi observado um decréscimo aos 4 minutos. Isto pode indicar que, neste último período de exposição às microondas, houve formação de interações que podem ser mais facilmente rompidas.

A viscosidade máxima de acordo com a Figura 17, assim como os outros parâmetros, foram reduzidos após 1 minuto de tratamento térmico por microondas, o que também pode ser atribuído ao ataque de α -amilase ao amido gelatinizado durante o teste viscoamilográfico como fora discutido anteriormente.

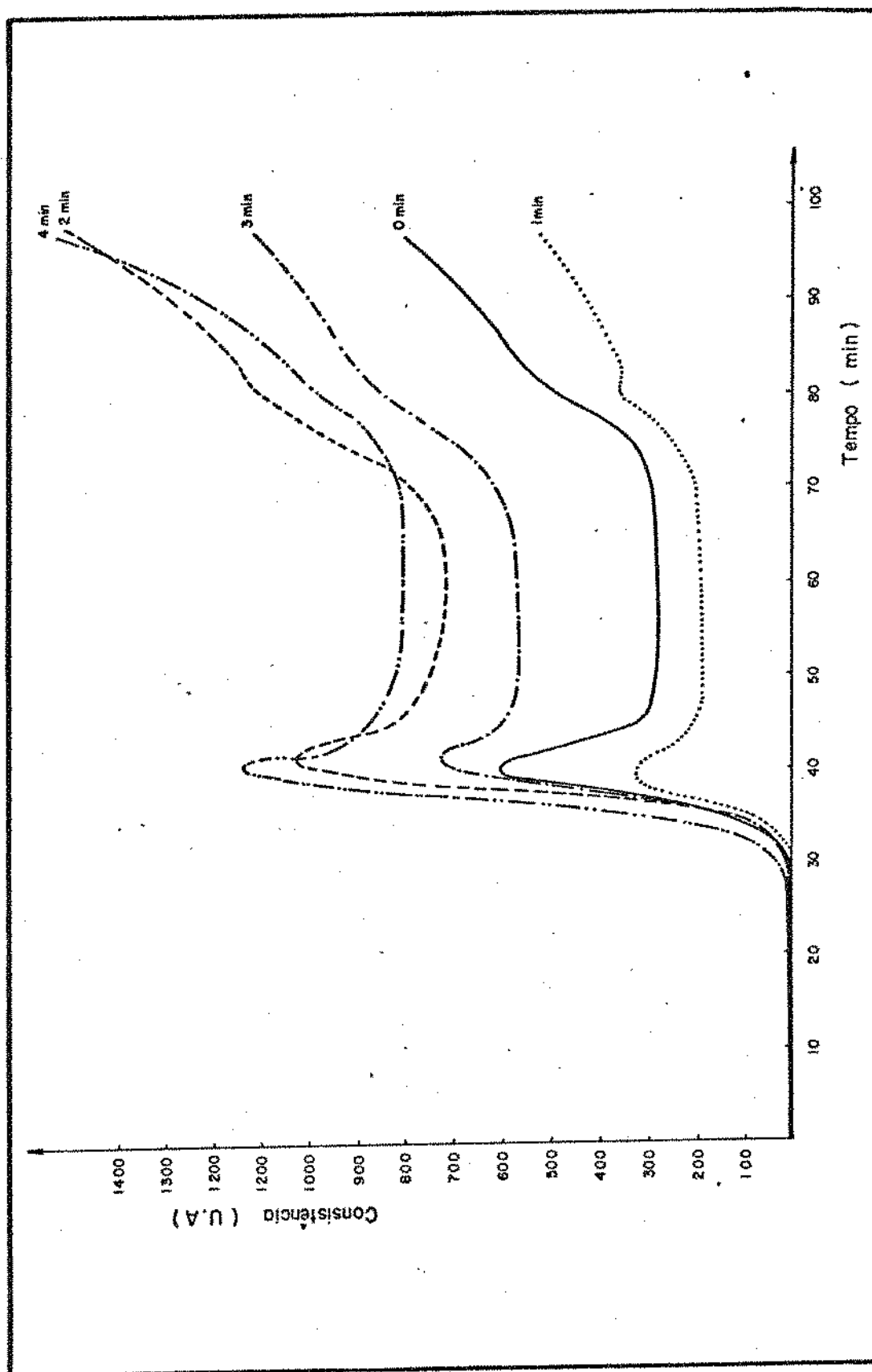


Figura 16. Efeito do tratamento térmico por microondas no grau de gelatinização da farinha de pão, determinado pelo viscosimilógrafo.

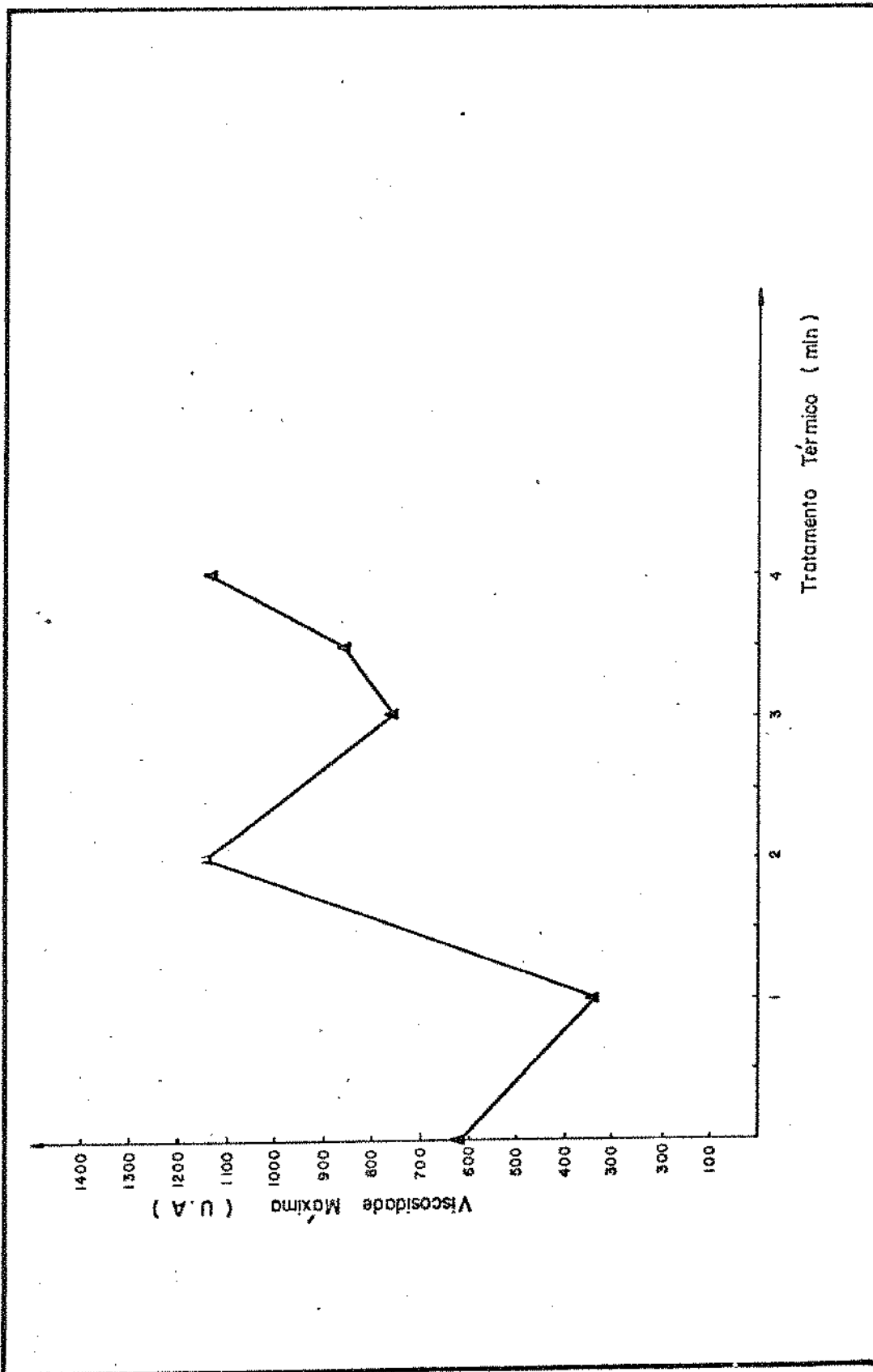


Figura 17. Efeito do tempo de tratamento térmico por microondas na viscosidade máxima da farinha de pão, determinado pelo viscoamilógrafo.

TABELA LXXXIV

Características dos amilogramas das amostras de farinha, massa e pão com diferentes tempos de tratamento térmico por microonda

Parâmetros	Farinha	Tempo de cozimento (min)					
		0	1	2	3	3,5	4
Temperatura inicial de entumescimento (°C)	58	64	70	70	70	70	67
Viscosidade máxima (U.A)	410	610	340	1150	760	860	1140
Temperatura da viscosidade máxima (°C)	78,3	83	83,5	86,5	85,5	85	83
Viscosidade mínima à temperatura constante (U.A)	170	270	190	220	560	660	800
Viscosidade máxima a 50°C (U.A)	330	740	520	1400	1160	1400	1400

Aos 2 minutos de exposição à radiação, houve um aumento considerável na viscosidade máxima devido provavelmente à inativação da α -amilase. Já aos 3 minutos, o amido teve a menor viscosidade e portanto o maior grau de gelatinização. Entretanto, observaram-se aumentos da viscosidade neste tempo de tratamento por microonda.

Esses aumentos da viscosidade podem ser atribuídos à interação do amido com outros componentes do sistema. O aumento da temperatura, além da fricção mecânica que acontece durante o teste viscoamilográfico, facilitam a ruptura dos grânulos do amido gelatinizado, os quais podem ficar mais acessíveis para que os ingredientes tais como sais, ácidos e outros, possam formar ligações com os componentes do amido, aumentando novamente a viscosidade.

Mac Artur et al. (59) interpretaram os aumentos da viscosidade com o aumento do tratamento térmico por microondas devido à existência de duas possibilidades: a) Os componentes do amido podem sofrer algum tipo de alteração durante o tratamento por microonda como resultado do aumento da temperatura e b) as proteínas do gluten podem ser alteradas, de modo que ficam mais absorventes com o aumento da radiação, removendo a água livre da pasta e aumentando assim a relação amido/água, causando um aumento na viscosidade da mesma.

2. Desenvolvimento do processo de cozimento do pão por microondas

Quando comparadas as duas curvas da viscosidade máxima obtidas pelos aquecimentos do tipo convencional e por microondas, encontramos uma correspondência entre ambas, conforme apresentado na Figura 18.

Na curva correspondente ao tratamento por microondas, a inativação de α -amilase foi obtida aos 2 minutos, o que correspondeu a 12 minutos de aquecimento convencional. O maior grau de gelatinização por microondas foi observado aos 3 minutos, o que equivale a aproximadamente 20 minutos no forno convencional.

Através desses resultados foi determinado que o tempo de cozimento por microonda deve ser de 3 minutos para uma unidade de pão de 225 gramas.

a. Otimização do tempo de fermentação e cozimento

Como já fora mencionado anteriormente, na determinação do tempo de cozimento por microonda, foram feitos pães utilizando-se o tempo de fermentação descrito no teste de panificação (105 minutos). Entretanto, esses tempos não foram adequados para obter pães com características tecnológicas aceitáveis. Tais pães apresentaram uma crosta muito fina e rugosa, além de uma granulidade desuniforme e muito

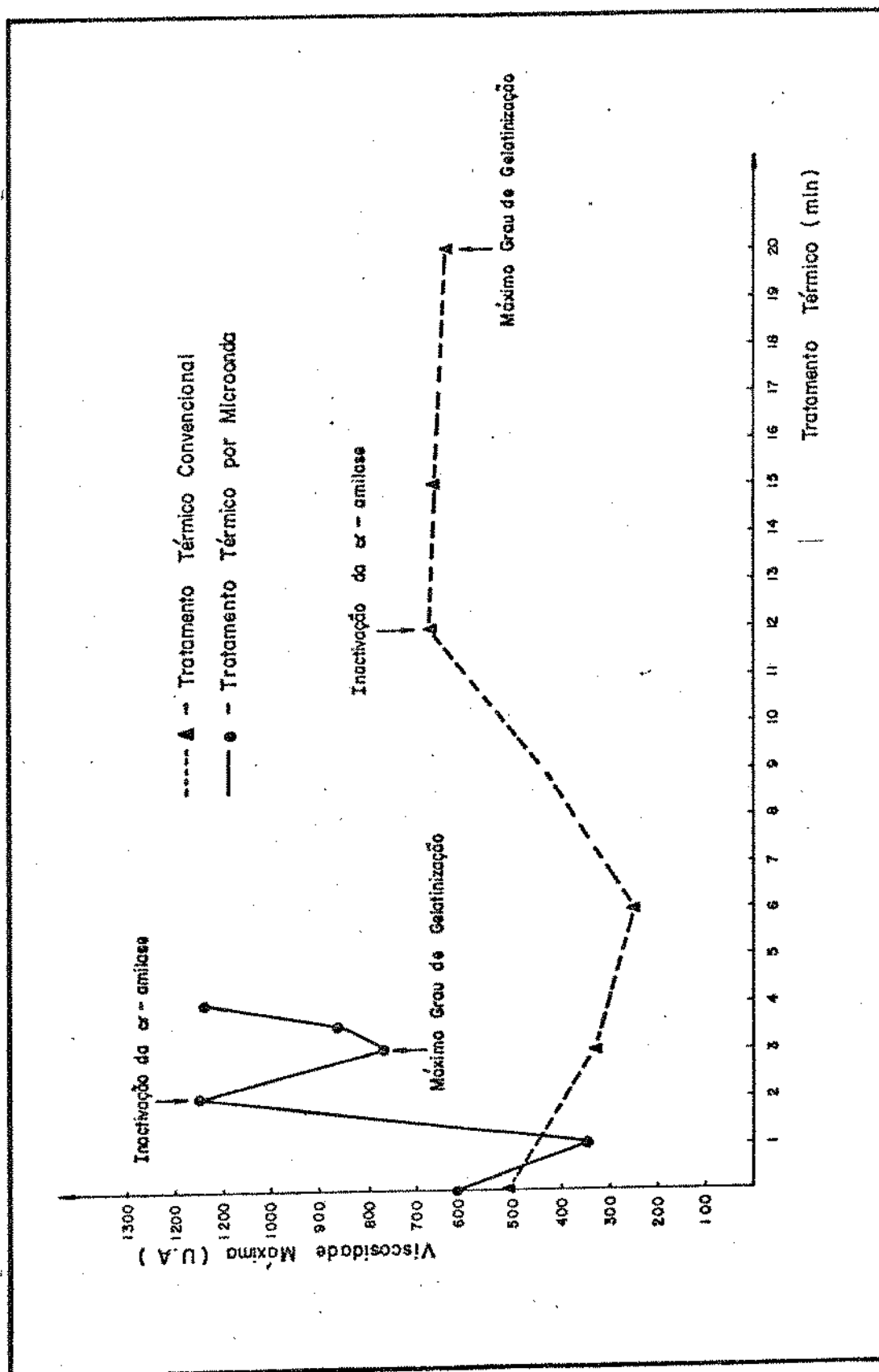


Figura 18. Comparação entre os tempos de tratamento térmico convencional e de micro-ondas no grau de gelatinização da farinha de pão, determinado pelo viscosimetro.

aberta, o qual indicou tempos excessivos de fermentação.

Assim, foram testados tempos de fermentação de 60, 75 e 90 minutos. Os pães feitos com esses tempos foram avaliados após cozimento por microondas e os resultados são apresentados na Tabela LXXXV.

O volume do pão é melhorado com o aumento do tempo de fermentação. No entanto, observou-se que à medida que este tempo aumenta, as características da crosta são prejudicadas, além de a mesma não apresentar a cor característica. Os outros parâmetros, principalmente granulidade e textura, foram melhores no pão fermentado durante 75 minutos. O número total de pontos foi maior para esse tratamento. Desta forma, esse tempo de fermentação foi usado nos experimentos posteriores.

O tempo de 3 minutos de cozimento por microondas foi mantido constante durante todas as experiências.

Além do problema de rugosidade e cor da crosta, foi observado também que os pães assados por microondas, não desenvolveram aroma e sabor. Esses defeitos têm sido relatados na literatura (14, 56, 85).

A falta de cor, aroma e sabor, característicos dos pães assados por microondas são devidos ao sistema diferente de aquecimento em relação ao forno convencional. Neste último, o cozimento do pão é dado em 4 etapas principais (70).

Na primeira etapa o calor é transmitido do ar quente para a superfície da massa, formando-se uma crosta bran-

TABELA LXXXV

Avaliação da qualidade tecnológica dos pães feitos com diferentes tempos de fermentação e tratados termicamente por microonda

Parâmetros	Valor Máximo	Tempo de fermentação (min)			
		60	75	90	105
<u>Características Externas</u>					
Volume	20	14	17	18,5	19
Cor da crosta	10	0	0	0	0
Quebra	5	2	3	4	4
Simetria	5	5	4	4	3
<u>Características Internas</u>					
Caract. da crosta	5	0	3	2	2
Cor do miolo	10	9	10	10	10
Granulosidade	10	8	9	6	4
Textura	10	8	9	8	6
Aroma	10	5	5	5	6
Gosto	15	10	10	10	10
Total de pontos	100	61	70	67,5	64

ca e fina devido à migração das moléculas de água do interior da massa do pão, as quais mantêm a superfície externa a uma temperatura abaixo do ponto de ebulição da água.

Assim que a crosta é formada, esta funciona como uma barreira para a transferência de umidade. Portanto, a migração da umidade do interior até a superfície do pão é lenta. Esta diminuição da transferência de umidade traz como resultado o aumento da temperatura da crosta e o aumento na espessura da mesma. Nesta segunda etapa o calor da crosta é transmitido por condução até o interior do pão. A taxa de transferência de calor é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre a superfície e o interior do pão e inversamente proporcional à espessura da crosta (70).

Na terceira etapa, ocorrem numerosas reações físicas e químicas devido ao aumento da temperatura do miolo e da crosta, as quais são as responsáveis pelo desenvolvimento da cor, aroma e sabor do pão. A temperatura da crosta na quarta etapa aumenta rapidamente com a redução no seu teor de água produzindo, portanto, as condições ideais para a reação de Maillard, responsável em grande parte pela cor e aroma do pão.

O aquecimento por microondas, entretanto, é obtido pela vibração de moléculas polares tais como a água, as quais acompanham as rápidas mudanças do campo eletromagnético, geradas pelo magnetron, que é a fonte de geração das microondas (89). Esta vibração molecular permite o rápido au

mento da temperatura interna do miolo do pão onde o teor de água é mais alto.

No cozimento do pão por microondas podemos distinguir por exemplo três etapas principais. Na primeira etapa, o aquecimento é dado em forma uniforme através da massa do pão. Na segunda etapa, há pequenas transferências de umidade da superfície do pão ao meio ambiente, formando-se uma crosta muito fina. Assim, a umidade é menor na superfície do que no centro. Por este motivo, a temperatura deste último aumenta mais rapidamente do que na superfície. Na terceira etapa, a evaporação da água do centro aumenta a umidade das áreas mais perto da crosta do pão, não permitindo, portanto, que a mesma possa atingir uma temperatura alta e umidade baixa, as quais são condições necessárias para formação de cor e aroma por reação de Maillard.

b. Tratamento térmico por microonda e aquecimento convencional a altas temperaturas

Os pães assados por microondas usando-se 75 minutos de fermentação e 3 minutos de cozimento, foram submetidos a vários tratamentos térmicos em forno convencional a altas temperaturas para tentar melhorar os elementos de qualidade que apresentaram problemas durante o cozimento por microonda.

. Inicialmente foi testada a possibilidade de usar

temperaturas bastante elevadas e tempos curtos de exposição. Assim foram testadas temperaturas de 400°C e tempos de 1,5 e 2,0 minutos. Após estes tratamentos foram obtidos pães com cor da crosta irregular, sendo que algumas zonas ficaram muito escuras e com aroma e sabor não típico de pão (cheiro e gosto a queimado).

Para corrigir estes defeitos foram testadas temperaturas mais baixas e tempos maiores. A maior temperatura e o menor tempo, nos quais foram obtidos pães com boas qualidades, foram 300°C e 5 minutos de cozimento. Essas condições foram usadas posteriormente na etapa de aquecimento convencional dos pães assados por microondas.

i. Avaliação da qualidade tecnológica do pão

A avaliação das características dos pães feitos por tratamento térmico duplo são mostrados na Tabela LXXXVI.

As características que diminuíram a qualidade tecnológica do pão por microondas foram sensivelmente melhorados com o tratamento térmico a altas temperaturas, principalmente a presença de cor na crosta, a qual também contribuiu para enriquecer o sabor e o aroma do pão.

ii. Análise sensorial

Os resultados do painel da análise sensorial dos

TABELA LXXXVI

Avaliação da qualidade tecnológica dos pães feitos por microonda e microonda-convencional

Parâmetros	Valor Máximo	Pão Microonda	Pão Micr.-Convencional
<u>Características Externas</u>			
Volume	20	17	17,5
Cor da crosta	10	0	8
Quebra	5	2	2
Simetria	5	5	5
<u>Características Internas</u>			
Caract. da crosta	5	3	3,3
Cor do miolo	10	10	10
Granulosidade	10	9	8
Textura do miolo	10	9	8
Aroma	10	5	7,7
Gosto	15	10	11,5
Total de pontos	100	70	81

pães feitos por tratamento térmico por microonda-convencional são mostrados na Tabela LXXVII e ilustrados na Figura 19.

A porcentagem de gosto dos pães feitos por microonda convencional foi menor (51,7%) que a dos pães assados só pelo sistema convencional (85,8%), mostrando portanto uma preferência por este último tipo de pão. Entretanto, a porcentagem de indiferença foi muito mais alta (24,2%) no pão assado por microonda do que o pão convencional (9,2%). Isto demonstra que a aceitação deste tipo de pão é bastante alta e que só serão necessárias algumas ligeiras modificações, provavelmente na formulação dos mesmos para melhorar a textura um pouco elástica, principal defeito indicado como fator negativo por alguns dos provadores.

3. Efeitos dos tratamentos térmicos por microondas convencional no teor de nutrientes do pão

O efeito de microondas e suas possíveis interações nos alimentos não têm sido esclarecido totalmente. Alguns trabalhos científicos (83) atribuem às microondas certas mudanças químicas observadas em amostras irradiadas. Entretanto, esse efeito é pouco provável devido à baixa energia das microondas, a qual não deve ser suficiente para promover quebra de ligações químicas (80). No entanto, podem acontecer mudanças devido ao efeito conjunto da microonda e da tempe-

TABELA LXXXVII

Resultados do painel da análise sensorial dos pães feitos pelo tratamento térmico microonda-convencional usando a escala hedônica

	Pão Convencional	Pão Micr. - Convencional
	%	%
Gostei muitíssimo	4,17	--
Gostei muito	35,0	4,17
Gostei regularmente	34,17	20,83
Gostei ligeiramente	12,50	26,70
Indiferente	9,17	24,17
Desgostei ligeiramente	2,50	15,0
Desgostei regularmente	2,50	9,13
Desgostei muito	--	--
Desgostei muitíssimo	--	--

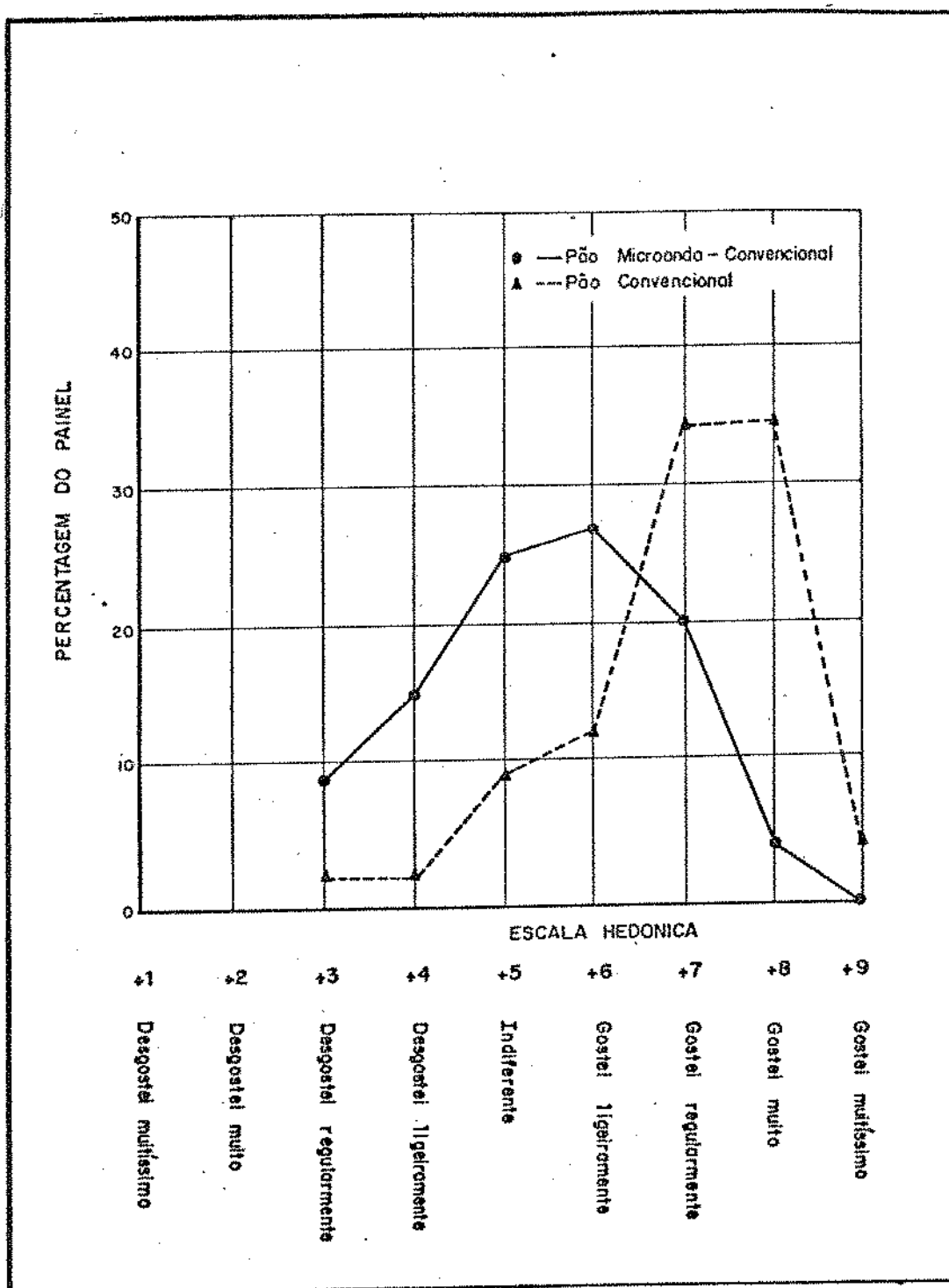


Figura 19. Distribuição hedônica do painel de avaliação sensorial do pão microondas-convencional em comparação com o pão convencional.

ratura.

Os estudos dos efeitos de microondas e do aquecimento a altas temperaturas sobre a composição centesimal, aminoácidos, açúcares, ácidos graxos e vitaminas do pão são apresentados a seguir.

a. Composição centesimal

O efeito do cozimento por microondas na composição centesimal do pão é apresentada na Tabela LXXXVIII. As variações encontradas em alguns dos nutrientes foram muito pequenas. Portanto, podemos considerar que não houveram mudanças na composição química do pão devido ao tratamento térmico por microonda.

Comparando os valores da composição centesimal dos pães tratados por microonda e aquecimento convencional a altas temperaturas, com as suas respectivas massas, observamos uma ligeira diminuição no teor de proteínas, lipídios e cinzas.

b. Aminoácidos

Quando comparados o teor de aminoácidos das massas e do pão tratado por microondas, conforme mostrado na Tabela LXXXIX, foram observados aumentos nos teores da maioria

TABELA LXXXVIII

Efeito do tratamento térmico por microonda e microonda-convençional a alta temperatura na composição centesimal do pão¹

Componentes	Massa %	Pão Microonda %	% Variação	Micr.-convençional %	Pão %	% Variação
Proteína (N x 5,7)	13,50	13,50	0	13,20	13,20	- 2,2
Lipídios	4,89	4,74	-3,0	4,70	4,70	- 3,8
Cinzas	2,20	2,14	-2,7	2,13	2,13	- 3,2
Carboidratos ²	79,41	79,62	0	79,97	79,97	0

1 Os resultados foram expressos em % na base seca

2 Determinados por diferença

TABELA LXXXIX

Efeito dos tratamentos térmicos por microonda e microonda-convençional a alta temperatura sobre o conteúdo de aminoácidos do pão

Aminoácidos	Pão Microonda		Pão Microonda-convençional		Variação %
	Massa	Variação %	Massa	Variação %	
	<u>g/16 g de N</u>		<u>g/16 g de N</u>		
<u>Indispensáveis</u>					
Lisina	2,24	+ 9,4	2,45	+ 9,4	- 6,2
Treonina	3,50	- 1,0	3,47	- 1,0	- 6,0
Metionina	1,20	+12,5	1,35	+12,5	0
Valina	3,90	+ 7,7	4,20	+ 7,7	+ 2,6
Isoleucina	3,50	0	3,50	0	+ 2,8
Leucina	6,10	+ 2,8	6,27	+ 2,8	+ 8,1
Fenilalanina	4,30	+ 9,3	4,70	+ 9,3	+13,9
<u>Dispensáveis</u>					
Histidina	1,93	- 1,6	1,90	- 1,6	-17,0
Arginina	3,80	- 3,1	3,68	- 3,1	+ 2,6
Ácido glutâmico	37,10	- 4,3	35,50	- 4,3	+10,1
Ácido aspártico	3,70	+16,2	4,32	+16,2	+15,6
Prolina	10,40	+ 8,7	11,30	+ 8,7	+ 2,9
Glicina	3,40	+ 5,9	3,60	+ 5,9	- 1,7
Alanina	2,60	+15,4	3,00	+15,4	+23,9
Cistina (1/2)	1,60	+ 5,0	1,68	+ 5,0	+ 8,7
Tirosina	2,60	-19,2	2,10	-19,2	-19,2
Serina	4,13	+11,4	4,60	+11,4	+16,7
Amonia	4,00	-11,2	3,55	-11,2	-30,7

deles, inclusive de lisina, sendo que somente a tirosina diminuiu em aproximadamente 19%. Esses aumentos nos teores dos aminoácidos podem ser devidos ao aumento do período de "oven spring", o qual permitiu um aumento da atividade enzimática e do tempo de ação dessas enzimas.

O processo total de cozimento pelos dois tratamentos térmicos modificou o teor de aminoácidos. Os resultados do efeito desses tratamentos são apresentados na Tabela

Pode observar-se, nessa tabela, que a diminuição de lisina foi muito pequena e que os aminoácidos que foram mais afetados por esses tratamentos foram a tirosina e a histidina. Os teores destes aminoácidos foram também encontrados diminuídos após cozimento do pão pelos métodos convencionais e mecânicos. Portanto, as microondas não apresentam efeitos negativos nos teores dos aminoácidos e as perdas são só devidas ao efeito da temperatura.

Outros aminoácidos, principalmente alanina, serina, ácido aspártico e fenilalanina, apresentaram valores maiores no pão do que nas suas respectivas massas.

É importante salientar que este tipo de cozimento do pão demonstrou ter as menores perdas de lisina comparado com o cozimento pelos métodos convencionais e processo de Chorleywood. Nestes últimos, as perdas de lisina foram de aproximadamente 14,0% e 17,7%, respectivamente.

c. Açúcares

Os teores de açúcares das massas e do pão tratado por microondas e por microonda-convencional são apresentados na Tabela XC. O tratamento térmico por microondas aumentou o teor de açúcares totais e redutores devido ao aumento da temperatura e do tempo de ação das enzimas amilolíticas presentes na massa.

No pão assado pelos dois tratamentos térmicos, os conteúdos de açúcares também foram maiores que os da massa respectiva, devido à menor temperatura alcançada pelo miolo do pão e ao curto tempo de ambos os tratamentos.

d. Ácidos graxos

A composição em ácidos graxos dos pães feitos por tratamento térmico por microonda é ilustrada na Figura 20 e as variações devidas a esse tratamento térmico são mostradas na Tabela XCI.

Após tratamento por microondas, a composição em ácidos graxos foi modificada, sendo que as diminuições maiores foram nos ácidos palmítico e linoléico. Entretanto, outros ácidos tais como esteárico, oléico e linolênico apresentaram valores maiores aos encontrados nas suas respectivas massas.

Na Figura 21 é mostrada a composição em ácidos gra-

TABELA XC

Efeito dos tratamentos térmicos por microonda e microonda-convencional a alta temperatura sobre o conteúdo de açúcares do pão

	Massa %	Pão Microonda %	Variação %	Micr.-convencional %	Pão %	Variação %
Açúcares totais	5,75	7,80	+45,6	6,90	6,90	+20,0
Açúcares redu- tores	4,90	6,00	+22,4	5,45	5,45	+11,2

TABELA XCI

Efeito dos tratamentos térmicos por microonda e microonda-convenicional a alta temperatura sobre a composição em ácidos graxos dos lipídios do grão

Ácido Graxo	Massa	Pão		% do total de ácidos graxos	% do total de ácidos graxos	% Variação	Pão Micr.-Convenicional	% Variação
		Microonda	Microonda					
Ácido palmítico (C _{16:0})	19,34	15,83	15,80	-18,1	15,80	-18,3		
Ácido palmitoléico (C _{16:1})	0,40	traços	0,60	--	0,60	+50,0		
Ácido esteárico (C _{18:0})	8,50	9,40	9,11	+10,6	9,11	+ 7,2		
Ácido oléico (C _{18:1})	45,32	50,20	50,90	+10,8	50,90	+12,3		
Ácido linoléico (C _{18:2})	23,20	20,65	20,70	-11,0	20,70	-10,8		
Ácido linolênico (C _{18:3})	1,10	1,32	0,83	+20,0	0,83	-24,5		

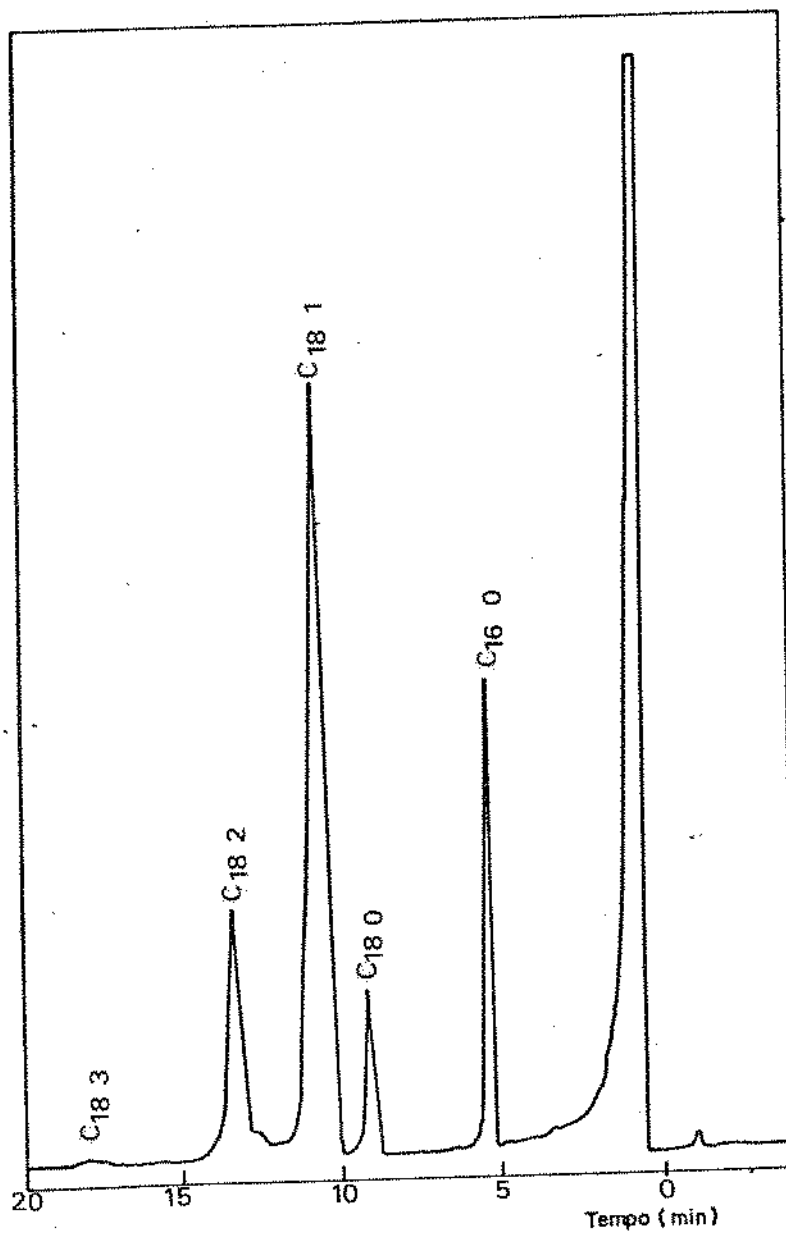


Figura 20. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão feito pelo tratamento térmico por microondas.

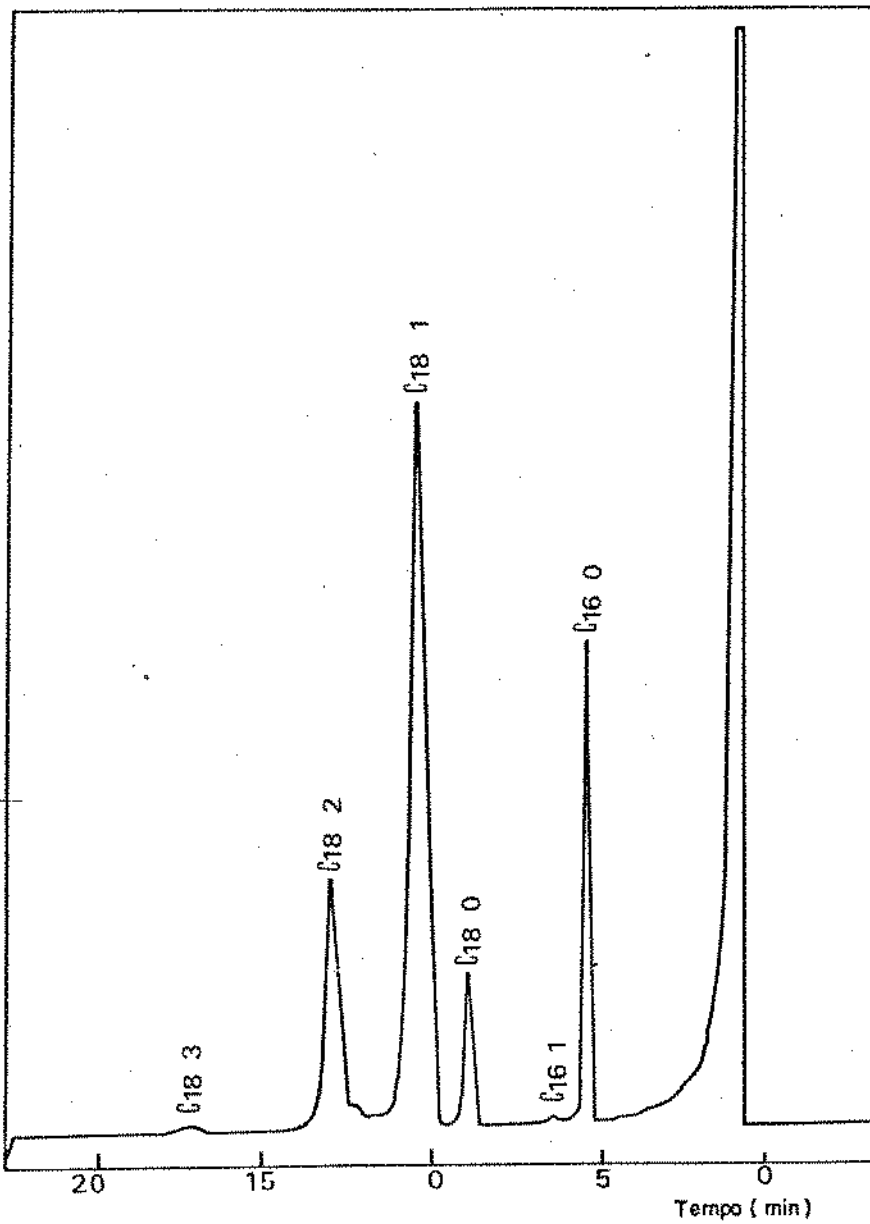


Figura 21. Ésteres metílicos dos ácidos graxos do pão feito pelo tratamento térmico por microondas-convencionai.

xos do pão feito pelo tratamento térmico microonda-convecional. O pão assado pelos dois tratamentos, teve praticamente as mesmas variações na sua composição em ácidos graxos que o pão assado só com microondas. Os aumentos do ácido palmitoléico foram promovidos pelas diminuições dos ácidos linoléico e linolênico.

e. Vitaminas

O tratamento térmico por microonda modificou ligeiramente o teor de vitaminas do pão, como pode ser observado na Tabela XCII.

As principais variações foram encontradas nas vitaminas tiamina e riboflavina. Entretanto, a vitamina C e o tocoferol não foram modificadas. As perdas de tiamina e riboflavina foram semelhantes para ambas vitaminas.

Em estudos feitos sobre a influência de microondas na estabilidade de vitaminas, foi relatado que as perdas de tiamina no pão são devidas à influência da temperatura e não à radiação por energia de microonda (29). Essas perdas aumentam em função da temperatura e do tempo do tratamento térmico. Os dois parâmetros mencionados são menores quando o pão é assado por microondas. Portanto, pode ser prevista uma perda menor no conteúdo dessa vitamina.

Nossas experiências revelaram que os decréscimos de tiamina encontrados no pão assado por microondas foram meno

TABELA XCII

Efeito do tratamento térmico por microonda e microonda-convencional a alta temperatura sobre o conteúdo de vitaminas do pão

Vitamina	Massa	mg/100 g		% Variação	mg/100 g		% Variação
		Pão Microonda	Pão Micr.-Convencional		Pão Microonda	Pão Micr.-Convencional	
Tiamina	0,19	0,17	0,14	-10,5	0,14	0,14	-26,3
Riboflavina	0,10	0,09	0,085	-10,0	0,085	0,085	-10,0
Vitamina C	6,40	6,20	3,80	- 3,1	3,80	3,80	-40,6
Tocoferol total	3,74	3,77	2,79	0	2,79	2,79	-25,4

res que os do pão assado em forno convencional.

O pão obtido pela combinação dos dois tratamentos térmicos mostrou (tabela XCII) perdas nos teores de todas as vitaminas determinadas, sendo que as perdas principais foram de vitamina C e de tocoferol total.

As porcentagens de perdas foram semelhantes às encontradas nos pães assados pelos métodos convencionais e pelo processo Chorleywood.

V. CONCLUSÕES

As diferentes etapas dos processamentos do pão pelos métodos convencionais, massa direta e massa esponja e o processo Chorleywood de desenvolvimento mecânico da massa, não afetaram sua composição centesimal.

A composição em aminoácidos foi modificada nas etapas do processamento do pão, nos três métodos estudados. As etapas de formulação e fermentação contribuíram para aumentar significativamente alguns dos aminoácidos indispensáveis. No processo convencional, onde a fermentação da massa é feita de uma só vez, tal como o método massa direta, o aumento da lisina foi maior do que nos métodos onde a farinha é adicionada em dois estágios. No processo Chorleywood, observaram-se aumentos consideráveis dos teores de cistina (1/2) nas diferentes etapas do mesmo.

A etapa do cozimento diminuiu os aminoácidos básicos, principalmente a lisina. Dos três métodos pesquisados, o pão feito pelo processo Chorleywood apresentou o menor conteúdo de lisina.

O processamento do pão diminuiu o teor dos açúcares totais e redutores, principalmente no método massa direta. Entretanto, no processo Chorleywood essas diminuições foram aproximadamente a metade das encontradas nesse método convencional.

A composição em ácidos graxos não foi afetada pelo

processamento do pão nos métodos convencionais. Entretanto, no processo Chorleywood foram encontrados aumentos nos ácidos mirístico e palmitoléico e diminuições no ácido linoléico.

Os teores de vitaminas foram diminuídos, principalmente pela etapa de cozimento em todos os métodos estudados. Entretanto a etapa de fermentação contribuiu com os aumentos nos teores de tiamina e riboflavina. A vitamina C, quando adicionada na massa, é quase totalmente destruída durante o processamento. A gordura vegetal hidrogenada contribuiu para fornecer vitamina E (tocoferol total) no pão, porém cerca de 13 a 15% desta vitamina foi destruída durante o cozimento do mesmo.

Os teores dos principais nutrientes estudados não foram afetados pelo cozimento por microondas, porém o gosto, o aroma e a cor da crosta do pão foram inferiores aos padrões de qualidade do pão convencional.

O emprego do tratamento térmico por microonda, seguido de aquecimento convencional a alta temperatura, diminuiu a etapa de cozimento do pão de 20 para 8 minutos, produzindo um pão com boa qualidade tecnológica.

Os teores de alguns dos aminoácidos indispensáveis e vitaminas foram diminuídos pelo aquecimento com microondas e convencional a alta temperatura. Entretanto, o pão assado por esse sistema de cozimento apresentou maiores teores de lisina que os feitos pelos processos massa direta, massa esponja e Chorleywood.

VI BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved Methods of the AACC. St. Paul, Minnesota, v. 1-2, 1974.
2. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, IBGE, Ministério de Planejamento e Coordenadoria Geral 42, 1981.
3. BERNFELD, P., HOMBURGER, F. & KELLY, T.F. Fatty Acids Contents of Margarines and other Table Fats. Am. J. Clin. Nutr. 11:554, 1962.
4. BERZINA, N.I., LYAKH, E.U. & ROITER, I.M. Biochemical Changes in Wheat Dough during Mixing and Fermentation. Pishch. Prom. 10:25, 1969.
5. BLIGH, E.G. & DYER, W.J. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. Canad. J. Biochem. 37: 911, 1959.
6. BLOKSMA, A.H. Flour composition, Dough Rheology, and Baking Quality. Cereal Sci. Today 17:380, 1972.
7. BOHN, R.T. Determination of Reducing Sugars. Cereal Chem. 31:87, 1954.

8. BOLLING, H. Milling of cereals for total utilization. In POMERANZ, Y.S.; HUNCK, L. ed. Cereals: A Renewable Resource: theory and practice. St. Paul. Minn. AACC, 1981, p. 137.
9. BRADLEY, W.B. Wheat Foods as Sources of Nutrientes. Baker's Dig. 41:66, 1967.
10. BURKE, R.P. The Effect of Bread Baking and Drying on the Stability of Lysine, Histidine and Arginine. S. Afr. J. Agr. Sci. 3:633, 1960.
11. BURKWALL, M.P. & GLASS, R.L. The Fatty Acid of Wheat and its Milled Products. Cereal Chem. 42:236, 1965.
12. CAKIRER, O.M. & LACHANCE, P.A. Added Micronutrients, their stability in wheat flour during storage and baking process. Baker's Dig. 49:53, 1975.
13. CALHOUN, W.K.; BECHTEL, W.G. & BRADLEY, W.B. The Vitamin Content of Wheat, Flour and Bread. Cereal Chem. 35:350, 1958.
14. CHAMBERLAIN, N. Microwaves Energy in the Baking of Bread. Food Trade Review, 43:8, 1973.

15. CHAMBERLAIN, N.; COLLINS, T.H. & ELTON, Studies on the Composition of Food, 2 . Comparison of the nutrient Content of Bread Made Conventionally and by the Chorleywood Process. Br. J. Nutr. 20:747, 1966.
16. CHUNG, O.K. & POMERANZ, Y. Wheat Flour Lipids, Shortenings and Surfactants, Three Way Contribution to Breadmaking. Baker's Dig. 51:32, 1977.
17. CONTRERAS-GUZMAN, E. & STRONG, F.C. III. Determination of Total Tocopherols in Grains, Grain Products and Commercial Oils with Only Slight Saponification and by a New Reaction with Cupric Ion. J. Agr. Food. Chem. (accepted for publication Nov-Dec. 1982).
18. COPPOCK, J.B.; FISHER, M. & RITCHIE, M.L. The Role of Lipids in Baking. V- Chromatographic and Other Studies. J. Sci. Food Agr. 9:498, 1958.
19. COPPOCK, J.B.M.; CARPENTER, B.R. & KNIGHT, R.A. Cereal Product Fortification. The B-vitamins with Special References to Thiamine Losses in Baked Products. J. Sci. Food Agric. 7:757, 1956.
20. D'APPOLONIA, B.L. Effect of Bread Ingredients on Starch Gelatinization Properties as Measured by the Amylograph. Cereal Chem. 49:532, 1972.

21. DWORSCHAK, E.; BOGDAN, J. & SZILLI, M. Influence of Fermentation Promoting Additives on the Nutritive Value of Bakery Products. *Elelmezisi Ipar* 25:297, 1971.
22. DUBOIS, D.K. Fermented Doughs. *Cereal Foods. World.* 26:60, 1981.
23. EHEART, J.F. & MASON, B.S. Nutrient Composition of Selected Wheats and Wheat Products, V Carbohydrate. *Cereal Chem.* 47:715, 1970.
24. EL-DASH, A.A. Standarized Mixing and Fermentation Procedure for Experimental Baking Test. *Cereal Chem.* 55:436, 1978.
25. _____ The Precursors of Bread Flour. Effect of fermentation and proteolytic activity. *Baker's Dig.* 45:26, 1971.
26. EL-DASH, A.A.; SGARBIERI, U.C. & CAMPOS, J.E. Sweet Lupine-Fortfield Bread: Nutritional Value and Amino Acid Content. *Cereal Chem.* 57:9, 1980.
27. FLEISCHMAN, A.I.; EASTWOOD, G. & DAVIS, M. Total Lipids and Fatty Acids in Bread. *J. Amer. Diet Ass.* 43:537, 1963.

28. GANZ, A.J. Effect of Sodium Chloride on the Pasting of Wheat Starch Granules. *Cereal Chem.* 42:429, 1965.
29. GOLDBLITH, S.A.; TANNENBAUM, S.R. & WANG, D.I.C. Thermal and 2450 MHz Microwave Energy Effect on the Destruction of Thiamine. *J. Food Technol.* 22:1266, 1968.
30. GRIFFITH, T. & JOHNSON, J.A. Chromatographic Analysis of Sugar in Bread. *Cereal Chem.* 31:131, 1954.
31. HARRIS, R.S. Nutritional evaluation of food processing. Sebrell, W.H. & Harris, R.S. ed. AVI publ., 1971.
32. HARRIS, P.L. & EMBREE, N.D. Quantitative Consideration of the Effect of Polyunsaturated Fatty Acid Content of the Diet upon the Requirements for Vitamin E. *Amer. J. Clin. Nutr.* 13:385, 1963.
33. HEPBURN, F.N. The Amino Acid Composition of Hard Wheat Varieties as a Function of Nitrogen Content. *Cereal Chem.* 42:140, 1965.
34. _____ Nutrient Composition of Selected Wheats and Wheat Products. VII, Total and Free Niacin. *Cereal Chem.* 48:369, 1971.

35. HEPBURN, F.N. & LEWIS, E.W. The Amino Acid Content of Wheat Flour and Bread. *Cereal Chem.*, 34:312, 1957.
36. HODGE, J.E. & HOPREITER, B.T. Determination of Reducing Sugars and Carbohydrates. In *Methods in Carbohydrate Chem.* v. I, p. 380, Academic Press, 1962.
37. HODGE, J.E. & FISHER, B.E. Compounds of Brownd Flavor derived from Sugar-Amine Reactions. *Cereal Science Today* 17:34, 1972.
38. HORN, M.L.; FIFIELD, C.C.; BLUM, A.; AMOS, E.; & WARREN, H.W. The Distribution of Amino Acids in Wheat and Certain Wheat Products. *Cereal Chem.* 35:411, 1958.
39. HORVART, J.R.; HAWKINS, N.G. & PENCE, J. Amino Acid in fermented bread doughs. *J. Food Sci.* 27:583, 1962.
40. INKPEN, J.A. & QUACKENBUSH, W.F. Extractable and Bound Fatty Acids in Wheat and Wheat Products. *Cereal Chem.* 46:580, 1969.
41. JANSEN, G.R.; EHLE, S.R. & HAUSE, N.L. Studied on the Nutritive Loss of Supplemental Lysine in Baking. *J. Food Technol.* 18:109, 1964.

42. JOHNSON, L.A. & HOOVER, W.J. Energy Use in Baking Bread
Baker's Dig. 51:58, 1977.
43. JOHNSON, J.A. & SANCHEZ, C.R.S. New No-Fermentation
Process Controls Bread Flavor and Costs. Baker's Dig.
46:30, 1972.
44. KATES, M. Techniques of Lipidology, Isolation, Analysis
and Identification of Lipids. Am. Elsevier Publ.
Co., Inc. New York, 1972.
45. KEAGY, P.M.; BORENSTEIN, B.; RANUM, P.; CONNOR, M.A. ;
LORENZ, K.; HOBBS, W.E.; HILL, G.; BACHMAN, A.L.; BOYD,
W.A. & KULP, K. Natural Levels of Nutrients in
Commercially Milled Wheat Flours. II. Vitamin Analysis.
Cereal Chem. 57:59, 1980.
46. KENNEDY, B. & JOSLYN, M.A. Changes in Iron, Thiamine
and Riboflavine Content of Flour During Dough Forma-
tion and Baking. Baker's Dig. 40:60, 1966.
47. KENT-JONES & AMOS Modern Cereal Chemistry. Food Trade
Press, 1967.
48. KNIGHT, R.A.; CHRISTIE, A.A.; ORTON, C.R. & ROBERTSON ,
J. Studies on the Composition of Food, 4th. Compar-

- ison of the Nutrient Content of Retail White Bread Made Conventionally and by the Chorleywood Bread Process. *Br. J. Nutr.* 30:181, 1973.
49. KOCH, R.B.; SMITH, F. & GEDDES, W.F. The Fate of Sugars in Bread Doughs and Synthetic Nutrient Solutions Undergoing Fermentation with Baker's Yeast. *Cereal Chem.* 31:55, 1954.
50. KOCH, R.B.; GEDDES, W.F. & SMITH, F. The carbohydrate of the Gramineae. I. The Sugars of the Flour of Wheat. *Cereal Chem.* 28:424, 1951.
51. KULP, K.; RANUM, P.M.; WILLIAMS, P.C. & YAMAZAKI, W. T. Natural Levels of Nutrients in Commercially Milled Wheat Flours. I Description of Samples and Proximate Analysis. *Cereal Chem.* 57:54, 1980.
52. KRUSE, B. Tendência do Consumo alimentar nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. *Alimentação e Nutrição* 4:44, 1981.
53. LEE, J.W. & GEDDES, W.F. Studies on the Brew Process of Bread Manufacture. The Effect of Sugar and Other Nutrients on Bakery and Yeast Properties. *Cereal Chem.* 36:1, 1959.

54. LEE, J.W.; CUENDET, L.S. & GEDDES, W.F. The Fate on Various Sugars in Fermenting Sponges and Doughs. Cereal Chem. 36:522, 1959.
55. LINEBACK, D.R. & WONGSRIKASEN, E. Gelatinization of Starch in Baked Products. J. Food Sci. 45:71,1980.
56. LINKO, Y. & JOHNSON, J.A. Changes in Amino Acids and Formation of Carbonyl Compounds during Baking. J. Agr. Food Chem. 11:150, 1963.
57. LORENZ, K.; CHARMAN, E. & DILSAVER, W. Baking with Microwave Energy. J. Food Technol. 27:28, 1973.
58. LUND, D.B. Effects of Heat Processing. J. Food Technol. 27:16, 1973.
59. MAC ARTHUR, L.A. & D'APPOLONIA, B.L. Effects of Microwave Radiation and Storage on Hard Red Spring Wheat Flour. Cereal Chem. 58:53, 1981.
60. MANDL, R.H. & BLOCK, R.J. Amino Acid Composition of Bread Protein. J. Am. Dietetic. Assoc. 34:724,1958.
61. MASSON, L. Relative Nutritional Value of Various Dietary Fats and Oils. JAOCS 58:249, 1981.

62. MATTHEWS, R.H. & WORKMAN, M.Y. Nutrient Composition of Selected Wheat products. Cereal Chem. 54:1115 , 1977.
63. MEL'KINA, G.M.; GIL'ZIN, V.M. & AUERMAN, L.Y. The Amino Acid Composition of Protein in the Crumb and Crust of Wheat Bread. Tekhnologiya 4:23, 1969.
64. METCALFE, L.D.; SCHMITZ, A.A. & PELKA, J.R. Rapid preparation of Fatty Acids esters from Lipids for Gas Chromatographic Analysis. Anal. Chem. 38:514, 1966.
65. MIDALI, S. Proteins of Wheat Mill Fractions. Cereal Chem. 49:120, 1972.
66. MINETT, P.T. & WITT, T.A. Radio Frequency and Microwaves Food Proc. Ind. 3:36, 1976.
67. MOORE, S.; SPACKMAN, D.H. & STEIN, W.H. Separation of Amino Acids on Sulfonated Polystyrene Resins. Anal. Chem. 30:1185, 1958.
68. NAUMOVA, A.G. The Amino Acid Composition of Bread and Means of Improving it. Materialy XV, Nauchn. Sessii 2:147, 1964.

69. OLSEN, C.M. Microwaves Inhibit Bread Mold. Food Eng. 37:51, 1965.
70. OSMAN, E.M. Interation of Starch with other Components of Food Systems. J. Food Technol. 29:30, 1975.
71. PEI, D.C.T. Microwave Baking. New Developments. Baker's Dig. 56: 8, 1982.
72. PHILLIPS, J.A. & VAIL, G.E. Effects of Heat on Fatty Acids. J. Am. Diet. Assoc. 50:116, 1967.
73. POLANSKY, M.M.; MURPHY, E.W. & TOEPFER, E.W. Components of Vitamin B-6 in Grains and Cereal Products. J. Assoc. Off. Agric. Chem. 47:750, 1964.
74. POLANSKY, M.M. & TOEPFER, E.W. Nutrient Composition of Selected Wheats and Wheat Products. IV. Vitamin B-6 Components. Cereal Chem. 46:664, 1969.
75. POMERANZ, Y. Interaction Between Glycolipids and Wheat Flour Macromolecules in Breadmaking. Advances in Food Research 20:153, 1973.
76. POMERANZ, Y. & FINNEY, K.F. Sugars in Breadmaking Baker's Dig. 49:20, 1975.

77. POMERANZ, Y. Wheat Chemistry and Technology. St. Paul
Minnesota, AACC, 1971.
78. PONOMAREVA, N.A.; KRETOVICH, L.V.; KAREVA, I.I. &
YAKUBCHIK, T. Changes in Free Amino Acid Levels
during Wheat Bread Preparation. Biokhimiya 29:283,
1964.
79. PONTE, J.G.; DE STEFANIS, V.A. & TITCOMB, S.T. Appli-
cation of Thin Layer Chromatography to Sugar Analysis
in Cereal Based Products. Cereal Sci. Today 14:100,
1969.
80. PROCTOR, B.E. & GOLDBLITH, S. Radar Energy of Rapid
Food Cooking and Blanching and its Effects on Vitamin
Content. J. Food Technol. 2:95, 1948.
81. PYLER, E.J. Baking Science and Technology, Siebel
Publishing Co., Chicago, Il., 1973.
82. RANUM, P.M.; BARRETT, F.F.; LOEWE, R.J. & KULP, K. Nu-
trient Levels in Internationally Milled Wheat Flours.
Cereal Chem. 57:361, 1980.
83. ROSEN, C.G. Effects of Microwaves on Food and Related
Materials. J. Food Technol. 26:36, 1972.

84. ROSENBERG, H.R. & ROHDENBURG, E.L. The fortification of bread with lysine. I. The loss of lysine during baking. J. Nutr. 45:593, 1951.
85. RUBENTHALER, G.; POMERANZ, Y. & FINNEY, K.F. Effects of Sugars and Certain Free Amino Acids on Bread Characteristics. Cereal Chem. 40:658, 1963.
86. SALE, A.J.H. A Review of Microwaves for Food Processing. J. Food Technol. 11:319, 1976.
87. SANDULESCU, C.; MARIN, E. & IELE, C. Amino Acid Composition of the Main Bakery Products Before and After Baking. Ind. Aliment. 22:147, 1971.
88. SANDSTEDT, R.M. The function of Starch in the Baking of Bread. Baker's Dig. 35:36, 1961.
89. SCHOCK, T.J. Starch in Bakery Products. Baker's Dig. 39:49, 1965.
90. SCHUTTLTZ, A.S.; ATKIN, L. & FREY, C.N. The Stability of Vitamin B₁ in the Manufacture of Bread. Cereal Chem. 19:532, 1942.
91. SHUTE, R.A. Microwave Heating. Food Proc. Ind. 3:41, 1976.

92. SLOVER, H.T.; LEHMANN, J. & VALIS, R. Nutrient Composition of Selected Wheats and Wheat Products. III. Tocopherols. *Cereal Chem.* 46:635, 1969.
93. TABEKHIA, M.M. & D'APPOLONIA, L. Effects of Processing Steps and Baking on Thiamine, Riboflavin and Niacin Levels in Conventional and Continuous Produced Bread. *Cereal Chem.* 56:79, 1979.
94. TANG, R.T.; ROBINSON, R.J.; & HURLEY, W.C. Quantitative Changes in Various Sugars Concentrations During Breadmaking. *Baker's Dig.* 46:48, 1972.
95. THEWLIS, B.H. Fate of Ascorbic Acid in the Chorleywood Bread Process. *J. Sci. Food Agr.* 22:16, 1971.
96. THORN, J.A. & ROSS, J.W. Determination of yeast growth in doughs. *Cereal Chem.* 37:415, 1960.
97. TKACKUK, R. Amino Acid Composition of Wheat Flours. *Cereal Chem.* 54:1115, 1977.
98. TOEPFER, E.W.; POLANSKY, M.M.; EHEART, J.F.; SLOVER, H. T. & MORRIS, E.R. Nutrient Composition of Selected Wheals and Wheat Products XI Summary. *Cereal Chem.* 49:173, 1972.

99. TSEN, C.C. The improving mechanism of ascorbic acid. Cereal Chem. 42:86, 1965.
100. TSEN, C.C.; LEVI, I. & HLYNKA, I. A Rapid Method for the Extraction of Lipids from Wheat Products. Cereal Chem. 39:195, 1962.
101. YASUNUGA, T.; BUSHUCK, W. & IRVINE, G.N. Gelatinization of Starch during Bread Baking. Cereal Chem. 45:269, 1968.
102. WAGGLE, D.H.; LAMBERT, M.A.; MILLER, G.D.; FARRELL, E.P. & DEYOE, C.W. Extensive Analysis of Flours and Millfeeds made from Nine Different wheat Mixes II. Amino Acids, Minerals, Vitamins and Gross Energy. Cereal Chem. 40:44, 1967.
103. WATSON, C.A. & JOHNSON, J.A. Studies on the Gelatinization of Starch 1. Competition for water by protein and cellulose derivatives. J. Food Sci. 30: 450, 1965.
104. WATTS, B.K. & MERRIL, A.L. Composition of Foods, Raw, Processed, Prepared, Revised. USDA Agric. Handbook No 8, 1963.

105. WEIHRAUCH, J.L.; KINSELLA, J.E. & WATT, B.K. Comprehensive Evaluation of Fatty Acids in Foods. Cereal Products. J. Am. Diet. Assoc. 68:335, 1976.
106. WEIBRAUCH, J.L. & MATTHEWS, R.H. Lipid Content of Selected Cereal Grains and their Milled and Baked Products. Cereal Chem. 54:444, 1977.