

Patrícia Vieira Del Ré

**Comportamento de Óleos Vegetais em Frituras
Descontínuas de Produtos Pré-Fritos Congelados**



*

1910001203



PATRÍCIA VIEIRA DEL RÉ

COMPORTAMENTO DE ÓLEOS VEGETAIS EM FRITURAS
DESCONTÍNUAS DE PRODUTOS PRÉ-FRITOS CONGELADOS



PATRÍCIA VIEIRA DEL RÉ

COMPORTAMENTO DE ÓLEOS VEGETAIS EM FRITURAS
DESCONTÍNUAS DE PRODUTOS PRÉ-FRITOS CONGELADOS

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de São José do Rio Preto, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge

São José do Rio Preto
2003



L. 1203/03



664.31
D364c

50701025

Del Ré, Patrícia Vieira.

Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. / Patrícia Vieira Del Ré. – São José do Rio Preto : [s.n.], 2003
121 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Neuza Jorge

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas.

1. Óleos e gorduras. 2. Frituras descontínuas. 3. Batatas pré-fritas congeladas. 4. Alimentos congelados. I. Jorge, Neuza. II. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 664.31



f. 7303/03



PATRÍCIA VIEIRA DEL RÉ

**COMPORTAMENTO DE ÓLEOS VEGETAIS EM FRITURAS
DESCONTÍNUAS DE PRODUTOS PRÉ-FRITOS CONGELADOS**

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientadora: Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge

2º Examinador: Prof. Dr. Odair Zenebon

3º Examinador: Prof. Dr. David Ariovaldo Banzatto

São José do Rio Preto, 27 de junho de 2003.



DADOS CURRICULARES

PATRÍCIA VIEIRA DEL RÉ

NASCIMENTO: 02.06.1973 – JOSÉ BONIFÁCIO/SP

FILIAÇÃO: José Del Ré

Neusa Vieira Del Ré

1991/1994: Curso de Graduação em Nutrição, na Universidade do Sagrado Coração (USC) – Bauru – SP.

1995/1996: Curso de Aprimoramento Profissional, em Nutrição Clínica e Nutrição em Saúde Pública, na Faculdade de Medicina da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de Botucatu – SP.

1998/2001: Professora do Corpo Docente da Universidade do Sagrado Coração (USC) – Departamento de Nutrifarma – Bauru – SP.

2000/2002: Curso de Especialização (Latu Sensu), em Nutrição Clínica, no Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP) – São José do Rio Preto – SP.

2000/2003: Professora do Corpo Docente do Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP) – São José do Rio Preto – SP.

2001/2003: Professora do Corpo Docente do Centro Universitário de Votuporanga (UNIFEV) – Votuporanga – SP.

2001/2003: Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos), nível de Mestrado, no Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de São José do Rio Preto – SP.



AGRADECIMENTOS

Para meus pais, Adenilson e Maria, pelo apoio e incentivo...

Para meu amado Adenilson, pelo incentivo e compreensão em todos os momentos difíceis desta jornada...

Para meus amigos, especialmente para os que sempre estiveram ao meu lado...

Para todos os que...

Para Prof. Dr. Neuma Lages, pelo exemplo de seriedade e...

Para Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Para Prof. Dr. Odair Zanetti e Prof. Dr. Sérgio de Nascimento Kozuka, pela...

Aos meus pais,
pela eterna dedicação e apoio a sua filha ...

Ao meu amado Adenilson, pelo incentivo e
compreensão em todos os momentos difíceis desta jornada,

dedico...



AGRADECIMENTOS

Ao final deste trabalho, gostaria de prestar meus mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que participaram direta ou indiretamente, para a sua concretização. Dentre elas, agradeço particularmente:

- à Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge, pelo exemplo de seriedade e conduta científica, pela atenção e pela orientação segura durante todo o trabalho e, pela amizade e confiança a mim dedicados;

- aos integrantes da banca examinadora, Dr^a. Myrna Sabino, Prof. Dr. Odair Zenebon e Prof. Dr. Sérgio do Nascimento Kronka, pelas críticas e sugestões que contribuíram para a melhoria deste trabalho e, Prof. Dr. David Arioaldo Banzatto, pela presteza e atenção ao planejamento do delineamento experimental e nas análises estatísticas;

- à Prof^a. Dr^a. Mieko Kimura, pelo apoio e valiosas sugestões que enriqueceram o trabalho de análise sensorial;

- à minha querida amiga Mara da Silva Corsini, pelo exemplo de amor ao trabalho, pelo auxílio na realização das análises e, pela amizade e incentivo;

- à Empresa Perdigão S/A, pela doação dos produtos para o desenvolvimento deste projeto;

- aos professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, pelo apoio e incentivo;

- aos meus colegas de curso, em especial às queridas amigas Sônia M. C. Lima e Ana Lúcia Coltro pelo apoio nos momentos mais difíceis e por todo o carinho e amizade a mim dedicados;

- aos meus alunos, do passado e do presente, pelo ideal e respeito acadêmico, por todo o incentivo e amizade;

- aos meus queridos pais, José e Neusa, pelo exemplo de dedicação e amor à família, sempre me incentivando e apoiando;

- às minhas irmãs, Luciana, por toda a amizade e apoio e, Raquel, pelo carinho e preciosa contribuição na formatação das figuras;

- ao Adenilson, por todo o amor, paciência e dedicação e;

- finalmente, a "Ele" – Senhor Deus – Pai, por tudo e por todos.

Tudo tem seu tempo determinado,
e há tempo para todo propósito sob o céu.
Tempo para plantar, tempo para colher,
tempo para chorar, tempo para rir,
tempo para se abater, tempo para se levantar.
(Eclesiastes 3:1-2)

Introdução	1
1. O TEMPO DE MOISÉS	2
1.1 A TABUADA	3
1.2 O ARCA	4
1.3 O ALTAR	5
1.4 O SACERDOTE	6
1.5 O SACRIFÍCIO	7
1.6 O SACRAMENTO	8
1.7 O SACERDOTE	9
1.8 O SACRIFÍCIO	10
1.9 O SACRAMENTO	11
1.10 O SACERDOTE	12
1.11 O SACRIFÍCIO	13
1.12 O SACRAMENTO	14
1.13 O SACERDOTE	15
1.14 O SACRIFÍCIO	16
1.15 O SACRAMENTO	17
1.16 O SACERDOTE	18
1.17 O SACRIFÍCIO	19
1.18 O SACRAMENTO	20
1.19 O SACERDOTE	21
1.20 O SACRIFÍCIO	22
1.21 O SACRAMENTO	23
1.22 O SACERDOTE	24
1.23 O SACRIFÍCIO	25
1.24 O SACRAMENTO	26
1.25 O SACERDOTE	27
1.26 O SACRIFÍCIO	28
1.27 O SACRAMENTO	29
1.28 O SACERDOTE	30
1.29 O SACRIFÍCIO	31
1.30 O SACRAMENTO	32
1.31 O SACERDOTE	33
1.32 O SACRIFÍCIO	34
1.33 O SACRAMENTO	35
1.34 O SACERDOTE	36
1.35 O SACRIFÍCIO	37
1.36 O SACRAMENTO	38
1.37 O SACERDOTE	39
1.38 O SACRIFÍCIO	40
1.39 O SACRAMENTO	41
1.40 O SACERDOTE	42
1.41 O SACRIFÍCIO	43
1.42 O SACRAMENTO	44
1.43 O SACERDOTE	45
1.44 O SACRIFÍCIO	46
1.45 O SACRAMENTO	47
1.46 O SACERDOTE	48
1.47 O SACRIFÍCIO	49
1.48 O SACRAMENTO	50
1.49 O SACERDOTE	51
1.50 O SACRIFÍCIO	52
1.51 O SACRAMENTO	53
1.52 O SACERDOTE	54
1.53 O SACRIFÍCIO	55
1.54 O SACRAMENTO	56
1.55 O SACERDOTE	57
1.56 O SACRIFÍCIO	58
1.57 O SACRAMENTO	59
1.58 O SACERDOTE	60
1.59 O SACRIFÍCIO	61
1.60 O SACRAMENTO	62
1.61 O SACERDOTE	63
1.62 O SACRIFÍCIO	64
1.63 O SACRAMENTO	65
1.64 O SACERDOTE	66
1.65 O SACRIFÍCIO	67
1.66 O SACRAMENTO	68
1.67 O SACERDOTE	69
1.68 O SACRIFÍCIO	70
1.69 O SACRAMENTO	71
1.70 O SACERDOTE	72
1.71 O SACRIFÍCIO	73
1.72 O SACRAMENTO	74
1.73 O SACERDOTE	75
1.74 O SACRIFÍCIO	76
1.75 O SACRAMENTO	77
1.76 O SACERDOTE	78
1.77 O SACRIFÍCIO	79
1.78 O SACRAMENTO	80
1.79 O SACERDOTE	81
1.80 O SACRIFÍCIO	82
1.81 O SACRAMENTO	83
1.82 O SACERDOTE	84
1.83 O SACRIFÍCIO	85
1.84 O SACRAMENTO	86
1.85 O SACERDOTE	87
1.86 O SACRIFÍCIO	88
1.87 O SACRAMENTO	89
1.88 O SACERDOTE	90
1.89 O SACRIFÍCIO	91
1.90 O SACRAMENTO	92
1.91 O SACERDOTE	93
1.92 O SACRIFÍCIO	94
1.93 O SACRAMENTO	95
1.94 O SACERDOTE	96
1.95 O SACRIFÍCIO	97
1.96 O SACRAMENTO	98
1.97 O SACERDOTE	99
1.98 O SACRIFÍCIO	100
1.99 O SACRAMENTO	101
2. O TEMPO DE JESUS	102
2.1 O NASCIMENTO	103
2.2 O BATISMO	104
2.3 O MINISTÉRIO	105
2.4 O SACRAMENTO	106
2.5 O SACERDOTE	107
2.6 O SACRIFÍCIO	108
2.7 O SACRAMENTO	109
2.8 O SACERDOTE	110
2.9 O SACRIFÍCIO	111
2.10 O SACRAMENTO	112
2.11 O SACERDOTE	113
2.12 O SACRIFÍCIO	114
2.13 O SACRAMENTO	115
2.14 O SACERDOTE	116
2.15 O SACRIFÍCIO	117
2.16 O SACRAMENTO	118
2.17 O SACERDOTE	119
2.18 O SACRIFÍCIO	120
2.19 O SACRAMENTO	121
2.20 O SACERDOTE	122
2.21 O SACRIFÍCIO	123
2.22 O SACRAMENTO	124
2.23 O SACERDOTE	125
2.24 O SACRIFÍCIO	126
2.25 O SACRAMENTO	127
2.26 O SACERDOTE	128
2.27 O SACRIFÍCIO	129
2.28 O SACRAMENTO	130
2.29 O SACERDOTE	131
2.30 O SACRIFÍCIO	132
2.31 O SACRAMENTO	133
2.32 O SACERDOTE	134
2.33 O SACRIFÍCIO	135
2.34 O SACRAMENTO	136
2.35 O SACERDOTE	137
2.36 O SACRIFÍCIO	138
2.37 O SACRAMENTO	139
2.38 O SACERDOTE	140
2.39 O SACRIFÍCIO	141
2.40 O SACRAMENTO	142
2.41 O SACERDOTE	143
2.42 O SACRIFÍCIO	144
2.43 O SACRAMENTO	145
2.44 O SACERDOTE	146
2.45 O SACRIFÍCIO	147
2.46 O SACRAMENTO	148
2.47 O SACERDOTE	149
2.48 O SACRIFÍCIO	150
2.49 O SACRAMENTO	151
2.50 O SACERDOTE	152
2.51 O SACRIFÍCIO	153
2.52 O SACRAMENTO	154
2.53 O SACERDOTE	155
2.54 O SACRIFÍCIO	156
2.55 O SACRAMENTO	157
2.56 O SACERDOTE	158
2.57 O SACRIFÍCIO	159
2.58 O SACRAMENTO	160
2.59 O SACERDOTE	161
2.60 O SACRIFÍCIO	162
2.61 O SACRAMENTO	163
2.62 O SACERDOTE	164
2.63 O SACRIFÍCIO	165
2.64 O SACRAMENTO	166
2.65 O SACERDOTE	167
2.66 O SACRIFÍCIO	168
2.67 O SACRAMENTO	169
2.68 O SACERDOTE	170
2.69 O SACRIFÍCIO	171
2.70 O SACRAMENTO	172
2.71 O SACERDOTE	173
2.72 O SACRIFÍCIO	174
2.73 O SACRAMENTO	175
2.74 O SACERDOTE	176
2.75 O SACRIFÍCIO	177
2.76 O SACRAMENTO	178
2.77 O SACERDOTE	179
2.78 O SACRIFÍCIO	180
2.79 O SACRAMENTO	181
2.80 O SACERDOTE	182
2.81 O SACRIFÍCIO	183
2.82 O SACRAMENTO	184
2.83 O SACERDOTE	185
2.84 O SACRIFÍCIO	186
2.85 O SACRAMENTO	187
2.86 O SACERDOTE	188
2.87 O SACRIFÍCIO	189
2.88 O SACRAMENTO	190
2.89 O SACERDOTE	191
2.90 O SACRIFÍCIO	192
2.91 O SACRAMENTO	193
2.92 O SACERDOTE	194
2.93 O SACRIFÍCIO	195
2.94 O SACRAMENTO	196
2.95 O SACERDOTE	197
2.96 O SACRIFÍCIO	198
2.97 O SACRAMENTO	199
2.98 O SACERDOTE	200
2.99 O SACRIFÍCIO	201
3. O TEMPO DE PAULO	202
3.1 O NASCIMENTO	203
3.2 O BATISMO	204
3.3 O MINISTÉRIO	205
3.4 O SACRAMENTO	206
3.5 O SACERDOTE	207
3.6 O SACRIFÍCIO	208
3.7 O SACRAMENTO	209
3.8 O SACERDOTE	210
3.9 O SACRIFÍCIO	211
3.10 O SACRAMENTO	212
3.11 O SACERDOTE	213
3.12 O SACRIFÍCIO	214
3.13 O SACRAMENTO	215
3.14 O SACERDOTE	216
3.15 O SACRIFÍCIO	217
3.16 O SACRAMENTO	218
3.17 O SACERDOTE	219
3.18 O SACRIFÍCIO	220
3.19 O SACRAMENTO	221
3.20 O SACERDOTE	222
3.21 O SACRIFÍCIO	223
3.22 O SACRAMENTO	224
3.23 O SACERDOTE	225
3.24 O SACRIFÍCIO	226
3.25 O SACRAMENTO	227
3.26 O SACERDOTE	228
3.27 O SACRIFÍCIO	229
3.28 O SACRAMENTO	230
3.29 O SACERDOTE	231
3.30 O SACRIFÍCIO	232
3.31 O SACRAMENTO	233
3.32 O SACERDOTE	234
3.33 O SACRIFÍCIO	235
3.34 O SACRAMENTO	236
3.35 O SACERDOTE	237
3.36 O SACRIFÍCIO	238
3.37 O SACRAMENTO	239
3.38 O SACERDOTE	240
3.39 O SACRIFÍCIO	241
3.40 O SACRAMENTO	242
3.41 O SACERDOTE	243
3.42 O SACRIFÍCIO	244
3.43 O SACRAMENTO	245
3.44 O SACERDOTE	246
3.45 O SACRIFÍCIO	247
3.46 O SACRAMENTO	248
3.47 O SACERDOTE	249
3.48 O SACRIFÍCIO	250
3.49 O SACRAMENTO	251
3.50 O SACERDOTE	252
3.51 O SACRIFÍCIO	253
3.52 O SACRAMENTO	254
3.53 O SACERDOTE	255
3.54 O SACRIFÍCIO	256
3.55 O SACRAMENTO	257
3.56 O SACERDOTE	258
3.57 O SACRIFÍCIO	259
3.58 O SACRAMENTO	260
3.59 O SACERDOTE	261
3.60 O SACRIFÍCIO	262
3.61 O SACRAMENTO	263
3.62 O SACERDOTE	264
3.63 O SACRIFÍCIO	265
3.64 O SACRAMENTO	266
3.65 O SACERDOTE	267
3.66 O SACRIFÍCIO	268
3.67 O SACRAMENTO	269
3.68 O SACERDOTE	270
3.69 O SACRIFÍCIO	271
3.70 O SACRAMENTO	272
3.71 O SACERDOTE	273
3.72 O SACRIFÍCIO	274
3.73 O SACRAMENTO	275
3.74 O SACERDOTE	276
3.75 O SACRIFÍCIO	277
3.76 O SACRAMENTO	278
3.77 O SACERDOTE	279
3.78 O SACRIFÍCIO	280
3.79 O SACRAMENTO	281
3.80 O SACERDOTE	282
3.81 O SACRIFÍCIO	283
3.82 O SACRAMENTO	284
3.83 O SACERDOTE	285
3.84 O SACRIFÍCIO	286
3.85 O SACRAMENTO	287
3.86 O SACERDOTE	288
3.87 O SACRIFÍCIO	289
3.88 O SACRAMENTO	290
3.89 O SACERDOTE	291
3.90 O SACRIFÍCIO	292
3.91 O SACRAMENTO	293
3.92 O SACERDOTE	294
3.93 O SACRIFÍCIO	295
3.94 O SACRAMENTO	296
3.95 O SACERDOTE	297
3.96 O SACRIFÍCIO	298
3.97 O SACRAMENTO	299
3.98 O SACERDOTE	300
3.99 O SACRIFÍCIO	301
4. O TEMPO DE PEDRO	302
4.1 O NASCIMENTO	303
4.2 O BATISMO	304
4.3 O MINISTÉRIO	305
4.4 O SACRAMENTO	306
4.5 O SACERDOTE	307
4.6 O SACRIFÍCIO	308
4.7 O SACRAMENTO	309
4.8 O SACERDOTE	310
4.9 O SACRIFÍCIO	311
4.10 O SACRAMENTO	312
4.11 O SACERDOTE	313
4.12 O SACRIFÍCIO	314
4.13 O SACRAMENTO	315
4.14 O SACERDOTE	316
4.15 O SACRIFÍCIO	317
4.16 O SACRAMENTO	318
4.17 O SACERDOTE	319
4.18 O SACRIFÍCIO	320
4.19 O SACRAMENTO	321
4.20 O SACERDOTE	322
4.21 O SACRIFÍCIO	323
4.22 O SACRAMENTO	324
4.23 O SACERDOTE	325
4.24 O SACRIFÍCIO	326
4.25 O SACRAMENTO	327
4.26 O SACERDOTE	328
4.27 O SACRIFÍCIO	329
4.28 O SACRAMENTO	330
4.29 O SACERDOTE	331
4.30 O SACRIFÍCIO	332
4.31 O SACRAMENTO	333
4.32 O SACERDOTE	334
4.33 O SACRIFÍCIO	335
4.34 O SACRAMENTO	336
4.35 O SACERDOTE	337
4.36 O SACRIFÍCIO	338
4.37 O SACRAMENTO	339
4.38 O SACERDOTE	340
4.39 O SACRIFÍCIO	341
4.40 O SACRAMENTO	342
4.41 O SACERDOTE	343
4.42 O SACRIFÍCIO	344
4.43 O SACRAMENTO	345
4.44 O SACERDOTE	346
4.45 O SACRIFÍCIO	347
4.46 O SACRAMENTO	348
4.47 O SACERDOTE	349
4.48 O SACRIFÍCIO	350
4.49 O SACRAMENTO	351
4.50 O SACERDOTE	352
4.51 O SACRIFÍCIO	353
4.52 O SACRAMENTO	354
4.53 O SACERDOTE	355
4.54 O SACRIFÍCIO	356
4.55 O SACRAMENTO	357
4.56 O SACERDOTE	358
4.57 O SACRIFÍCIO	359
4.58 O SACRAMENTO	360
4.59 O SACERDOTE	361
4.60 O SACRIFÍCIO	362
4.61 O SACRAMENTO	363
4.62 O SACERDOTE	364
4.63 O SACRIFÍCIO	365
4.64 O SACRAMENTO	366
4.65 O SACERDOTE	367
4.66 O SACRIFÍCIO	368
4.67 O SACRAMENTO	369
4.68 O SACERDOTE	370
4.69 O SACRIFÍCIO	371
4.70 O SACRAMENTO	372
4.71 O SACERDOTE	373
4.72 O SACRIFÍCIO	374
4.73 O SACRAMENTO	375
4.74 O SACERDOTE	376
4.75 O SACRIFÍCIO	377
4.76 O SACRAMENTO	378
4.77 O SACERDOTE	379
4.78 O SACRIFÍCIO	380
4.79 O SACRAMENTO	381
4.80 O SACERDOTE	382
4.81 O SACRIFÍCIO	383
4.82 O SACRAMENTO	384
4.83 O SACERDOTE	385
4.84 O SACRIFÍCIO	386
4.85 O SACRAMENTO	387
4.86 O SACERDOTE	388
4.87 O SACRIFÍCIO	389
4.88 O SACRAMENTO	390
4.89 O SACERDOTE	391
4.90 O SACRIFÍCIO	392
4.91 O SACRAMENTO	393
4.92 O SACERDOTE	394
4.93 O SACRIFÍCIO	395
4.94 O SACRAMENTO	396
4.95 O SACERDOTE	397
4.96 O SACRIFÍCIO	398
4.97 O SACRAMENTO	399
4.98 O SACERDOTE	400
4.99 O SACRIFÍCIO	401

Tudo tem seu tempo determinado,
e há tempo para todo propósito debaixo do céu.
Tempo para plantar, tempo para colher...
(Eclesiastes 3:1,2)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. Composição química dos óleos e gorduras.....	6
2.2. O processo de fritura	12
2.2.1. História e geografia	13
2.2.2. Características do processo.....	15
2.3. Alterações em óleos de fritura	19
2.3.1. Alterações hidrolíticas.....	20
2.3.2. Alterações oxidativas.....	23
2.3.3. Alterações térmicas	24
2.4. Principais compostos de degradação	26
2.5. Fatores que influenciam o processo de fritura.....	27
2.5.1. Variáveis intrínsecas ao processo	28
2.5.1.1. Tempo e temperatura.....	28
2.5.1.2. Tipo de equipamento e aquecimento.....	29
2.5.1.3. Relação superfície/volume.....	31
2.5.1.4. Renovação do óleo	31
2.5.2. Variáveis extrínsecas ao processo.....	33
2.5.2.1. Tipo de óleo.....	33

2.5.2.2. Tipo de alimento	35
2.6. Medidas da deterioração de óleos de fritura	36
2.7. Implicações nutricionais em óleos de fritura	40
2.8. Regulamentação para óleos de fritura.....	43
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.1. Material.....	46
3.1.1. Amostras.....	46
3.1.1.1. Óleos vegetais	46
3.1.1.2. Batatas pré-fritas congeladas.....	46
3.1.1.3. Produto cárneo empanado pré-frito congelado.....	46
3.1.2 Processo de fritura	47
3.1.2.1. Fritura das batatas.....	47
3.1.2.2. Fritura dos <i>snacks</i>	48
3.2. Métodos.....	49
3.2.1. Análises nos produtos.....	49
3.2.1.1. Teor de umidade.....	49
3.2.1.2. Teor lipídico	50
3.2.1.3. Análise sensorial.....	51
3.2.2. Análises nos óleos	52
3.2.2.1. Compostos polares totais	52
3.2.2.2. Ácidos graxos livres.....	54
3.2.2.3. Índice de peróxidos	55
3.2.2.4. Dienos conjugados.....	56
3.2.2.5. Índice de TBA – ácido tiobarbitúrico	57
3.2.2.6. Medida da estabilidade oxidativa – Rancimat.....	58
3.3. Delineamento experimental	59



3.3.1. Análise de variância dos produtos fritos	59
3.3.2. Análise de variância dos óleos de fritura	61
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1. Características dos óleos iniciais.....	63
4.2. Medidas nos produtos fritos.....	66
4.2.1. Teor de umidade	67
4.2.2. Teor lipídico	71
4.2.3. Análise sensorial.....	75
4.3. Medidas nos óleos de fritura	77
4.3.1. Compostos polares totais	79
4.3.2. Ácidos graxos livres.....	83
4.3.3. Índice de peróxidos	86
4.3.4. Dienos conjugados.....	90
4.3.5. Índice de TBA – ácido tiobarbitúrico	93
4.3.6. Medida da estabilidade oxidativa – Rancimat.....	95
4.4. Correlações.....	97
5. CONCLUSÕES	102
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
7. ANEXOS	115



LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Conteúdo dos principais ácidos graxos de óleos e gorduras vegetais.....	10
Figura 2- Diagrama das alterações ocorridas no óleo de fritura	21



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias de óleos e gorduras	11
Tabela 2 - Principais compostos originados durante o processo de fritura	26
Tabela 3 - Intervalos de tempo para a coleta de amostras	48
Tabela 4 - Esquema da análise de variância para as determinações analíticas nos produtos fritos	60
Tabela 5 - Esquema da análise de variância para a análise sensorial das batatas fritas	60
Tabela 6 - Esquema da análise de variância para a análise sensorial dos <i>snacks</i>	61
Tabela 7 - Esquema da análise de variância para as determinações analíticas nos óleos de fritura	62
Tabela 8 - Características físico-químicas dos óleos novos utilizados nos processos de fritura das batatas e <i>snacks</i>	64
Tabela 9 - Composição de ácidos graxos dos óleos novos utilizados nos processos de fritura	64
Tabela 10 - Resultados médios do teor de umidade e teor lipídico das batatas e <i>snacks</i> fritos	67
Tabela 11 - Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor de umidade nas batatas	69
Tabela 12 - Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor de umidade nos <i>snacks</i>	70
Tabela 13 - Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor lipídico nas batatas	73



Tabela 14 - Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor lipídico nos <i>snacks</i>	73
Tabela 15 - Médias dos fatores para os dados de aceitação geral	76
Tabela 16 - Resultados médios das determinações físico-químicas dos óleos utilizados durante as frituras de batatas e <i>snacks</i>	78
Tabela 17 - Médias de compostos polares, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura	82
Tabela 18 - Médias de ácidos graxos livres, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura	85
Tabela 19 - Desdobramento da interação Produtos x Óleos para os dados de índice de peróxidos	87
Tabela 20 - Desdobramento da interação Produtos x Tempos de Fritura para dados de índice de peróxidos	87
Tabela 21 - Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para dados de índice de peróxidos	88
Tabela 22 - Médias de dienos conjugados, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura	91
Tabela 23 - Médias de índice de TBA, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura	93
Tabela 24 - Médias do período de indução, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura	96
Tabela 25 - Coeficientes de correlação entre os testes analíticos realizados nos óleos de fritura	97
Tabela 26 - Coeficientes de correlação entre os testes analíticos realizados nos óleos referentes ao tempo de fritura F_{25}	99



RESUMO

Experimentos foram conduzidos em laboratório, utilizando fritura descontínua de batata palito pré-frita congelada e *snacks*, com os objetivos de conhecer o comportamento de óleos vegetais; medir a absorção dos óleos pelos alimentos fritos; avaliar sensorialmente os produtos de acordo com a aceitação geral e verificar a qualidade e estabilidade do meio de fritura. As frituras dos produtos foram conduzidas em fritadeira doméstica e com as seguintes condições controladas: temperatura cerca de 180°C, relação superfície/volume de 0,3 cm² e tempo total de aquecimento de 12 horas, para ambos os produtos. Nas amostras dos produtos procederam-se as análises de teor de umidade e lipídico. Para as análises das amostras dos óleos foram utilizadas as determinações analíticas: compostos polares totais, ácidos graxos livres, índice de peróxidos, dienos conjugados, índice de TBA e medida da estabilidade oxidativa. Os resultados, em duplicata, obtidos das determinações analíticas foram submetidos às análises de variância, empregando um esquema fatorial, no delineamento inteiramente casualizado, de modo a determinar a influência dos fatores sobre as alterações nos produtos e óleos. As amostras dos produtos fritos com os diferentes óleos vegetais foram avaliadas quanto à aceitação geral por um grupo de 25 provadores, para as batatas e; 20 provadores, para os *snacks*, utilizando uma Escala Hedônica. As respostas dos provadores foram



convertidas em números e submetidas às análises de variância, utilizando um esquema fatorial, no delineamento em blocos casualizados. As perdas de umidade nas batatas e nos *snacks* corresponderam, em média, a 31,78 e 9,30% e, a absorção média de óleo de 64 e 5,27% em relação aos produtos originais, respectivamente, o que representa produtos finais de elevado valor calórico. Os provadores demonstraram não diferenciar estatisticamente as amostras nos diferentes tipos de óleos e tempos de fritura estudados ($P > 0,05$) e, o índice de aceitabilidade tanto para as batatas como para os *snacks* foi alto, indicando que todos os tratamentos resultaram em produtos de boa aceitação. Os óleos vegetais apresentaram menores alterações nas frituras dos *snacks* do que nas batatas. Os resultados mostraram que os óleos estudados, apesar das diferenças na composição em ácidos graxos, não apresentaram, em nenhuma análise, valores acima dos limites recomendados em alguns países para o descarte de óleos, independentemente do tipo de produto frito e tempo de aquecimento.

ABSTRACT

Experiments were carried out, in laboratory, using frozen pre-fried potatoes discontinued frying, and snacks, aiming to learn about the vegetal oils behavior; measure the oil absorption by fried foods; sensorial assessment of products according to general acceptance, check quality, and the frying medium stability. Frying of products were carried out in household frying pan; the following conditions were controlled: temperature around 180°C , ratio surface/volume at 0.3 cm^{-1} and total heating time of 12 hours for both products. At the samples of the products were performed humidity rate and lipid analyses. As for the oil samples were used the analytical determinations: total polar compounds, fatty free acids, peroxide index, conjugated dienes, TBA index and oxidative stability measurement. The results, in duplicate, obtained from the analytical determinations, were submitted to analysis of variance using a factorial scheme, in the completely randomized statistical design, in order to determine the influence of the factors on the products and oils. The samples of the fried products with different vegetal oils, were assessed regarding general acceptance by a group of 25 tasters, as for the potatoes; and 20 tasters, for the snacks, using the Hedonic Scaling. The response of the tasters were converted to numbers and, submitted to analysis of variance, using a factorial scheme on the randomized blocks design. The losses of humidity in the potatoes and in the



snacks were on the average; 31.78 and 9.30%, and the oil mean absorption 64 and 5.27% in relation to the original products, respectively, which represents final products of high caloric value. The tasters seemed not to distinguish, statistically, the samples at the different types of oils and times of frying studied ($P > 0.05$), and the acceptability indices, both for the potatoes and for the snacks, were high, showing that all of the treatments resulted in products of good acceptance. Vegetal oils presented lower alterations at the snacks frying than the ones on the potatoes. The results showed that the oils studied, despite the differences in the composition in fatty acids, did not present in any analysis, values higher than the recommended limits, in some countries, for the oil discard, no matter the fried product type and the heating time.



1. INTRODUÇÃO

A alimentação pode refletir o equilíbrio psicossomático, pois é parte integrante da saúde física e mental dos indivíduos (PASTORE, 1998).

Os danos para a saúde que podem decorrer do consumo insuficiente de alimentos – desnutrição, ou do consumo excessivo – obesidade, são há muito tempo conhecidos pelos seres humanos. Apenas mais recentemente, entretanto, acumulam-se evidências de que características qualitativas da dieta são igualmente importantes na definição do estado de saúde, em particular, no que se refere a doenças crônicas da idade adulta (MONTEIRO et al., 2000).

Estudos recentes, relacionando o crescimento econômico de uma população com os hábitos alimentares, têm evidenciado uma transição nutricional. De um modo geral, uma alimentação rica em carboidratos complexos e fibras tem sido substituída por alimentos com alta proporção de gorduras e ácidos graxos saturados. Como consequência, observa-se uma mudança do predomínio de doenças infecciosas e deficiências nutricionais para doenças coronarianas e alguns tipos de câncer. Além disso, a transição nutricional tem sido associada com alta prevalência de obesidade, particularmente obesidade infantil. Não se pode desprezar também a existência da globalização na alimentação humana. Isso faz com que países de baixo produto interno bruto adotem alimentos ricos em gorduras.

Possivelmente, a rápida urbanização que tem ocorrido no mundo inteiro também contribui para a transição nutricional. Embora a disponibilidade da gordura animal continue ligada à renda, os óleos vegetais respondem por uma grande proporção da energia dietética (SANTOS, 1998).

A ingestão de óleos e gorduras tem um importante papel na aquisição e manutenção de uma boa saúde. Há alguns anos, a demanda mundial de óleos vegetais está em constante progressão. De um lado, a população mundial e o consumo *per capita* aumentam e, de outro lado, o consumo mundial de gorduras de origem animal diminui. Estas mudanças têm marcado diferenças na composição da gordura total da dieta.

A fritura tem contribuído para o aumento do consumo de óleos e gorduras vegetais, visto que é um processo culinário de grande aceitação em todas as idades e classes sociais (MASSON et al., 1999).

Uma das vantagens da fritura frente aos demais processos culinários reside, sem dúvida, no cozimento rápido e uniforme do produto. Este aspecto está intimamente ligado à conveniência, que demonstra o desejo de poder contar com os progressos técnicos disponíveis para simplificar e otimizar a relação entre o tempo despendido e o preparo do alimento. Outro fator é a preferência, no momento da compra, por alimentos que aportem facilidade de manipulação e preparo, bem como possibilidade de consumo instantâneo, pois, a rapidez é um aspecto fundamental nas sociedades industrializadas atuais.



O alto consumo de alimentos fritos também pode ser atribuído, em parte, ao incremento dos *fast foods*, tendência mundial em modelos de prestação de serviços em alimentação, que permitem uma refeição rápida.

As diversas mudanças registradas nas atitudes do consumidor ao longo dos últimos anos fizeram com que as indústrias de alimentos passassem também a dispor de produtos específicos para o processo de fritura, como os alimentos pré-fritos congelados, que são largamente adotados pelo mercado consumidor.

Os óleos utilizados na fritura implicam em aspectos nutricionais importantes, envolvendo o transporte das vitaminas lipossolúveis, o fornecimento de ácidos graxos essenciais das séries $\omega 6$ e $\omega 3$, precursores dos eicosanóides, o aporte energético e por apresentarem ampla aceitação pelas diversas camadas sociais (SANIBAL & MANCINI-FILHO, 2002).

Durante o processo de fritura por imersão, os óleos são continuamente expostos a vários fatores que levam a uma grande diversidade de reações químicas, tais como: hidrólise, oxidação e polimerização da molécula do triacilglicerol (TAKEOKA et al., 1997).

O nível de alteração depende, sobretudo, das características do alimento, da absorção de ar e da temperatura utilizada e, como consequência, a degradação logicamente será tanto maior quanto mais prolongado for o período de utilização do óleo ou gordura e quanto maior

sua insaturação (DOBARGANES et al., 1989).

Os critérios propostos para estabelecer o ponto de descarte de um óleo são muitos e variados. Muitos alimentos diferentes são fritos em diferentes tipos de óleos, em diversos tipos de fritadeiras e condições de operação. A combinação de todas estas variáveis é que determina a taxa em que as reações de degradação ocorrem e, portanto, um método específico pode ser bom para avaliar em determinado sistema e não ser aplicável a outros (FRITSCH, 1981; STEVENSON et al., 1984). Portanto, é necessário dispor de métodos de controle para avaliar a alteração produzida, assim como, buscar critérios objetivos para definir quando os óleos devem ser descartados.

Com o decorrer das alterações, as qualidades funcionais, sensoriais e nutricionais se modificam e podem chegar a níveis em que não se consegue mais produzir alimentos de qualidade. Estudos têm demonstrado a possível toxicidade de certos óleos empregados em frituras e que o consumo excessivo de alimentos fritos representa risco à saúde (MÁRQUEZ-RUIZ et al., 1990).

A relevância da ingestão dos óleos vegetais na dieta humana, primordialmente como recursos alimentares provedores de energia, é indiscutível. Entretanto, o risco do desenvolvimento de doenças crônicas decorrentes de seu consumo inadequado, remete a um controle dos aspectos qualitativo e quantitativo dos óleos utilizados nos processos de fritura.



Entender as mudanças e as alterações que os óleos vegetais sofrem durante o aquecimento, pode levar a otimizar os processos de fritura e, conseqüentemente, garantir um produto de melhor qualidade nutricional.

Então, os objetivos fundamentais do presente trabalho foram:

1. Conhecer o comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas, utilizando dois produtos distintos: batata palito pré-frita congelada e produto cárneo empanado pré-frito congelado (*snacks*);
2. Medir a absorção dos diferentes óleos pelos alimentos fritos durante o processo de fritura e avaliar sensorialmente os produtos de acordo com a aceitação geral;
3. Verificar a qualidade e a estabilidade do meio de fritura, a fim de indicar os óleos mais idôneos para fritura e estabelecer o tempo mais adequado para o descarte de cada tipo de óleo utilizado nos processos de fritura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Mais de 90% da produção de óleo vegetal, animal e marinho são utilizados como alimento ou como ingrediente na produção de alimentos (TAWFIK & HUYGHEBAERT, 1999).

No mundo, os mais consumidos são o óleo de soja, representando 20% do total e o óleo de palma 17%. Na cozinha doméstica, os destaques ficam por conta do óleo de soja, girassol, milho e canola (AUMENTA, 1997).

No Brasil, a demanda por óleos vegetais com composição especial (mono e polinsaturados) vem aumentando nos últimos cinco anos, observando-se um aumento de 6% para 15%, do consumo total de óleos vegetais, estimado em cerca de 4 milhões de toneladas (TURATTI, 2000).

Estima-se que o consumo de óleo de soja *per capita* esteja próximo de 20 gramas por dia, utilizado preferencialmente nas cozinhas como base de frituras (MAGNONI, 2001).

2.1. Composição química dos óleos e gorduras

Os óleos e gorduras constituem uma parte do grupo de macronutrientes denominada lipídios, presentes em quantidades altamente variáveis nos diversos tipos de alimentos.

Os lipídios em nossa alimentação possuem um importante papel. Energeticamente, são uma fonte concentrada de energia que provê 9



kcal por grama, que é aproximadamente duas vezes as calorias providas pelas proteínas e carboidratos. Estruturalmente, são componentes normais das membranas celulares e organelas. Metabolicamente, os lipídios são necessários para muitas funções, tais como: reações enzimáticas, transmissão de impulsos nervosos, armazenamento de memória e síntese de hormônios. Além de prover ácidos graxos essenciais, são veículos para as vitaminas lipossolúveis, carotenóides e esteróis (SANTOS, 1998).

O termo lipídios engloba uma vasta gama de substâncias químicas. Além dos triglicerídios, também incluem monoglicerídios, diglicerídios, fosfatídios, cerobrosídios, esteróis, terpenos, ácidos graxos e outras substâncias (ZILLER, 1994).

Os lipídios têm propriedades comuns, sendo insolúveis em água; solúveis em solventes orgânicos, como éter e clorofórmio; utilizáveis pelos organismos vivos. A maior parte das gorduras naturais é composta de cerca de 98 a 99% de triacilgliceróis e a grande maioria desses são de cadeias longas. O restante 1 a 2%, referidos como componentes minoritários, inclui traços de mono e diacilgliceróis, ácidos graxos livres, fosfolipídios e matérias não saponificáveis, contendo esteróis (MAHAN & ARLIN, 1995).

Como componentes minoritários, é possível distinguir as grandes famílias que envolvem os fosfolipídios, cerídios, constituintes insaponificáveis, clorofila e os produtos de alteração (FERRARI, 2001).

Os fosfolipídios são componentes naturais dos óleos, estão



presentes em óleos brutos vegetais em nível que varia de 0,1 a 1,8%. A presença de fosfolipídios é indesejável porque eles podem causar perdas durante as etapas de refino de óleos comestíveis. São importantes na indústria de alimentos porque apresentam propriedades únicas, são emulsificantes. Fosfolipídios são quelantes de metais e interferem na quantidade de íons metálicos nos óleos. A remoção dos fosfolipídios ou gomas também resulta na eliminação de ferro e cobre, os quais diminuem a estabilidade oxidativa dos óleos.

Cerídios são a designação dos ésteres de ácidos graxos com monoálcoois (eventualmente di) de massa molecular suficientemente elevada e que se tornam insolúveis no óleo. Ceras naturais estão presentes em alguns lipídios vegetais e contribuem na formação de películas protetoras de grãos e frutos.

A fração insaponificável dos lipídios compreende os constituintes que após saponificação são solúveis em solventes orgânicos. A proporção de matéria insaponificável de um lipídio depende, evidentemente, da origem biológica deste lipídio, dos tratamentos a que foi submetido, do tipo e da natureza da extração. Os principais constituintes da matéria insaponificável são: os hidrocarbonetos diversos – alifáticos saturados e insaturados, triterpênicos (esqualeno) ou tetraterpênicos (carotenos); os compostos terpênicos – os álcoois triterpênicos penta e tetracíclicos, 4-metilesteróis e os esteróis; os álcoois graxos – as ceras; as vitaminas



lipossolúveis – A, D, E e K e; constituintes diversos (FERRARI, 2001).

Os ácidos graxos constituem os principais componentes de grande parte dos lipídios presentes na dieta humana e são classificados de acordo com o grau de insaturação e o comprimento da cadeia.

O grau de insaturação é dado pelo número de duplas ligações do ácido graxo. Para um maior número de ácidos graxos com duplas ligações, menor é o ponto de fusão da gordura e maior facilidade de alteração da mesma (CUESTA & SÁNCHEZ-MUNIZ, 1994), já que os hidrogênios próximos às duplas ligações, têm mais tendência a reagir quimicamente do que os hidrogênios das ligações insaturadas.

Os triglicerídios sólidos na temperatura ambiente são conhecidos como gorduras, enquanto aqueles no estado líquido são os óleos. Os óleos, em geral, possuem uma alta proporção de ácidos graxos insaturados. As gorduras possuem ácidos graxos saturados de cadeia longa e têm pontos de fusão mais altos que os óleos, daí serem sólidas na temperatura ambiente (SANTOS, 1998).

A Figura 1 apresenta as composições em ácidos graxos dos principais óleos e gorduras vegetais, utilizados na alimentação.

Os ácidos são representados, de modo geral, pelo número de átomos de carbono da molécula, seguido pelo número de duplas ligações da cadeia carbônica, estando entre parênteses a posição das duplas ligações, contando a partir do grupo carboxila. Outra forma de representar de modo



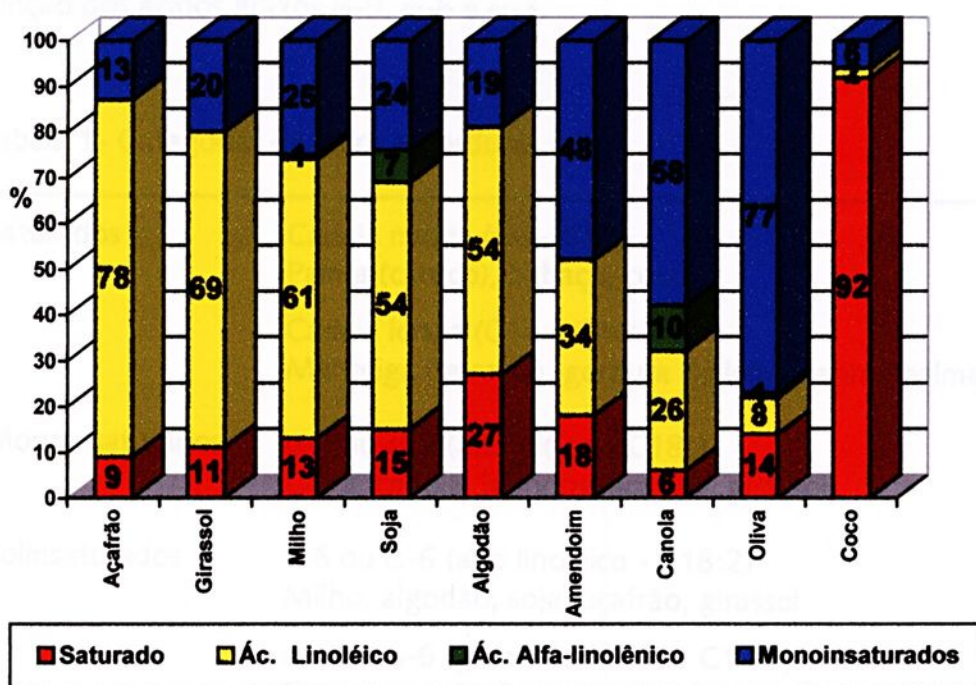


Figura 1- Conteúdo dos principais ácidos graxos de óleos e gorduras vegetais (WAITZBERG, 1995).

resumido os ácidos graxos, em estudos bioquímicos e de nutrição, é citar a posição da primeira dupla ligação, contando a partir do grupo CH_3 terminal da molécula e assumindo que as demais duplas ligações estão em padrão metileno-interrompido e na conformação *cis*. Dessa forma, os ácidos graxos podem ser divididos em famílias, como $n-9$ ou $\omega-9$ (oléico – 18:1, eicosatrienóico – 20:3, erúcico – 22:1, nervônico – 24:1), $n-6$ ou $\omega-6$ (linoléico – 18:2, gama-linolênico – 18:3, homo-gama-linolênico – 20:3, araquidônico – 20:4) e $n-3$ ou $\omega-3$ (alfa-linolênico – 18:3, eicosapentaenóico – 20:5, docosahexanóico – 22:6) (GUNSTONE & NORRIS, 1983).

A Tabela 1 apresenta as categorias de óleos e gorduras em

função dos ácidos graxos ω -9, ω -6 e ω -3.

Tabela 1- Categorias de óleos e gorduras.

Saturados	Cadeia média (C6 - C12) Palma (caroço), babaçu, coco
	Cadeia longa (C14 - C24) Manteiga de cacau, gordura do leite, banha, palma
Monoinsaturados	n-9 ou ω -9 (alto oléico - C18:1) Oliva, canola, híbridos (açafrão, girassol)
Polinsaturados	n-6 ou ω -6 (alto linoléico - C18:2) Milho, algodão, soja, açafrão, girassol
	n-6 ou ω -6 (gama linolênico - C18:3) Groselha preta, borage, prímula
	n-3 ou ω -3 (alfa linolênico - C18:3) Linhaça, salmão, cavala, atum, anchova

Fonte: GIOIELLI et al., 1984.

Os ácidos que ocorrem com mais frequência na natureza são conhecidos pelos seus nomes comuns, como nos casos dos ácidos butírico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, esteárico, entre os saturados; oléico, linoléico, linolênico e erúico que pertencem ao grupo dos ácidos graxos insaturados (ZILLER, 1994).

Entre os óleos vegetais comestíveis produzidos, os óleos de amendoim, algodão, girassol, milho e soja apresentam alto teor de ácido linoléico e, no caso do óleo de soja, significativo teor de ácido linolênico, ambos considerados ácidos graxos essenciais o que lhes confere um

destacado valor nutricional (BADOLATO et al., 1992).

Os óleos de soja e canola, por conterem quantidades maiores de ácido α -linolênico do que os outros óleos vegetais comestíveis, são mais suscetíveis à deterioração pelo processo da rancidez autoxidativa. Os óleos derivados de ácidos graxos com maior número de insaturações apresentam menor estabilidade para degradação por esse processo do que os ácidos graxos menos insaturados (MORETTO & FETT, 1998).

2.2. O processo de fritura

O processo de fritura por imersão é importante para vários setores e envolve igualmente os fabricantes de óleos e gorduras, de ingredientes alimentícios, de produtos fritos e de equipamentos de processamento. Preocupa engenheiros de processo e empresas do ramo de preparo de alimentos, sendo importante também para os laboratórios de controle de qualidade. Fritar, portanto, não é simplesmente o estudo dos óleos, gorduras e alimentos ou de equipamentos e condições de processamento. É, antes, o conjunto de todos esses elementos reunidos em um sistema (BLUMENTHAL, 1991).

Muitos consideram que a fritura é muito mais uma arte que uma ciência ou uma tecnologia. No entanto, esta técnica culinária que parece tão simples, é um processo extraordinariamente complexo, em que se encontram envolvidos uma grande quantidade de fatores.



Blumenthal (1996) descreve os benefícios do processo de fritura de alimentos, destacando melhoras quanto ao sabor e textura, à cor, à inativação de enzimas e microorganismos, além da transferência de calor, pois o óleo é um excelente condutor de calor.

2.2.1. História e geografia

É difícil afirmar um tempo definitivo quando as frituras começaram. Um dos primeiros registros encontra-se em "Levítico", capítulo 2, versos 4-7, 3º livro do Velho Testamento da Bíblia Sagrada, no qual faz distinção entre o alimento assado no forno e aquele preparado na frigideira. Levítico é aceito como se fosse escrito no período de 600 a.C., e se refere às regras com as quais as pessoas tinham que preparar e cozer os alimentos para o sacrifício a Deus (MORTON, 1998).

O cozimento com óleo na grelha ou na frigideira era claramente aceito, autores romanos também descrevem no 1º século a.C. a fritura de ovos. Já no Século XIV, a fritura era um processo de culinária bastante citada como metáfora, um provérbio comum neste século era: "*To fry in one's own grease*" – "Ser frito na própria gordura" (MORTON, 1998).

No programa da 2ª Conferência "The Frying of Food", foram apresentadas pinturas de Velásquez do início do Século XVI, retratando a figura de uma senhora idosa fritando ovos. Velásquez é conhecido como pintor de cenas domésticas do período, como também, da

nobreza (MORTON, 1998).

Na medida em que se caminha para a era moderna, a prática da fritura de alimentos tem tido altos e baixos. Varela et al. (1988), descreveram as vantagens e desvantagens da fritura, bem como os processos reais da fritura, destacando as mudanças ao longo do tempo, do tipo de óleo usado na fritura doméstica e industrial e a troca de gordura saturada animal pelo uso de óleos vegetais insaturados.

O rápido crescimento de diversos setores de consumo de óleos nos últimos anos se deve à modificação dos hábitos alimentares em países industrializados, como resultado de uma combinação de profundas mudanças sociais, econômicas e tecnológicas, em que se observa o grande desenvolvimento dos setores de restaurantes, de sistemas de alimentação coletiva e de alimentos de consumo imediato (POZO-DÍEZ, 1995).

A utilização crescente da fritura proveniente dos países industrializados, devido às novas necessidades de preparação de alimentos rápidos, determinou a expansão de uma indústria de produtos fritos e pré-fritos, onde as fritadeiras domésticas e industriais possibilitam a elaboração dos produtos em grande escala, tanto para consumo imediato como para posterior comercialização, sendo responsável por uma mudança significativa daquelas circunstâncias em que o processo era conduzido com a utilização da frigideira (PÉREZ-CAMINO et al., 1988).



2.2.2. Características do processo

Existem duas diferentes formas de fritura: superficial e por imersão. A fritura superficial é realizada, normalmente, em frigideiras ou em recipientes de pouca profundidade e com baixo nível de óleo, onde o alimento não fica totalmente coberto pelo mesmo. Desta forma, a parte submersa é frita e a que sobressai do óleo é cozida, devido ao vapor interno que se desprende do produto ao aquecer. A fritura por imersão é realizada em fritadeiras, caseiras ou industriais ou em recipientes com um nível elevado de óleo, onde o produto está totalmente submerso e a fritura ocorre, uniformemente, sobre toda a superfície (MONFERRER & VILLALTA, 1993b).

Segundo Mehta & Swinburn (2001), o processo de fritura pode ser dividido em quatro fases distintas:

1. Aquecimento inicial. Estágio de curta duração, somente enquanto a temperatura da superfície do alimento submerso alcança o ponto de ebulição do líquido. A transferência de calor se dá devido à convecção natural e não se observa, ainda, a formação de vapor d'água;
2. Fervura. Durante este estágio uma crosta começa a se formar na superfície do alimento, atribuída à transformação da convecção natural para convecção forçada. Isto ocorre devido à quantidade turbulenta de calor que circunda o alimento;
3. Taxa de queda. Este estágio significa que a temperatura do centro do alimento é tal que a umidade mais internamente localizada deixa o



- alimento por vaporização. Ocorrem alterações acentuadas de natureza físico-químicas, tais como gelatinização do amido e cozimento da região interna;
4. Final do borbulhamento. Se o alimento é frito por tempo prolongado ocorre diminuição visível da perda de água pela diminuição da formação das bolhas de vapor na superfície.

A transferência de calor do meio aquecido para a superfície do alimento permite que ocorra a transferência de umidade, tão logo o alimento é inserido no óleo quente. Como resultado, a água da superfície mais externa do alimento se vaporiza e escapa para a camada quente de matéria graxa que o envolve. A desidratação da superfície força a água contida nas camadas mais profundas a mover-se para fora do alimento. A água do alimento que está sendo frito migra radialmente da porção mais interna em direção ao exterior, às bordas, para substituir a água que se perde por desidratação das superfícies exteriores. Assim, a água é bombeada do interior para o exterior do alimento (PAUL & MITTAL, 1997).

Durante o processo de fritura destaca-se, ainda, o processo de transferência de óleo. A perda de água e a absorção de óleo em um alimento encontram-se inter-relacionadas. De acordo com Paul & Mittal (1997), a água que se difunde para o meio permite a formação de capilares e, em movimento contrário, permite a entrada de óleo quente do meio para o interior do alimento, numa taxa que depende da viscosidade e da tensão



superficial do óleo usado. O fato da pressão interior do alimento ser maior do que a externa limita a penetração do óleo. Estudos revelam que a penetração do óleo no alimento inicia-se quando cerca de 60% da umidade do produto tenha evaporado (VARELA, 1988).

Para Ufheil & Escher (1996), a absorção de óleo pelo alimento é muito pequena quando o mesmo é inserido no banho de óleo quente e durante o período de evaporação da água, ou seja, enquanto o alimento ainda não tenha alcançado o máximo de desidratação. Quando o alimento é retirado da fritadeira, a formação de vapor cessa e a gordura é absorvida pelos poros. Conseqüentemente, a maior parte da absorção do óleo ocorre depois que o alimento é retirado da fritadeira. As condições depois que o alimento frito é retirado da fritadeira parecem decisivas para o ganho de óleo. Em particular, a absorção de óleo parece estar relacionada à adesão de matéria graxa sobre a superfície do produto frito. A combinação de óleo líquido aderido e drenagem de uma superfície constitui um processo dinâmico que conduz ao equilíbrio. Conseqüentemente, a agitação e drenagem apropriadas do produto após a fritura são provavelmente técnicas de fritura importantes para reduzir o teor lipídico no alimento.

Outro aspecto considerado importante durante o processo de fritura é o intercâmbio lipídico. As trocas ocorrem durante a fritura de alimentos gordurosos, tais como frango e carnes, como pode demonstrar a presença detectada de compostos menores, tais como colesterol,



fosfolipídios, vitaminas, etc., em óleos ou gorduras de fritura, provavelmente provenientes dos alimentos que foram fritos nos mesmos. Conseqüentemente, do ponto de vista nutricional, muitos cuidados devem ser tomados ao considerar a composição da gordura ingerida, já que, ambas, a absorção do óleo de fritura e a migração de lipídios para o meio de fritura, poderiam contribuir para modificar a composição em ácidos graxos do produto acabado, os quais podem ser bem diferentes daqueles do produto inicial (DOBARGANES et al., 2000a).

Em produtos pré-fritos congelados como batatas, vegetais, etc., o óleo ou gordura encontra-se normalmente localizado na superfície. As trocas lipídicas nesses produtos são de interesse especial, já que os constituintes lipídicos apresentam duas características específicas:

1. Produtos pré-fritos contendo quantidades significativas do óleo usado na fritura prévia, de composição desconhecida e cuja qualidade depende de variáveis do processo de pré-fritura;
2. Como consequência da fritura prévia, o óleo absorvido se encontra preferivelmente na camada externa do alimento e, deste modo, fica em contato com o óleo durante a segunda operação de fritura.

Muitos estudos relatam, detalhadamente, a absorção de óleo, o intercâmbio de material de natureza lipídica e a possibilidade de maior adsorção de compostos polares na superfície do produto, durante a fritura de alimentos pré-fritos congelados (SEBÉDIO et al., 1990; PÉREZ-



CAMINO et al., 1991; POZO-DÍEZ, 1995). Independente da matéria graxa empregada ou do alimento pré-frito submetido à fritura, mais de 90% do conteúdo lipídico desse alimento, após o preparo, é proveniente do óleo de fritura, enquanto o alimento pré-frito transfere ao meio de fritura cerca de 85% do seu conteúdo lipídico inicial (DOBARGANES et al., 2000a).

2.3. Alterações em óleos de fritura

Durante o processo de fritura, o óleo está exposto contínua ou repetidamente à ação de vários agentes, os quais causam mudanças em sua estrutura (STEVENSON et al., 1984). Destacam-se, principalmente, três agentes: a água dos alimentos, que é a causa da alteração hidrolítica; o oxigênio atmosférico, que penetra no óleo desde a superfície da fritadeira provocando a alteração oxidativa e; finalmente, a temperatura, a qual origina a alteração térmica.

Jorge (1997), destaca que esses três tipos de alterações podem estar não só superpostos, como também inter-relacionados. Assim, a alta temperatura tem uma grande incidência nos produtos de oxidação, favorecendo a formação de dímeros e polímeros oxidados e não oxidados e, na mesma forma, os ácidos graxos livres originados na hidrólise são mais suscetíveis à alteração térmica e oxidativa do que, quando estão esterificados com o glicerol.

Conseqüentemente, é fácil entender a importância dos três



tipos de reações de alteração, dependendo fundamentalmente do alimento, do óleo e das características do processo. Tudo isto, promove uma complexidade tal que é impossível prever qual será a composição de um óleo submetido à fritura de um determinado alimento (POZO-DÍEZ, 1995).

As várias reações que ocorrem em um óleo de fritura são demonstradas na Figura 2, sendo as principais formas de deterioração: hidrólise, oxidação e polimerização.

2.3.1. Alterações hidrolíticas

Estas alterações são as primeiras que aparecem. Segundo Dobarganes et al. (1986), a alteração hidrolítica é produzida quando o produto a ser frito tem alto conteúdo de água. Os compostos originados inicialmente são os ácidos graxos livres com formação paralela de diglicerídeos, monoglicerídeos e glicerol. Os triglicerídeos que possuem ácidos graxos de cadeia curta são mais sensíveis à hidrólise do que os que possuem ácidos graxos de cadeia longa.

Os processos de hidrólise ocorrem, principalmente, no momento do aquecimento ou resfriamento do óleo ($< 100^{\circ}\text{C}$) e durante o armazenamento do mesmo, já que, durante a fritura, o óleo se encontra a $180\text{-}185^{\circ}\text{C}$ e a esta temperatura a umidade é eliminada em forma de vapor (MONFERRER & VILLALTA, 1993a).



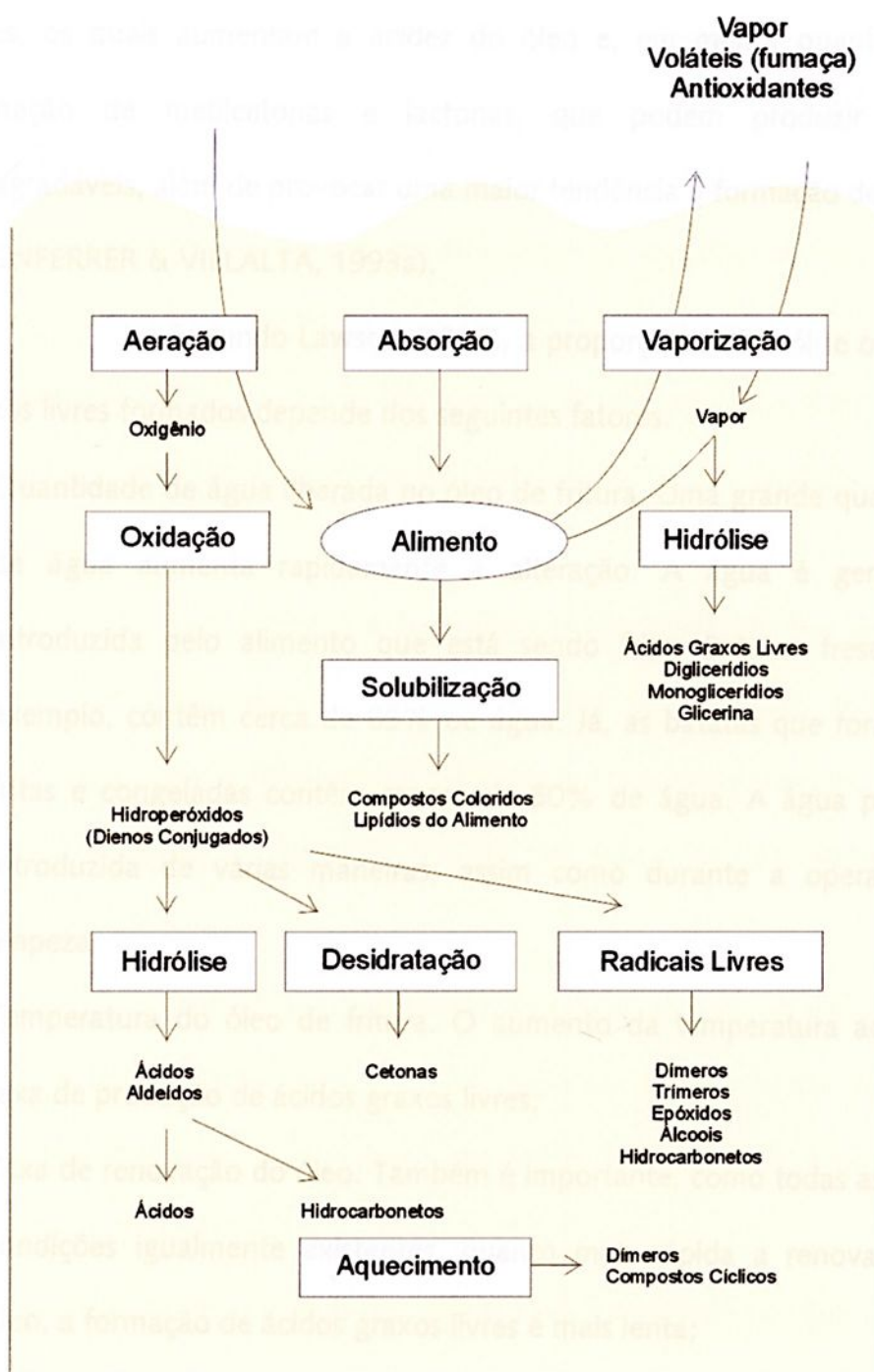


Figura 2- Diagrama das alterações ocorridas no óleo de fritura (FRITSCH, 1981).

O resultado da hidrólise é o aparecimento de ácidos graxos livres, os quais aumentam a acidez do óleo e, em menor quantidade, a formação de metilcetonas e lactonas, que podem produzir aromas desagradáveis, além de provocar uma maior tendência à formação de fumaça (MONFERRER & VILLALTA, 1993a).

Segundo Lawson (1995), a proporção de hidrólise ou ácidos graxos livres formados depende dos seguintes fatores:

- a. Quantidade de água liberada no óleo de fritura. Uma grande quantidade de água aumenta rapidamente a alteração. A água é geralmente introduzida pelo alimento que está sendo frito. Batatas frescas, por exemplo, contêm cerca de 85% de água. Já, as batatas que foram pré-fritas e congeladas contêm menos de 50% de água. A água pode ser introduzida de várias maneiras, assim como durante a operação de limpeza;
- b. Temperatura do óleo de fritura. O aumento da temperatura acelera a taxa de produção de ácidos graxos livres;
- c. Taxa de renovação do óleo. Também é importante, como todas as outras condições igualmente existentes, quanto mais rápida a renovação do óleo, a formação de ácidos graxos livres é mais lenta;
- d. Número de lotes de fritura;
- e. Acúmulo de partículas de alimentos esmigalhadas e queimadas no óleo de fritura, aumenta a taxa de formação de ácidos graxos livres. Por isso,



uma freqüente filtração é importante para minimizar o efeito da fritura.

2.3.2. Alterações oxidativas

A oxidação é um processo degradativo que ocorre quando o oxigênio atmosférico ou aquele que está dissolvido no óleo reage com ácidos graxos insaturados presentes. As reações químicas envolvidas no processo de oxidação dos óleos são muito complexas e geram, em seus estágios mais avançados, produtos sensorialmente inaceitáveis (LIMA & GONÇALVES, 1995).

Esse processo é favorecido e potencializado por incidência da luz, que atua como catalisador e, pela presença de substâncias fotossensíveis, como a riboflavina e a eritrosina. Os ácidos graxos insaturados são mais sensíveis à oxidação do que os saturados (MONFERRER & VILLALTA, 1993a).

Sabe-se que a autooxidação ocorre através de um processo geral que envolve três fases, as quais explicam toda a gama de novos compostos formados e que estão resumidas a seguir, de acordo com Monferrer & Villalta (1993a):

- a. Fase de iniciação ou indução. Nesta fase formam-se os radicais livres ($\text{ROO}^\bullet$ e $\text{R}^\bullet$) pela abstração de um hidrogênio de um grupo metileno adjacente à dupla ligação, seja a partir de um hidroperóxido (ROOH), favorecido pela alta temperatura e luz, ou a partir de um ácido graxo



- (RH), devido à presença de metais no meio;
- b. Fase de propagação ou continuação. Os radicais livres formados na fase anterior, dada sua grande reatividade, reagem com o oxigênio atmosférico (O_2) ou com outros ácidos graxos, produzindo peróxidos e posterior interação destes com novas moléculas insaturadas para originar hidroperóxidos, provocando, desta forma, uma reação em cadeia;
 - c. Fase de terminação ou finalização. Quando dois radicais livres se encontram podem reagir entre si, formando compostos estáveis, geralmente do tipo aldeído ou cetona.

Segundo Frankel (1991), existem diferenças substanciais entre a alteração oxidativa à baixa e à elevada temperatura, porém, em ambos os casos, a via principal de obtenção de compostos de alteração inclui a formação de hidroperóxidos.

Outros fatores, além da temperatura, também afetam a taxa de oxidação, entre eles destacam-se: a quantidade de óleo absorvido pelo alimento, a substituição por óleo novo, a área de superfície exposta ao oxigênio, a presença de metais como cobre ou de antioxidantes como o silicone os quais retardam a oxidação, além da qualidade inicial do óleo de fritura (LAWSON, 1995).

2.3.3. Alterações térmicas

As alterações térmicas ocorrem devido ao aquecimento do



óleo durante o processo de fritura, resultando na polimerização térmica. O mecanismo da polimerização térmica é muito complexo e ainda não completamente compreendido. As grandes moléculas de polímeros são formadas através de ligações carbono-carbono e/ou carbono-oxigênio-carbono envolvendo vários ácidos graxos (STEVENSON et al., 1984).

Os principais compostos obtidos na alteração térmica são dímeros, uma vez formados, a existência de duplas ligações em outros ácidos graxos das moléculas de triglicerídios pode resultar em uma posterior reação produzindo trímeros que podem, por sua vez, continuar a polimerização. Estes polímeros, por terem maiores tamanho e peso molecular, tendem a aumentar a viscosidade do óleo, favorecendo a formação de espuma e, portanto, a oxidação e, ainda, produzem maior absorção do óleo pelo produto. Os polímeros tendem a formar-se na superfície do óleo e a depositar-se nas laterais da fritadeira, formando uma película muito aderente de consistência plástica (MONFERRER & VILLALTA, 1993a).

O tratamento térmico também conduz à formação de compostos cíclicos (BILLEK, 1985). Monômeros cíclicos são nutricionalmente indesejáveis já que estes compostos podem ser absorvidos pelo organismo juntamente com os ácidos graxos e serem prontamente assimilados pelo sistema digestivo e linfático (ROJO & PERKINS, 1987). Ocorrendo o contrário com os compostos de elevado peso molecular, os polímeros não são absorvidos pelo organismo sendo de pouca importância neste aspecto



(MONFERRER & VILLALTA, 1993a).

2.4. Principais compostos de degradação

O consumo de óleos e gorduras para preparação de alimentos fritos tem se refletido em um aumento nos estudos dirigidos para conhecer um pouco mais sobre os compostos alterados formados durante o processo de fritura, definir os óleos e/ou gorduras mais idôneos para fritura e estabelecer o momento em que estes devem ser descartados (CASTANG, 1981; STEVENSON et al., 1984).

A Tabela 2 destaca as vias de alteração e os principais compostos originados durante o processo de fritura.

Tabela 2- Principais compostos originados durante o processo de fritura.

Tipo de alteração	Agente Causador	Compostos Resultantes
Hidrolítica	Umidade	Ácidos graxos livres Monoglicerídios Diglicerídios Glicerol
Oxidativa	Ar	Monômeros oxidados Dímeros e polímeros Compostos voláteis (aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos, etc.)
Térmica	Temperatura	Monômeros cíclicos Dímeros e polímeros

Fonte: GUTIÉRREZ & DOBARGANES, 1988.



Em geral, os produtos da decomposição dos óleos formados durante a fritura podem ser divididos em dois grandes grupos: compostos voláteis e compostos não voláteis. Os compostos voláteis são parcialmente eliminados durante a fritura e sua importância está intimamente relacionada com as características sensoriais do óleo e do produto frito. Os compostos não voláteis, por outro lado, são de grande interesse sob o ponto de vista nutricional, já que fazem parte da dieta ao permanecerem dissolvidos no óleo de fritura e serem, portanto, incorporados ao alimento frito. Além disso, sob o ponto de vista analítico, porque tais compostos são acumulados no óleo desde o início da fritura e seu nível está relacionado com a alteração total do óleo (FEDELI, 1988; GUTIÉRREZ & DOBARGANES, 1988).

2.5. Fatores que influenciam o processo de fritura

Ao introduzir um alimento em um óleo para fritura uma série de processos e reações geram alterações importantes, tanto no meio de fritura como no produto (MONFERRER & VILLALTA, 1993b). Estas alterações dependem de diversos fatores, alguns são dependentes do próprio processo como o tipo de equipamento utilizado, a temperatura, o tempo e o método de fritura. Outros, extrínsecos ao mesmo, se relacionam com o tipo de gordura utilizada, sua composição, suas características físico-químicas, a presença de aditivos, contaminantes, etc., assim como a natureza do alimento, peso/volume, tipo de preparação: empanados, pré-fritos, etc.



(POZO-DÍEZ, 1995).

2.5.1. Variáveis intrínsecas ao processo

2.5.1.1. Tempo e temperatura

O aumento do tempo de aquecimento se traduz, logicamente, em um incremento do nível de alteração (BRACCO et al., 1981), porém sua principal consequência é a diferente composição quantitativa dos compostos de alteração.

O tempo de permanência do produto na fritadeira para atingir o desenvolvimento de cor e textura adequados, coagulação de proteínas, desidratação parcial, gelificação de amidos etc., depende da temperatura utilizada, porque a temperatura e o tempo de aquecimento são variáveis dependentes entre si (JORGE, 1997).

Segundo Monferrer & Villalta (1993b), temperaturas muito baixas produzem alimentos de cores mais claras, permitindo uma maior absorção de óleo. Cerca de 40% a mais de gordura é absorvida para o interior do alimento, quando a temperatura é de 10°C a menos que a recomendada, que é de 180 a 185°C. Portanto, os produtos fritos a baixas temperaturas são menos saudáveis para o consumidor, a taxa de reposição fica aumentada além do necessário, gerando aumento no custo de produção (MEHTA & SWINBURN, 2001).

Já, temperaturas muito elevadas aceleram o processo de



fritura, porém produzem um alimento super cozido na superfície e incompleto no seu interior, uma vez que aceleram a decomposição do óleo (MONFERRER & VILLALTA, 1993b). Então, é necessário evitar temperaturas muito altas durante o processo de fritura e, como as fritadeiras mais modernas são providas de termostato que permitem recuperação rápida da temperatura, raramente se faz necessário elevar a temperatura do óleo acima de 180°C (BLUMENTHAL & STIER, 1991; LAWSON, 1995).

É importante comentar que a fritura é um processo dinâmico onde a temperatura do meio varia conforme a adição do alimento e os processos de evaporação de água e absorção da gordura (CUESTA & SÁNCHEZ-MUNIZ, 1994).

2.5.1.2. Tipo de equipamento e aquecimento

Geralmente o processo ainda se realiza em frigideira, onde se aquece uma pequena quantidade de óleo em relação à quantidade de produto a ser frito, implicando em uma elevada velocidade de reposição com óleo novo e a impossibilidade de alcançar elevados níveis de alteração. Atualmente, esta situação já está sendo invertida e a clássica frigideira está sendo substituída pelas fritadeiras, nas quais se aquece uma grande quantidade de óleo, para uma quantidade relativamente pequena de produto a fritar e, como consequência, o óleo é utilizado um elevado número de vezes com uma mínima reposição de óleo novo (JORGE, 1997).



Portanto, a seleção do equipamento é uma das primeiras decisões que afetam a qualidade das operações de fritura. De acordo com Monferrer & Villalta (1993a), as principais características de uma boa fritadeira são:

- a. Adequação de tamanho e volume em concordância com o produção esperada;
- b. Material de aço inoxidável, não utilizando galvanizados ou cobre, inclusive nas área externas, devido ao seu alto poder pró-oxidante;
- c. Superfície de contato entre o óleo e o ar deve ser a mínima possível, a fim de evitar um possível processo de oxidação;
- d. Dispor de um bom termostato para verificação periódica da temperatura;
- e. Facilidade de limpeza, pois o óleo polimerizado deposita nas paredes e tende a catalisar reações que levam a alterações no óleo.

Outro fator estudado com relação às fritadeiras é o tipo de aquecimento empregado. Foi demonstrado que o tipo de aquecimento descontínuo produz uma maior degradação que o aquecimento contínuo. Uma das explicações atribui este efeito a que à elevada temperatura, as reações oxidativas ocorrem fundamentalmente na superfície de contato com o ar; enquanto durante o resfriamento, ao diminuir a velocidade das mesmas e aumentar a solubilidade do ar, favorece a entrada de ar na massa e vai produzir uma maior quantidade de hidroperóxidos e radicais livres durante o posterior aquecimento (POZO-DÍEZ, 1995).



2.5.1.3. Relação superfície/volume

O incremento da relação superfície/volume tem um drástico efeito sobre a velocidade de alteração, uma vez que o aumento significa uma maior superfície específica do óleo em contato com o ar, afetando a velocidade das reações oxidativas (PÉREZ-CAMINO, 1986).

De um modo geral, valores selecionados para a relação superfície/volume variam, em média, de 0,5 a 1,0 cm^{-1} , correspondendo àqueles normalmente usados nas frituras em fritadeiras domésticas e em frigideiras, respectivamente (POZO-DÍEZ, 1995).

2.5.1.4. Renovação do óleo

A taxa de reposição ou adição de óleo novo é, provavelmente, o mais importante fator na manutenção da qualidade do óleo de fritura (PAUL & MITTAL, 1997). Refere-se à proporção entre o volume total da fritadeira e a quantidade de óleo absorvido pelo produto. O tempo necessário para que o volume de óleo novo adicionado para compensar as perdas, seja igual ao volume total da fritadeira é denominado período de renovação ou *turnover* (DOBARGANES & PÉREZ-CAMINO, 1991).

O reabastecimento com óleo é necessário para compensar perdas resultantes da absorção pelo alimento durante a fritura, porém dentro de um limite ótimo (LAWSON, 1995).



Estudos revelam que adição freqüente de óleo novo durante o processo de fritura pode minimizar alterações do tipo hidrolíticas e termoxidativas, prolongando a vida útil do óleo de fritura (ROMERO et al., 1999). A adição diária de óleo novo aumenta o tempo de utilização do óleo, por suprimir níveis críticos de compostos polares e índices de acidez elevados (FRANKEL & HUANG, 1994) e mantém a capacidade do óleo de produzir no produto frito bons resultados de cor e aroma (FRASER et al., 1995).

O efeito da adição de óleo novo deve ser, em princípio, benéfico porque se produz uma diluição dos produtos de alteração, ao mesmo tempo em que se evita o aumento da relação superfície/volume.

Assim, as boas práticas de operações de fritura podem ser resumidas da seguinte maneira: não encher demasiadamente a fritadeira, assegurar a temperatura mais alta somente durante o tempo estritamente necessário na fritura e manter a produção ao máximo.

Em conclusão, dois princípios podem se destacar: que a quantidade de gordura empregada no sistema seja a estritamente necessária para a fritura de um determinado alimento e que a fritadeira seja projetada para alcançar a máxima capacidade de produção. Conseqüentemente, o nível de produção por hora deve ser o mais alto possível, com o fim de aumentar o grau de renovação do óleo e diminuir o tempo no qual este se encontra submetido a altas temperaturas. Por isso, é melhor realizar produções máximas em períodos curtos que manter a fritadeira em funcionamento



durante períodos longos à produção baixa (DOBARGANES & PÉREZ-CAMINO, 1991).

2.5.2. Variáveis extrínsecas ao processo

2.5.2.1. Tipo de óleo

Uma grande variedade de óleos e gorduras é usada em operações de fritura. Podem ser de origem vegetal, animal ou uma mistura de ambos. O preço, a disponibilidade, a funcionalidade e os aspectos nutricionais são os maiores fatores envolvidos na seleção de um óleo ou gordura para serem utilizados em operações de fritura (ORTHOEFER, 1988).

Os aspectos nutricionais têm influenciado consideravelmente na escolha do óleo. Muitos consumidores têm modificado seus hábitos alimentares, como resultado de estudos médicos e recomendações institucionais (HAUMANN, 1995). Com base nas recomendações dietéticas, as gorduras animais têm sido substituídas por óleos vegetais.

Em relação aos fatores que influenciam na alteração do óleo, destacam-se o nível de insaturação, a qualidade inicial e a presença de aditivos (POZO-DÍEZ, 1995).

O grau de insaturação do óleo tem sido considerado há muito tempo como um dos fatores mais importantes, devido à distinta reatividade dos ácidos graxos insaturados. Segundo Paul & Mittal (1997), os óleos vegetais apresentam alto índice de ácidos graxos monoinsaturados e



polinsaturados. Assim, são mais suscetíveis às alterações oxidativas. Em pouco tempo tornam-se rançosos à temperatura ambiente e de qualidade inferior para operações de frituras com curtos períodos de reposição, bem como, para alimentos que necessitam de vida de prateleira mais longa. O processo de hidrogenação torna os óleos sólidos à temperatura ambiente, mais resistentes às alterações oxidativas e, assim, pode conferir vida de prateleira mais longa aos alimentos fritos.

A maioria dos autores recomenda a utilização de gorduras de insaturação média ou baixa, de elevada qualidade inicial e isenta de pró-oxidantes (STEVENSON et al., 1984).

Quando se dispõe de várias gorduras com semelhante e baixo grau de insaturação, deve-se esperar altas estabilidades para as mesmas. Entretanto, pode-se observar diferentes resultados dependendo de sua qualidade inicial. Garantir a qualidade inicial antes de sua utilização é de grande interesse em nível industrial e pode ser controlada mediante vários índices que asseguram que a gordura apresenta uma boa resistência ao tratamento térmico e à oxidação, como são os testes de oxidação acelerada (60 horas), o índice de peróxidos entre 1-2 meqO₂/kg, a acidez livre inferior a 0,1% e que a gordura tenha um sabor e odor suave e uma ligeira cor (DOBARGANES & PÉREZ-CAMINO, 1991).

Finalmente, com o fim de manter as melhores condições possíveis, os óleos utilizados para fritar empregam certos antioxidantes



permitidos, naturais ou químicos. O interesse destas substâncias está relacionado em obter um produto de melhor qualidade sensorial e, também, aumentar o tempo de prateleira do óleo, com um importante benefício econômico. Também foi encontrado que os antioxidantes absorvidos do meio de fritura, pelo alimento frito, inclusive em concentrações pequenas, podem reduzir a oxidação do óleo absorvido no alimento (POZO-DÍEZ, 1995).

2.5.2.2. Tipo de alimento

O alimento também exerce seu efeito sobre o processo e a qualidade do óleo através de diversos fatores envolvidos nele, que são sua composição, seu tamanho e a forma em que foi preparado. A influência do alimento sobre a alteração dos óleos é difícil de ser analisada dada a complexidade das interações envolvidas no processo e a diferente composição dos substratos que são submetidos à fritura (POKORNY, 1981).

Segundo Stevenson et al. (1984), vários ingredientes podem afetar a qualidade do óleo de fritura por diferentes mecanismos:

- a. Alimentos que apresentam alto teor de umidade podem propiciar reações hidrolíticas no óleo de fritura;
- b. Lecitina proveniente de alimentos ricos em ovos pode abaixar o ponto de fumaça;
- c. Matéria gordurosa proveniente de produtos cárneos pode contribuir para



- deterioração precoce dos óleos e gorduras de frituras;
- d. Produtos alimentícios de odor forte, tais como peixes, acebolados, etc., promovem o desenvolvimento de odores estranhos indesejáveis que favorecem a diminuição da vida útil do óleo de fritura;
- e. Partículas provenientes de alimentos empanados ou recobertos também podem contaminar o óleo de fritura. Estas partículas permanecem no óleo até que sofram caramelização, posteriormente se queimam e aparecem na superfície, carbonizadas. Constitui-se em importante fator para o escurecimento do óleo. A filtração rotineira auxilia na remoção destas partículas.

Segundo Lima & Gonçalves (1995), outro fator importante é a relação entre área superficial e peso do alimento, já que este parâmetro influencia diretamente a quantidade de óleo que penetra no alimento.

2.6. Medidas da deterioração de óleos de fritura

A complexidade do processo de fritura implica em inúmeras reações produzindo numerosos produtos de decomposição. A questão é como definir o ponto correto para descartar um óleo ou gordura utilizada na fritura, ou seja, até quando pode-se utilizar um óleo ou gordura sem que este comprometa negativamente o desempenho do produto final e não traga prejuízos à saúde.

Segundo Sanibal & Mancini-Filho (2002), não há um único

caminho para se obter essa resposta, pode ser adequado para uma condição, mas totalmente insatisfatório para outras, pois muitas são as variáveis, assim como: óleos ou gorduras utilizadas, tipos de alimentos fritos, tipo de equipamento e condições de fritura.

A determinação do ponto de descarte tem impacto econômico significativo, implicando em maior custo, quando o óleo é descartado muito cedo e pela perda da qualidade do alimento, quando descartado tardiamente. Alguns indicadores utilizados por restaurantes e *fast foods*, para determinar o ponto de descarte do óleo ou da gordura são: alteração da cor, presença de fumaça em temperaturas de fritura, presença de espuma e alterações do aroma e do sabor (O'BRIEN, 1998).

Por outro lado, apenas com base nas características sensoriais, a avaliação da deterioração de óleos e gorduras no processo de fritura se torna subjetiva e instável.

Durante as operações de fritura uma série de mudanças físico-químicas facilmente avaliadas são produzidas, entre as quais podem se citar as seguintes (GUTIÉRREZ & DOBARGANES, 1988; DOBARGANES & PÉREZ CAMINO, 1991):

- a. Variação das características sensoriais, caracterizada pelo desenvolvimento de aromas e sabores típicos dos óleos aquecidos em altas temperaturas ou do próprio alimento frito, relacionados com os compostos voláteis;

- b. Incremento da viscosidade e da densidade como consequência de reações de polimerização;
- c. Escurecimento devido à presença de compostos carbonílicos ou componentes polares do alimento solubilizados no óleo;
- d. Tendência à formação de espumas, relacionada com os produtos de polimerização;
- e. Diminuição do ponto de fumaça como consequência da eliminação de compostos voláteis;
- f. Variação da composição de ácidos graxos, caracterizada pela diminuição dos ácidos graxos mais insaturados, já que são mais susceptíveis às alterações;
- g. Aumento dos ácidos graxos livres, como resultado de reações de hidrólise;
- h. Diminuição do índice de iodo, ocorrida à medida que são eliminadas as duplas ligações nas reações de polimerização, ciclização, etc.;
- i. Modificações do índice de peróxidos.

Todas essas mudanças nos óleos de fritura têm sido medidas por numerosos métodos analíticos, a fim de monitorar o grau de alteração dos óleos.

Sobre a metodologia, os tradicionais índices físicos e químicos são largamente utilizados para medir as diferentes alterações, produzidas no óleo aquecido, tais como: ácidos graxos livres, índice de



peróxidos, índice de iodo, compostos carbonílicos, cor, ponto de fumaça, viscosidade, constante dielétrica, dienos e trienos conjugados, etc.. São de fácil e rápida realização analítica, não exigindo equipamentos de alto custo ou de difícil manejo e com resultados exatos e precisos. Estas vantagens favorecem sua adoção como métodos de controle em indústria de fritura de alimentos. Porém, estes evidenciam parcialmente a deterioração do óleo (MASSON et al., 1999).

Por outro lado, dispõe-se de métodos analíticos que quantificam de forma direta e total a alteração produzida, baseada especificamente em compostos relacionados com a degradação originada, entre os quais destacam-se a cromatografia em coluna, cromatografia gás líquido e cromatografia líquida de alta eficiência (POZO-DÍEZ, 1995).

A determinação dos compostos polares totais por cromatografia em coluna tem sido reportada por vários autores como um dos melhores métodos da determinação do estado de alteração do óleo de fritura (PÉREZ-CAMINO et al., 1988; CUESTA & SÁNCHEZ-MUNIZ, 1998; CELLA et al., 2002).

Atualmente, têm sido utilizados testes colorimétricos rápidos, os quais são considerados como métodos práticos e vantajosos no controle rotineiro de óleos de fritura, principalmente em estabelecimentos comerciais, pois podem ser realizados no local e por pessoal não especializado (MASSON et al., 1999).



Diversos trabalhos (AL-KAHTANI, 1991; DOBARGANES & MÁRQUEZ-RUIZ, 1998; SANIBAL & MANCINI-FILHO, 2001; LOPES, 2002) têm demonstrado que os testes rápidos podem monitorar a qualidade de óleo e gordura de fritura, sendo bons indicadores do ponto de descarte, considerando que obtiveram uma correlação positiva com os parâmetros físico-químicos.

2.7. Implicações nutricionais em óleos de fritura

Na ingestão de alimentos fritos destacam-se dois aspectos nutricionais importantes: a contribuição da fritura na ingestão total de lipídios na dieta e, o impacto da ingestão de substâncias potencialmente tóxicas formadas durante o tratamento térmico, isto é, o processo de fritura.

O processo de fritura aumenta a quantidade de óleo no alimento tornando-o, assim, uma fonte mais concentrada de energia. Este fato isolado é benéfico, assim como a melhoria da qualidade sensorial do alimento. A soma destes dois fatores leva a um maior consumo de calorias e, conseqüentemente, a um aumento do peso corpóreo, o que sob alguns aspectos pode ser indesejável (BERGER, 1984).

Os possíveis riscos à saúde envolvidos no consumo de óleos aquecidos ou oxidados como predisposição à aterosclerose, ação mutagênica ou carcinogênica têm sido, há muitos anos, comentados e revisados (KUBOW, 1990).



Há evidências que animais de laboratório, alimentados com óleos ou gorduras exaustivamente processadas em fritura, podem apresentar alterações metabólicas que resultam na perda de peso, supressão do crescimento, diminuição do tamanho do fígado e dos rins, má absorção de gordura, diminuição da taxa de dessaturação dos ácidos graxos linoléico e α -linolênico, além do aumento da taxa de colesterol no fígado e fertilidade reduzida (EDER, 1999).

Durante a fritura, a degradação termoxidativa leva à formação de triacilgliceróis de grupos acil insaturados com modificações nas suas propriedades nutricionais e à formação de muitos compostos oxidados e polimerizados, a maioria com polaridade mais alta do que a molécula de triacilglicerol original (SANIBAL & MANCINI-FILHO, 2002).

Sob condições de fritura, os óleos e gorduras são levados à formação de inúmeros isômeros geométricos *trans* dos ácidos graxos oléico, linoléico e α -linolênico (BRETILLON et al., 1998). Há evidências de que a modesta ingestão de ácidos graxos *trans* pode afetar o perfil das lipoproteínas, aumentando a lipoproteína de baixa densidade (LDL) e diminuindo a lipoproteína de alta densidade (HDL) (ASCHERIO & WILLETT, 1997).

Uma outra questão muito discutida é se os ácidos graxos *trans* são melhores ou piores do que os ácidos graxos saturados, os quais têm sido destacados como os maiores responsáveis pela aterosclerose. Segundo



estudo de Sundran et al. apud Sanibal & Mancini-Filho (2002), sobre metabolismo das lipoproteínas humanas, ambos aumentam o LDL, porém os ácidos graxos *trans* também atuam diminuindo o HDL, o que nutricionalmente é mais prejudicial.

De acordo com Barrera-Arellano & Block (1993), os ácidos graxos *trans* formados no processo de hidrogenação de óleos vegetais, assim como no processo de fritura por imersão, afetam a disponibilidade de ácidos graxos essenciais. Observou-se também que os efeitos negativos dos ácidos graxos *trans* sobre o metabolismo de ácidos graxos essenciais, não ocorrem quando o ácido linoléico é ingerido em quantidades suficientes junto com os isômeros *trans*. Dietas contendo 2% de ácido linoléico e 20% de isômeros *trans* não apresentaram efeitos adversos nas sínteses de prostaglandinas, na funcionalidade das membranas, na agregação das plaquetas e na oxidação dos ácidos graxos, indicando que 2% de ácido linoléico e o consumo de 8 g/dia de ácido graxo *trans*, é uma relação segura.

Araújo (1999) destaca que a ingestão de óleos ou gorduras termicamente alterados representa fonte de outras substâncias potencialmente tóxicas. São três classes distintas de substâncias de ocorrência em óleos e gorduras oxidados, as quais são representadas pelos ácidos graxos peroxidados e por seus produtos de decomposição, polímeros e esteróis oxidados formados em condições de processamento e armazenamento. Os peróxidos afetam a atividade de diversas enzimas, alteram as lipoproteínas de



baixa densidade (LDL) que estão envolvidas no desenvolvimento de lesões arterioscleróticas e interagem com o DNA, funcionando como promotores da carcinogênese. Acredita-se que a oxidação das LDL seja a principal causa de doenças cardiovasculares e a decomposição de peróxidos formados pela ação da lipoxigenase pode ser o mecanismo inicial da oxidação do LDL.

Ferrari (1998) reforça e destaca as diversas consequências nutricionais da oxidação lipídica: destruição parcial dos ácidos graxos insaturados essenciais linoléico e linolênico; formação de produtos secundários da oxidação lipídica (malonaldeído e outros compostos) e compostos de Maillard, capazes de reagir com biomoléculas (especialmente proteínas), diminuindo a absorção destas; irritação da mucosa intestinal por peróxidos, podendo provocar diarreia e diminuir a capacidade de absorção e; formação de lipídios oxidados que são antagonistas de diversos nutrientes, como tiamina, pantotenato de cálcio, riboflavina, ácido ascórbico, vitamina B₁₂, tocoferóis, vitamina A, proteínas, lisina e aminoácidos sulfurados.

A maioria dos autores concorda que os compostos mais nocivos são os monômeros cíclicos e oxidados, assim como os dímeros polares, quando são administrados em frações concentradas de produtos alterados (MÁRQUEZ-RUIZ et al., 1990).

2.8. Regulamentação para óleos de fritura

Para proteger os consumidores, regulamentos,

recomendações e diretrizes práticas têm sido adotados em diferentes países.

Firestone et al. (1991) apresentam uma revisão de leis e regulamentações adotadas por alguns países. A maioria deles adota as seguintes limitações: 1 – 2,5% de ácidos graxos livres; 24 – 27% de compostos polares totais e restrição para fritura com óleos vegetais com mais de 2% de ácido linolênico.

Monferrer & Villalta (1993b) destacam, ainda, outros parâmetros como: 15 meq/kg de amostra para índice de peróxidos; diminuição do índice de iodo de 16 g I_2 /100 g em relação ao índice de iodo do óleo novo e; diminuição do ponto de fumaça de 50°C em relação ao ponto de fumaça do óleo novo. Os autores recomendam, do ponto de vista prático, combinar pelo menos três provas simples para estabelecer o ponto de descarte dos óleos.

No Brasil, não existem leis e regulamentações que definam legalmente o monitoramento de descarte para óleos e gorduras de fritura. As Normas que regulamentam a adequação de um óleo para o consumo no Brasil, a portaria 482/99-ANVISA (BRASIL, 1999), prevêm alguns itens físico-químicos para controle da adequação do óleo, assim como: índice de iodo, índice de peróxidos e acidez. No entanto, não se referem aos óleos e gorduras de fritura.

Devido a esta situação, nos últimos anos, esforços têm sido feitos para se desenvolver ou adotar métodos de monitoramento da



qualidade de óleos e gorduras utilizados em fritura de imersão. Alguns municípios brasileiros já têm adotado tais medidas, como por exemplo o município de São Paulo, onde a SEMAB, Secretaria do Meio Ambiente, responsável em fiscalizar estabelecimentos como lanchonetes, restaurantes, pastelarias, etc. adotou o Oil Test da empresa Policontrol, para auxiliar os fiscais nas inspeções de rotina (SANIBAL & MANCINI-FILHO, 2002).

Como visto, a falta de leis e regulamentações, tem demonstrado que, cada vez mais, pesquisas devem ser efetuadas, alertando sobre o comportamento dos óleos e os riscos à saúde do controle inadequado dos óleos utilizados em processos de fritura.



3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Amostras

3.1.1.1. Óleos vegetais

Foram utilizados nos testes de frituras descontínuas os seguintes óleos vegetais: óleo de girassol refinado (OGR); óleo de soja refinado (OSR), que apresenta em sua composição os antioxidantes - Terc Butil Hidroquinona (TBHQ) e ácido cítrico e; óleo de milho refinado (OMR); produzidos pela Cargill Agrícola S.A., provenientes do comércio local de São José do Rio Preto – SP.

3.1.1.2. Batatas pré-fritas congeladas

Foram utilizadas para as frituras, batatas palito pré-fritas congeladas, tipo GOLDEN, produzidas por GEDIMEX B.V.B.A. - Bélgica, pacote de 2,5 kg, importadas e distribuídas pela Perdigão Agroindustrial S.A., cedidas para o desenvolvimento do projeto.

3.1.1.3. Produto cárneo empanado pré-frito congelado

Foram utilizados para as frituras, produto cárneo empanado pré-frito congelado – *snacks*, BIG CHICKEN TRADICIONAL, caixa de 3 kg, produzidos pela Perdigão Agroindustrial S.A., cedidos para o desenvolvimento do projeto.



3.1.2. Processo de fritura

Os ensaios de fritura descontínua, realizados com os óleos vegetais, foram conduzidos em uma fritadeira doméstica comercial, com capacidade de 3 litros. Durante o processo de fritura foram controladas as seguintes condições: temperatura cerca de 180°C , relação superfície/volume (S/V) de $0,3\text{ cm}^{-1}$ e tempo total de experimento de 12 horas, para ambos os produtos.

3.1.2.1. Fritura das batatas

Inicialmente foram colocados três litros de óleo na fritadeira, o qual foi aquecido por um período de 10 minutos. Cada lote de batatas foi frito por 5 minutos, empregando um intervalo de 30 minutos entre cada fritura, sendo que 5 minutos foram utilizados para o reaquecimento do óleo antes de iniciar a fritura seguinte. Foram realizadas as frituras de 25 lotes, cada lote com aproximadamente 500 g de batata. Foi empregada reposição de óleo novo nos intervalos das frituras para manter a relação S/V constante. O período de experimento para cada óleo foi de aproximadamente 12 horas, divididos em dois dias consecutivos de frituras descontínuas, sendo 6 horas em cada dia. O processo de fritura foi realizado separadamente para os três tipos de óleos estudados. As amostras dos óleos de fritura e batatas fritas foram tomadas em diferentes intervalos de tempo, conforme Tabela 3.



Tabela 3- Intervalos de tempo para a coleta de amostras.

	Lotes de fritura	Tempos de coleta (horas)
1º dia	1	0,5
	5	2,5
	10	5,0
2º dia	15	7,0
	20	9,5
	25	12,0

O número de fritura foi selecionado, levando-se em consideração os valores das variáveis tipos de produto e óleo, com o objetivo de se obter alterações similares às que se encontram ocasionalmente nos óleos de fritura.

As amostras de óleos (80 mL) foram coletadas em recipientes de vidro âmbar e as de batatas (100 g) foram embaladas em folha de alumínio e, em seguida, armazenadas em *freezer* à temperatura de aproximadamente -20°C para evitar posteriores alterações oxidativas incontroláveis. As amostras foram descongeladas apenas no momento das análises, as quais foram realizadas em duplicatas.

3.1.2.2. Fritura dos *snacks*

As condições de fritura dos *snacks* foram as mesmas descritas no item anterior, diferindo-se apenas na filtragem do óleo após as 6 horas iniciais, visto que os *snacks* são produtos empanados que liberam resíduos. As amostras de óleos (80 mL) e *snacks* (150 g), também foram tomadas de acordo com a Tabela 3, e armazenadas conforme descrito no



item anterior.

3.2. Métodos

3.2.1. Análises nos produtos

3.2.1.1. Teor de umidade

Foi utilizado o método AOCS Bc 2-49 (1990). Este método determina umidade e substâncias voláteis, expressos em porcentagem.

a) Procedimento

Para esta determinação utilizou-se estufa, dessecador e placas de Petri. O procedimento consistiu-se em, primeiramente, homogeneizar bem as amostras em recipiente fechado, reduzindo suas partículas por meio de um *mixer*. Pesou-se, rapidamente, 5 g da amostra em placas de Petri, previamente, taradas e colocadas descobertas na estufa a $130 \pm 3^\circ\text{C}$ por 2 horas ou até atingirem peso constante. As placas de Petri foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas.

b) Cálculo

A porcentagem de umidade contida na amostra foi dada pela fórmula:

$$\text{Umidade e matéria volátil (\%)} = \frac{\text{Perda de peso}}{P} \cdot 100$$

Onde:

P, peso da amostra, em gramas.



3.2.1.2. Teor lipídico

Para a determinação do teor de lipídios foi utilizado o método AOCS Bc 3-49 (1993), expresso em porcentagem, determinado no equipamento de extração de gordura, modelo MA 490 da marca Marconi. Este método determina as substâncias extraídas com éter de petróleo, sob as condições do teste.

a) Procedimento

Pesou-se 5 g da amostra, previamente seca em estufa 130°C, por 2 horas. A amostra foi acondicionada em papel de filtro enrolado na forma de um cartucho e tampada com algodão. Foram adicionados 150 mL de éter de petróleo no *reboiler*, previamente tarado. A extração procedeu-se por 90 minutos; após este período, deixou-se em refluxo por mais 30 minutos. Procedeu-se então à recuperação do solvente e, o *reboiler* colocado em estufa a 60°C até eliminar os traços de solvente. Retirou-se o *reboiler* da estufa procederam-se as operações de resfriagem e pesagem.

b) Cálculo

Para o cálculo do teor lipídico utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Teor lipídico (\%)} = \frac{\text{Peso do óleo}}{P} \cdot 100$$

Onde:

P, peso da amostra, em gramas.



3.2.1.3. Análise sensorial

Foram avaliadas separadamente as amostras de batatas fritas e *snacks*, provenientes de frituras com óleo novo (Fritura 1) e com óleo usado (após 12 horas de aquecimento – Fritura 26), realizadas com os três óleos vegetais em estudo, perfazendo um total de 12 amostras.

As análises sensoriais foram conduzidas em três dias consecutivos para cada produto, iniciando pela análise das batatas, e posteriormente, para os *snacks*, sendo realizadas duas frituras por dia, escolhidas aleatoriamente.

As frituras foram conduzidas em fritadeira doméstica comercial, com capacidade de 3 litros, sendo controladas as condições: temperatura cerca de 180°C e relação S/V de 0,3 cm⁻¹, para ambos os produtos.

Os provadores receberam grupos de duas amostras colocadas em pratos devidamente codificados, com números aleatórios de três dígitos. Todas as amostras foram apresentadas em condições similares de tal forma que os provadores não conhecessem as diferenças entre elas.

Foram utilizados 25 provadores para avaliar as amostras de batatas e 20 provadores para as amostras de *snacks*, devido à menor quantidade de amostra (*snacks*) disponível em cada operação de fritura.

Foi utilizada uma Escala Hedônica, que varia de “desgostei muitíssimo” a “gostei muitíssimo”, enumerada de 1 a 9, respectivamente,



onde os provadores assinalaram na ficha apresentada (Anexo 1) a sua opinião sobre o quanto gostou ou desgostou da amostra (MORALES, 1994).

Os resultados foram convertidos em números e analisados estatisticamente por análise de variância, no programa ESTAT.

Calculou-se também o índice de aceitabilidade, onde a nota máxima (9) correspondeu a 100% de aceitabilidade, e a média das notas referidas aos provadores definiu o índice de aceitabilidade (TEIXEIRA et al., 1987).

3.2.2. Análise nos óleos

3.2.2.1. Compostos polares totais

Foi aplicado o método cromatográfico, proposto por DOBARGANES et al. (2000b).

a) Preparação da amostra

Um grama da amostra de óleo, pesado em um béquer de 25 mL, foi transferido quantitativamente com uma mistura de hexano:éter etílico (90:10) para uma coluna de vidro, com 1 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento.

b) Preparação da coluna

Cinco gramas de sílica gel, granulometria de 0,063-0,200 mm, marca Merck N° 7734 ou equivalente (previamente seca em estufa a 105°C/1 hora, resfriada à temperatura ambiente em dessecador e agitada em



erlenmeyer de 250 mL com tampa para homogeneização das partículas/10 minutos) foram pesados em um béquer de 50 mL e adicionados cerca de 11 mL de hexano:éter etílico (90:10). A mistura homogênea foi transferida de uma só vez à coluna, cuja extremidade inferior foi revestida cuidadosamente por uma camada de algodão. A sílica residual foi lavada com 2 mL de hexano:éter etílico (90:10), em duas etapas. Em seguida, foi adicionado cerca de 1 g de areia do mar (camada de 1 cm) para facilitar a posterior fixação da amostra. As paredes do funil, localizado sobre a coluna, e as paredes da borda da coluna foram lavadas, removendo, assim, toda a sílica e areia do mar aderidas. O solvente em excesso foi eliminado sem que, em nenhum momento, deixasse de cobrir a sílica.

A fração apolar foi eluída com 50 mL da mistura de solventes hexano:éter etílico (90:10) e a fração polar com 50 mL de éter etílico. As frações polar e apolar foram recolhidas, separadamente, em balões de 250 mL. O solvente das frações foi evaporado em evaporador rotativo com banho de água a 60°C e sistema de vácuo. Os balões foram ainda colocados em banho-maria, por aproximadamente 20 minutos, até a eliminação completa do solvente. Após resfriados, foram efetuadas as pesagens de cada fração.

c) Cálculo

O teor de triglicerídios não alterados foi calculado pela fórmula:



$$\text{Fração apolar (\%)} = \frac{P_1}{P} \cdot 100$$

Onde:

P_1 , peso da fração não polar, em gramas;

P, peso da amostra adicionada à coluna, em gramas.

A obtenção gravimétrica da fração polar foi calculada da seguinte maneira:

$$\text{Fração polar (\%)} = \frac{P_2}{P} \cdot 100$$

Onde:

P_2 , peso da fração polar eluída com éter etílico, em gramas;

P, peso da amostra adicionada à coluna, em gramas.

O teor de compostos polares foi calculado também a partir dos triglicerídios não alterados, considerando a possibilidade dos compostos polares retidos estarem incluídos na fração polar.

$$\text{Fração polar (\%)} = 100 - \text{Fração apolar}$$

3.2.2.2. Ácidos graxos livres

Denomina-se "grau de acidez" à porcentagem de ácidos graxos livres que estão contidos em um óleo, expressos como ácido oléico.

Foi utilizado o método AOCS Cd 3d-63 (1993).

a) Procedimento

Consistiu-se em diluir 5 g da amostra em 50 mL de solvente



álcool etílico 95%, previamente neutralizado com solução aquosa de NaOH 0,1 M; adicionar 3 gotas de fenolftaleína 1% e; titular com hidróxido de sódio 0,1 M até aparecimento da coloração rósea.

b) Cálculo

Os ácidos graxos livres expressos em ácido oléico foram calculados, em porcentagem, utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Ácidos Graxos Livres (\%)} = \frac{V \cdot M \cdot 28,2}{P}$$

Onde:

V, volume da solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação, em mililitros;

M, molaridade da base, padronizada;

P, peso da amostra, em gramas.

3.2.2.3. Índice de peróxidos

Denomina-se índice de peróxidos à quantidade de oxigênio ativo, calculado em milequivalentes, contido em um quilograma de óleo. Foi utilizado o método proposto pela AOCS Cd 8-53 (1993).

a) Procedimento

Pesou-se 5 g da amostra num erlenmeyer de 250 mL, onde foram adicionados 25 mL de solução ácido acético:clorofórmio (3:2), agitando até dissolução da amostra. Em seguida, adicionou-se 1 mL de solução saturada de iodeto de potássio e aguardou-se 1 minuto com agitação ocasional. Após repouso no escuro por 5 minutos, adicionou-se 75 mL de



água destilada e agitou-se. Depois, titulou-se com solução de tiosulfato de sódio 0,01 M até reduzir a cor amarela. Finalmente, adicionou-se 5 mL de solução aquosa de amido 1% continuando a titulação até o desaparecimento da cor azul. Foi conduzido paralelamente um ensaio em branco.

b) Cálculo

A expressão dos resultados realizou-se a partir da seguinte expressão:

$$\text{Índice de Peróxidos (meq O}_2\text{/kg óleo)} = \frac{(A - B) \cdot M \cdot 1000}{P}$$

Onde:

A, volume de Na_2SO_3 gasto na titulação da amostra, em mililitros;

B, volume de Na_2SO_3 gasto na titulação do branco, em mililitros;

M, molaridade exata da solução de Na_2SO_3 ;

P, peso da amostra, em gramas.

3.2.2.4. Dienos Conjugados

Este método determina dienos conjugados presentes na matéria graxa, expressos como porcentagem de ácidos dienóicos conjugados. Para esta determinação foi utilizado o método AOCS Ti 1a-64 (1993). Foi utilizado Espectrofotômetro, marca SHIMADZU, modelo UV Mini 1240.

a) Procedimento

Consistiu-se em pesar em balão volumétrico de 10 mL, 0,1 g de amostra. Completou-se o volume com iso-octano (2,2,4-trimetilpentano)



puro e agitou-se para completa dissolução da amostra. Foram realizadas diluições necessárias para ter uma concentração final de 0,01 g de amostra/litro. A absorbância da solução foi medida a 233 nm. Usou-se cubeta com solvente puro para zerar o aparelho (branco). Várias leituras foram feitas para obter um valor médio. Para as leituras da absorbância que não estivessem entre 0,2 e 0,8; foram feitas novas diluições e leituras.

b) Cálculo

$$\text{Dienos Conjugados (\%)} = 0,84 \cdot \left(\frac{A}{b \cdot c} - k_0 \right)$$

Onde:

k_0 , absorvidade para grupos ácidos (0,03) ou ésteres (0,07);

A, absorbância a 233 nm;

b, espessura da cubeta, em centímetros;

c, concentração da amostra, em g/L.

3.2.2.5. Índice de TBA – ácido tiobarbitúrico

O índice de TBA foi determinado empregando a metodologia proposta pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Foi utilizado Espectrofotômetro, marca SHIMADZU, modelo UV Mini 1240.

a) Procedimento

Pesou-se 5 g da amostra em um béquer de 50 mL, onde foi dissolvida com clorofórmio e, em seguida, o material foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume com clorofórmio. Com



o auxílio de uma pipeta, transferiu-se 5 mL da solução para um tubo de centrífuga; adicionou-se 5 mL de ácido tricloroacético a 10% e centrifugou-se. Transferiu-se 4 mL do sobrenadante para um tubo de ensaio e, adicionou-se 1,25 mL de ácido tiobarbitúrico a 0,75%. Mergulhou-se o tubo de ensaio em água fervente por 10 minutos. Mediu-se a cor róseo-avermelhada desenvolvida em espectrofotômetro a 530 nm (fenda igual a 0,065 nm) usando um branco preparado paralelamente à amostra, a partir de 5 mL de clorofórmio.

b) Cálculo

O valor de TBA em moles/g foi encontrado através da equação dada pela curva padrão: $Y = 0,003 + 1272000 x$, onde Y = absorbância, x = concentração de TBA, em moles. Os resultados do valor de TBA foram expressos em $\mu\text{moles/g}$.

3.2.2.6. Medida da estabilidade oxidativa – Rancimat

A medida da estabilidade de óleos é definida como o ponto de máxima mudança de oxidação. O método utilizado foi o proposto pela AOCS Cd 12b-92 (1993). Foi utilizado Rancimat, marca METROHM, modelo 743.

a) Procedimento

Consistiu em encher os frascos de medida com 60 mL de água destilada e conectar os eletrodos. Foram pesados 3 g das amostras nos



frascos de reação. Conectou-se os tubos de ar aos frascos. Ajustou-se a temperatura da análise em 100°C e fluxo de ar em 20 L/h.

b) Cálculo

Uma curva de condutividade elétrica x tempo foi automaticamente registrada com o decorrer da reação e do teste, o período de indução foi determinado em horas.

3.3. Delineamento experimental

3.3.1. Análise de variância dos produtos fritos

Para as análises do teor de umidade e teor lipídico para cada produto foram estabelecidos os seguintes fatores: Óleos (OGR, OSR e OMR) e Tempos de Fritura (0,5; 2,5; 5,0; 7,0; 9,5 e 12 horas). Os resultados obtidos das determinações analíticas, em duplicata, foram submetidos à análise de variância para determinar a influência dos fatores sobre a alteração dos produtos submetidos ao processo de fritura. O experimento foi realizado em um esquema fatorial 3x6 com três tipos de óleos e seis tempos de fritura, no delineamento inteiramente casualizado. A Tabela 4 apresenta o esquema da análise de variância para as determinações analíticas.

Quanto à análise sensorial das batatas, foram estabelecidos os seguintes fatores: Óleos (OGR, OSR e OMR) e Tempos de Fritura (Fritura 1 e Fritura 26). As respostas dos provadores foram convertidas em números e submetidas à análise de variância, no delineamento em blocos casualizados. O



experimento foi realizado em um esquema fatorial 3x2 com três tipos de óleos e dois tempos de fritura, com 25 repetições. A Tabela 5 apresenta o esquema da análise de variância para a análise sensorial das batatas fritas.

Tabela 4- Esquema da análise de variância para as determinações analíticas nos produtos fritos.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Óleos	2
Tempos	5
Óleos x Tempos	10
(Tratamentos)	(17)
Resíduo	18
Total	35

Tabela 5- Esquema da análise de variância para a análise sensorial das batatas fritas.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Óleos	2
Tempos	1
Óleos x Tempos	2
(Tratamentos)	(5)
Blocos	24
Resíduo	120
Total	149

Na análise sensorial dos *snacks*, foram estabelecidos os mesmos fatores: Óleos (OGR, OSR e OMR) e Tempos de Fritura (Fritura 1 e Fritura 26). As respostas dos provadores também foram convertidas em números e submetidas à análise de variância, no delineamento em blocos

casualizados. O experimento foi realizado em um esquema fatorial 3x2 com três tipos de óleos e dois tempos de fritura, com 20 repetições. A Tabela 6 apresenta o esquema da análise de variância para a análise sensorial dos *snacks*.

As análises de variância e os testes de Tukey para as médias foram obtidos através do programa ESTAT.

Tabela 6- Esquema da análise de variância para a análise sensorial dos *snacks*.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Óleos	2
Tempos	1
Óleos x Tempos	2
(Tratamentos)	(5)
Blocos	19
Resíduo	95
Total	119

3.3.2. Análise de variância dos óleos de fritura

Para as determinações analíticas nos óleos foram estabelecidos os seguintes fatores: Produtos (batata pré-frita congelada e *snacks*), Óleos (OGR, OSR e OMR) e Tempos de Fritura (0,5; 2,5; 5,0; 7,0; 9,5 e 12 horas). Os resultados obtidos das determinações analíticas, em duplicata, foram submetidos à análise de variância para determinar a influência dos fatores sobre a alteração dos óleos submetidos ao processo de fritura. O experimento foi realizado em um esquema fatorial 2x3x6 com dois produtos, três tipos de óleos e seis tempos de fritura, no delineamento

inteiramente casualizado. A Tabela 7 apresenta o esquema da análise de variância para as determinações analíticas.

As análises de variância e os testes de Tukey para as médias foram obtidos através do programa ESTAT.

Tabela 7- Esquema da análise de variância para as determinações analíticas nos óleos de fritura.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Produtos	1
Óleos	2
Tempos	5
Produtos x Óleos	2
Produtos x Tempos	5
Óleos x Tempos	10
Produtos x Óleos x Tempos	10
(Tratamentos)	(35)
Resíduo	36
Total	71

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características dos óleos iniciais

O tipo de óleo utilizado e sua alteração são variáveis que influenciam o processo de fritura e dentro das quais, por sua vez, deve-se considerar a qualidade inicial do óleo. É por isso, que neste trabalho, foram estudadas as características iniciais dos óleos utilizados no procedimento de fritura, fazendo uso de índices analíticos normatizados, úteis na definição da qualidade dos óleos, como a quantificação de compostos polares totais, ácidos graxos livres, índice de peróxidos, dienos conjugados, índice de TBA, além da medida da estabilidade oxidativa.

Nas Tabelas 8 e 9 estão detalhadas as características físico-químicas e a composição em ácidos graxos dos óleos novos, utilizados nos processos de fritura de batatas e *snacks*, respectivamente.

De acordo com a Tabela 8, a avaliação dos compostos polares nos óleos novos indica que os óleos não diferem entre si pelo teste de Tukey. Os três óleos apresentam uma boa qualidade inicial, visto que, de acordo com Masson et al. (1997), a porcentagem de compostos polares em um óleo novo deve ser inferior a 5%. Segundo Lumley (1988), a faixa de variação para porcentagem de compostos polares em um óleo novo deve oscilar entre 0,4 e 6,4% de óleo.



Tabela 8- Características físico-químicas dos óleos novos utilizados nos processos de fritura das batatas e *snacks*.

Determinação Analítica	OGR	OSR	OMR
Compostos Polares Totais (%)	3,75a	4,49a	4,88a
Ácidos Graxos Livres (% ácido oléico)	0,05a	0,06a	0,09a
Índice de Peróxidos (meq/kg)	0,29a	0,10c	0,16b
Dienos conjugados (%)	0,23b	0,33a	0,21b
Índice de TBA (μ moles/g)	0,0008b	0,0075a	0,0059a
Estabilidade Oxidativa* (horas)	10,01c	12,47b	19,07a

OGR – óleo de girassol refinado, OSR – óleo de soja refinado, OMR – óleo de milho refinado;
a, b, c (linha) – médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);
*3 g de óleo, temperatura de 100°C, fluxo de ar: 20 L/h.

Tabela 9- Composição de ácidos graxos dos óleos novos utilizados nos processos de fritura.

Composição de ácidos graxos (%)	OGR	OSR	OMR
C14:0 – mirístico	máx. 0,5	máx. 0,5	máx. 0,1
C16:0 – palmítico	3,0 – 10,0	7,0 – 14,0	9,0 – 14,0
C18:0 – esteárico	1,0 – 10,0	1,4 – 5,5	0,5 – 4,0
C18:1 – oléico	14,0 – 35,0	19,0 – 26,0	24,0 – 42,0
C18:2 – linoléico	55,0 – 75,0	48,0 – 58,0	34,0 – 62,0
C18:3 – linolênico	máx. 0,8	5,0 – 9,0	máx. 2,0
C20:0 – araquídico	máx. 0,5	máx. 1,0	máx. 1,0
C20:1 – eicosenóico	máx. 0,5	máx. 0,5	máx. 0,5
C22:0 – behênico	máx. 1,0	máx. 0,5	máx. 0,5
C22:1 – erúico	máx. 0,5	máx. 0,2	máx. 0,2

OGR – óleo de girassol refinado, OSR – óleo de soja refinado, OMR – óleo de milho refinado
Fonte: Cargill Agrícola S.A.

Masson et al. (1997) encontraram valores semelhantes para ácidos graxos livres (0,05 a 0,12%, em ácido oléico), índice de peróxidos (1,6 a 5,3 meq/kg) e dienos conjugados (0,3 a 0,8%) para amostras de óleo de girassol e soja, quando usadas em frituras de batatas.

Os resultados obtidos em relação ao índice de peróxidos estão dentro das margens permitidas pelas normas que regulamentam a adequação de um óleo para o consumo no Brasil, a portaria 482/99-ANVISA, que estabelece para os óleos de girassol, milho e soja refinados 10 meq/kg para índice de peróxidos (BRASIL, 1999). É importante ressaltar que estas normas se referem ao óleo novo e não aos óleos de fritura.

Em geral, pode-se observar pela Tabela 8 que os valores de ácidos graxos livres, índice de peróxidos e dienos conjugados são indicativos de um bom refinamento dos óleos.

A estabilidade oxidativa está igualmente relacionada com o grau de insaturação, apresentando, conseqüentemente, diferentes níveis entre os óleos. Segundo os dados da Tabela 8, observa-se uma maior estabilidade oxidativa para o óleo de milho (19,07 horas), seguido pelo óleo de soja (12,47 horas) e menor para o óleo de girassol (10,01 horas).

Em relação à composição em ácidos graxos (Tabela 9), verifica-se que os óleos em estudo também atendem aos parâmetros legais vigentes para óleos refinados (BRASIL, 1999). A composição em ácidos graxos dos óleos novos mostra que há diferenças entre eles, destaca-se o



ácido linolênico e linoléico. Considerando os valores máximos, o óleo de soja apresenta maior valor de ácido linolênico (9,0) em comparação com os óleos de milho (2,0) e girassol (0,8). Considerando os valores máximos de ácido linoléico, a presença é maior no óleo de girassol (75,0), seguido pelo óleo de milho (62,0) e óleo de soja (58,0).

A Legislação de alguns países como: Chile, França e Bélgica têm restrição para o teor de ácido linolênico, ou seja, óleos vegetais com mais de 2% não são permitidos em frituras, pois mostram uma rápida formação de monômeros cíclicos, os quais são considerados compostos de risco do ponto de visto fisiológico (FIRESTONE et al., 1991).

4.2. Medidas nos produtos fritos

No processo de fritura, transformações são produzidas nas propriedades físico-químicas e sensoriais do alimento. Altera-se a textura, incrementa-se a crocância e aumentam-se os sabores e aromas, devido ao próprio óleo ou ao desenvolvimento de novos compostos. A conservação do produto é prolongada pela destruição de microrganismos e enzimas presentes nos alimentos e sua palatabilidade é aumentada como consequência da perda de umidade e ganho de gordura (GUILLAUMIN, 1988).

Com a finalidade de determinar a perda de umidade e a porcentagem de lipídios nas batatas e nos *snacks* durante o processo de



fritura, procedeu-se às determinações do teor de umidade e teor lipídico. A Tabela 10 apresenta a média dos resultados obtidos das determinações para as frituras de batatas e *snacks*.

Tabela 10- Resultados médios do teor de umidade e teor lipídico das batatas e *snacks* fritos.

Amostras	Batatas			Snacks		
	OGR	OSR	OMR	OGR	OSR	OMR
Teor de Umidade (%)						
F ₁	43,50	45,21	41,05	48,86	48,75	48,14
F ₅	43,24	48,15	44,92	45,81	49,57	49,58
F ₁₀	48,01	48,70	48,21	49,25	47,44	49,34
F ₁₅	41,10	46,74	47,71	50,51	48,50	49,63
F ₂₀	45,05	46,33	48,33	49,88	51,10	48,85
F ₂₅	46,78	48,73	47,11	50,23	46,49	53,23
Teor Lipídico (%)						
F ₁	15,10	23,11	20,88	33,17	32,67	33,47
F ₅	16,46	17,69	21,54	34,98	35,61	33,12
F ₁₀	14,76	18,97	20,49	35,36	34,70	35,18
F ₁₅	17,21	18,74	21,72	34,99	33,67	35,95
F ₂₀	15,04	18,47	20,25	34,44	34,50	34,89
F ₂₅	14,22	17,98	19,48	33,32	32,04	32,80

OGR – óleo de girassol refinado, OSR – óleo de soja refinado, OMR – óleo de milho refinado.

4.2.1. Teor de umidade

A água desempenha importantes funções na transferência de calor através da matriz do alimento. Capta a energia térmica do óleo quente que envolve o alimento que está sendo frito. Esta captação de energia da superfície do alimento evita que este se queime ou carbonize por excessiva desidratação (BLUMENTHAL, 1991).

As batatas e os *snacks* utilizados neste trabalho continham, originalmente, 67,50 e 54,21% de umidade, respectivamente. O teor de umidade das batatas não foi similar ao encontrado por outros autores, como Lawson (1995), que encontrou valores menores de 50% para batatas pré-fritas congeladas. Este fato se deve, logicamente, às diferenças existentes nos tipos de batatas, estado de conservação e processo de fritura.

De acordo com a Tabela 10, os resultados obtidos na análise do teor de umidade, após as frituras, variaram de 41,05 a 48,73% (valor médio = 46,05%) para as batatas e de 45,81 a 53,23% (valor médio = 49,17%) para os *snacks*, independentemente do tipo de óleo e tempo de fritura.

Observa-se que a perda de umidade nas batatas corresponde a 31,78% em relação ao produto original. Já, nas frituras dos *snacks*, a perda de umidade foi menor, correspondendo apenas a 9,30%, fato que pode ser justificado provavelmente pelo uso da técnica culinária de empanar o produto cárneo, de modo a diminuir a perda de água.

Segundo Pokorny (1998), a evaporação de água do alimento durante a operação de fritura significa uma perda substancial de peso que é particularmente importante no caso de produtos cárneos fritos, visto que a carne é muito mais cara que as batatas. Então, normalmente as carnes são empanadas antes de fritar, de tal forma que suprima a perda de peso e mantenha o produto frito mais macio e mais saboroso.



Para avaliar os efeitos dos fatores: Óleos e Tempos de Fritura de cada produto sobre o teor de umidade foram realizados os cálculos da análise de variância (Anexo 2). Como observado, na análise de variância para o teor de umidade das batatas, o teste F foi significativo ($P < 0,01$) para a interação Óleos x Tempos de Fritura. Então, os efeitos dos diferentes óleos dependem dos tempos de fritura utilizados e os efeitos dos tempos de fritura, dependem dos óleos utilizados. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento dessa interação e os resultados encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11- Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor de umidade nas batatas.

Óleos	Tempos de Fritura					
	F ₁	F ₅	F ₁₀	F ₁₅	F ₂₀	F ₂₅
OGR	43,50dB	43,24dC	48,01aB	41,10eC	45,05cC	46,78bB
OSR	45,21cA	48,15aA	48,70aA	46,74bB	46,33bB	48,73aA
OMR	41,05dC	44,92cB	48,21aAB	47,71abA	48,33aA	47,11bB

a, b, c (linha) – em cada óleo, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B (coluna) – em cada tempo de fritura, médias dos óleos seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Observa-se na Tabela 11, em relação aos tempos de fritura, que os teores de umidade das batatas apresentaram um comportamento instável, oscilando entre um aumento e uma diminuição, independentemente do tipo de óleo.

Essas variações podem ser devidas às variáveis incontroláveis

dentro do processo de fritura como as oscilações de temperatura do termostato da fritadeira, cuja variação faz com que durante a fritura haja uma maior perda de água e uma maior absorção de óleo ou vice-versa.

Segundo os dados do Anexo 2, na análise de variância para o teor de umidade dos *snacks*, observou-se também, que o teste F foi significativo ($P < 0,01$) para a interação Óleos x Tempos de Fritura. Procedeu-se, então, ao desdobramento da interação e os resultados encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12- Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor de umidade nos *snacks*.

Óleos	Tempos de Fritura					
	F ₁	F ₅	F ₁₀	F ₁₅	F ₂₀	F ₂₅
OGR	48,86cA	45,81dB	49,25bcA	50,51aA	49,88abcB	50,23abB
OSR	48,75bcA	49,57bA	47,44deB	48,50cdC	51,10aA	46,49eC
OMR	48,14cA	49,58bA	49,34bA	49,63bB	48,85bcC	53,23aA

a, b, c (linha) – em cada óleo, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B (coluna) – em cada tempo de fritura, médias dos óleos seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

De acordo com os dados da Tabela 12, em relação aos tempos de fritura, os *snacks* tiveram um comportamento similar às batatas, isto é, para todos os tipos de óleo houve uma oscilação entre um aumento e uma diminuição do teor de umidade.

Em relação ao tipo de óleo, verifica-se que no tempo de

fritura F_1 os valores do teor de umidade dos *snacks* não diferiram entre si para os três tipos de óleo estudados.

4.2.2. Teor lipídico

A absorção de óleo pelo alimento é influenciada por uma série de fatores que atuam sobre as velocidades de transferência de calor e massa, entre óleo e alimento e, são dependentes do próprio alimento, do óleo e das condições de fritura (SMITH et al., 1985). O óleo penetra nas camadas superficiais do alimento, no qual é retido por diversos mecanismos, passando a fazer parte do produto.

As batatas iniciais (pré-fritas congeladas) apresentaram 11,25% de teor lipídico. De acordo com a Tabela 10, o produto final apresentou, após as frituras, características diferentes em relação ao produto inicial, pois modificou rapidamente suas características físico-químicas e sensoriais, destacando a cor dourada, a textura e o aumento de seu conteúdo energético, variando de 14,22 a 23,11% (valor médio = 18,45%), independentemente do tipo de óleo e tempo de fritura.

Os *snacks* utilizados neste trabalho, originalmente, continham 32,46% de teor lipídico. Após o processo de fritura, verificou-se uma variação de 32,04 a 35,95% (valor médio = 34,17%), independentemente do tipo de óleo e tempo de fritura.

Observa-se que o aumento do teor lipídico nas batatas



corresponde a 64%, já nas frituras do *snacks*, representa um aumento de apenas 5,27%. Estes valores parecem se correlacionar com a redução do teor de umidade, visto que a água eliminada por evaporação é parcialmente substituída pelo óleo absorvido.

Segundo Makinson et al. (1997), alimentos com alto conteúdo de água e baixo teor de gordura estimulam a absorção de óleo; enquanto, estudos com alimentos de elevado conteúdo inicial de gordura têm demonstrado que estes não absorvem muito óleo durante a fritura. Por outro lado, a gordura do alimento é transferida para o óleo do banho.

Para avaliar os efeitos dos fatores: Óleos e Tempos de Fritura das batatas sobre o teor lipídico foram realizados os cálculos da análise de variância (Anexo 2). Como observado, na análise de variância do teor de lipídios das batatas, o teste F foi significativo ($P < 0,01$) para a interação Óleos x Tempos de Fritura. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento dessa interação e os resultados encontram-se na Tabela 13.

Os resultados apresentados na Tabela 13 mostram que, em relação aos tipos de óleo, as batatas fritas com o óleo de girassol apresentaram menor porcentagem de lipídios em todos os tempos de fritura. Verifica-se também que, a partir do tempo de fritura F_5 , as frituras que apresentaram maiores valores foram as obtidas com óleo de milho seguidas pelo óleo de soja.



Tabela 13- Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor lipídico nas batatas.

Óleos	Tempos de Fritura					
	F ₁	F ₅	F ₁₀	F ₁₅	F ₂₀	F ₂₅
OGR	15,10bcC	16,46abC	14,76cC	17,21aC	15,04bcC	14,22cC
OSR	23,11aA	17,69bB	18,97bB	18,74bB	18,47bB	17,98bB
OMR	20,88abB	21,54aA	20,49abA	21,72aA	20,25abA	19,48bA

a, b, c (linha) – em cada óleo, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B (coluna) – em cada tempo de fritura, médias dos óleos seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

O Anexo 2 apresenta os dados da análise de variância para o teor lipídico dos *snacks*. Como observado, os efeitos principais e a interação foram significativos ($P < 0,01$), sendo necessário, então, proceder ao desdobramento da interação, Óleos x Tempos de Fritura, cujos resultados estão na Tabela 14.

Tabela 14- Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para os dados de teor lipídico nos *snacks*.

Óleos	Tempos de Fritura					
	F ₁	F ₅	F ₁₀	F ₁₅	F ₂₀	F ₂₅
OGR	33,17cAB	34,98abB	35,36aA	34,99abB	34,44bA	33,32cA
OSR	32,67dB	35,61aA	34,70bB	33,67cC	34,50bA	32,04dB
OMR	33,47cA	33,12cC	35,18abAB	35,95aA	34,89bA	32,80cA

a, b, c (linha) – em cada óleo, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B (coluna) – em cada tempo de fritura, médias dos óleos seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Segundo os resultados apresentados na Tabela 14, verifica-se um aumento do teor lipídico nos tempos intermediários das frituras, seguido por um decréscimo no último tempo de fritura, independentemente do tipo de óleo. Em relação aos tipos de óleo, observa-se que no tempo de fritura F_{20} , os diferentes óleos não diferiram entre si.

De acordo com Paul & Mittal (1997), vários fatores afetam a penetração do óleo no alimento, como: forma geométrica do alimento, viscosidade do óleo de fritura, tipo de alimento, temperatura do meio de fritura e tempo de fritura, entre outros.

Em geral, a absorção de óleos depende mais da qualidade inicial do óleo de fritura do que do tipo de óleo ou gordura utilizada para fritar. A influência da qualidade do óleo é atribuída à formação de compostos de degradação, os quais aumentam a polaridade do meio de fritura. Por um lado, a viscosidade do óleo aumenta, o que contribui para aumentar a quantidade de óleo na superfície do alimento e, ainda, a tensão interfacial entre o alimento e o óleo diminui, facilitando assim, a absorção de óleo (DOBARGANES et al., 2000a).

Os parâmetros principais que influenciam a perda de água e a absorção de óleo são o tempo e a temperatura. Dobarganes et al. (2000a) verificaram que a temperatura não tem efeito significativo se mantida entre 150 e 180°C, embora, em geral, nas altas temperaturas a absorção de óleo na superfície diminua e, ao contrário, um excesso de absorção de óleo pode



ser o resultado de frituras em temperaturas muito baixas. A inter-relação de ambas as variáveis é comum e, assim, aconselha-se a alta temperatura e o curto tempo para obter um produto frito de qualidade.

4.2.3. Análise sensorial

As características sensoriais determinam a aceitabilidade ou não de um produto. Os atributos sensoriais, tais como cor, odor, textura e sabor, entre outros, são fatores que influenciam a utilização de vários produtos, sendo que o sabor é a mais importante propriedade na determinação da aceitabilidade de um alimento (CELLA et al., 2002).

Segundo Tseng et al. (1996), o sabor desejável de alimentos fritos é afetado pelo tipo de óleo utilizado e pelo tempo de uso em frituras. O método ainda mais usado em diferentes países para o descarte de óleos é a análise sensorial.

As amostras dos produtos fritos com os diferentes tipos de óleos vegetais foram avaliadas quanto à aceitação geral (sabor, textura e aparência) por um grupo de 25 provadores, para as batatas e, 20 provadores para os *snacks*, utilizando uma Escala Hedônica que variou de "desgostei muitíssimo" a "gostei muitíssimo" (Anexo 1).

Os Anexos 3 e 4 apresentam as análises de variâncias, no delineamento em blocos casualizados, da análise sensorial das batatas e dos *snacks*, respectivamente. Como observado não houve qualquer interação

significativa ($P > 0,05$), o que indica que os fatores: Óleos e Tempos de Fritura agem de modo independente sobre a aceitação geral das batatas e dos *snacks*. Observa-se, porém, que os provadores (blocos) apresentaram diferenças em seu julgamento ($P < 0,01$).

A Tabela 15 apresenta as médias obtidas das análises sensoriais (batatas e *snacks* fritos), cujos resultados, obtidos através da Escala Hedônica, foram convertidos em números com o objetivo de conhecer as amostras de maior aceitação pelos provadores.

Tabela 15- Médias dos fatores para os dados de aceitação geral.

Fatores	Aceitação Geral	
	Batatas	<i>Snacks</i>
Óleos		
Óleo de girassol	6,68a	7,45a
Óleo de soja	6,94a	7,48a
Óleo de milho	6,54a	7,98a
Tempos de Fritura		
Fritura 1	6,77a	7,62a
Fritura 26	6,67a	7,65a

a - para cada fator, médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 15, os provadores demonstraram não diferenciar as amostras de batatas e *snacks* fritos com os diferentes tipos de óleo e tempos de fritura.

Varela et al. (1983), em experimento com batatas e pescados, preparados com diferentes óleos vegetais (óleo de oliva, girassol e

soja) em diversos tempos de frituras, também não encontraram diferenças significativas entre os alimentos nas circunstâncias estudadas, relatando que o painel sensorial foi incapaz de diferenciar as batatas e o pescado procedentes de qualquer tempo de fritura, tanto em condições de laboratório com nas condições domésticas estudadas.

Segundo Teixeira et al. (1987), para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que se obtenha um índice de aceitabilidade de, no mínimo, 70%.

Observa-se na Tabela 15 que as médias das notas variaram entre 6,54 e 6,94 para a fritura das batatas e; 7,45 a 7,98 para os *snacks*, o que corresponde a um índice de aceitabilidade médio de 74,89 e 85,78%, respectivamente.

4.3. Medidas nos óleos de fritura

A avaliação da alteração e a identificação dos compostos que são formados durante a fritura de alimentos é de grande importância e interesse, não só para pesquisadores, como também para consumidores, indústrias de alimentos e administrações ligadas à saúde pública (POZO-DÍEZ, 1995).

Na Tabela 16 estão incluídos os resultados obtidos das determinações de compostos polares totais, ácidos graxos livres, índice de peróxidos, dienos conjugados, índice de TBA e medida da estabilidade



Tabela 16- Resultados médios das determinações físico-químicas dos óleos utilizados durante as frituras de batatas e *snacks*.

Amostras	Batatas			Snacks		
	OGR	OSR	OMR	OGR	OSR	OMR
Compostos Polares Totais (%)						
F ₁	4,78	4,81	4,72	4,60	5,07	4,87
F ₅	8,49	7,27	8,31	5,94	5,89	5,06
F ₁₀ <i>5L</i>	12,27	10,89	11,26	6,37	6,68	5,56
F ₁₅ <i>5L</i>	15,90	13,35	13,50	6,84	7,42	6,42
F ₂₀ <i>9L</i>	18,50	16,75	17,14	7,85	8,25	7,04
F ₂₅ <i>12L</i>	19,93	17,86	18,98	8,29	8,37	7,50
Ácidos Graxos Livres (%)						
F ₁	0,06	0,06	0,11	0,11	0,17	0,11
F ₅	0,11	0,11	0,11	0,11	0,17	0,14
F ₁₀	0,17	0,17	0,17	0,17	0,25	0,20
F ₁₅	0,22	0,17	0,22	0,22	0,28	0,20
F ₂₀	0,22	0,28	0,28	0,25	0,34	0,22
F ₂₅	0,28	0,28	0,34	0,25	0,37	0,28
Índice de Peróxidos (meq/kg)						
F ₁	0,98	0,68	1,03	0,52	0,42	0,21
F ₅	1,10	0,94	1,46	0,27	0,31	0,32
F ₁₀	1,55	0,82	1,26	0,27	0,26	0,23
F ₁₅	1,36	0,82	1,40	0,25	0,21	0,33
F ₂₀	1,05	0,75	0,91	0,24	0,23	0,26
F ₂₅	1,06	0,68	0,78	0,27	0,25	0,26
Dienos Conjugados (%)						
F ₁	0,342	0,397	0,287	0,285	0,399	0,216
F ₅	0,658	0,629	0,591	0,419	0,451	0,330
F ₁₀	1,043	0,916	1,807	0,466	0,506	0,411
F ₁₅	1,341	1,056	0,917	0,561	0,517	0,429
F ₂₀	1,495	1,170	1,040	0,600	0,601	0,474
F ₂₅	1,552	1,338	1,237	0,726	0,640	0,487
Índice de TBA (µmoles/g)						
F ₁	0,0047	0,0173	0,0114	0,0039	0,0055	0,0055
F ₅	0,0071	0,0122	0,0126	0,0012	0,0063	0,0110
F ₁₀	0,0244	0,0220	0,0138	0,0016	0,0055	0,0035
F ₁₅	0,0075	0,0158	0,0087	0,0000	0,0043	0,0008
F ₂₀	0,0098	0,0087	0,0106	0,0000	0,0039	0,0039
F ₂₅	0,0110	0,0071	0,0130	0,0000	0,0012	0,0051
Estabilidade Oxidativa* (horas)						
F ₁	7,43	11,45	13,48	9,94	9,79	22,86
F ₅	5,64	9,98	10,49	11,39	11,19	20,00
F ₁₀	4,27	9,57	8,86	12,21	12,35	21,30
F ₁₅	3,30	8,89	8,87	12,78	12,93	19,60
F ₂₀	2,83	7,98	6,19	13,49	13,98	20,98
F ₂₅	2,48	7,98	5,82	13,87	14,83	21,21

OGR – óleo de girassol refinado, OSR – óleo de soja refinado, OMR – óleo de milho refinado;

*3 g de óleo, temperatura de 100°C, fluxo de ar: 20 L/h.



oxidativa dos óleos de girassol, soja e milho utilizados nas frituras das batatas e *snacks*, nos diferentes tempos de fritura.

4.3.1. Compostos polares totais

Entende-se por compostos polares totais todos aqueles que têm uma polaridade maior que os triglicerídios e que correspondem aos não voláteis, resultantes da alteração oxidativa, térmica e hidrolítica (POZO-DIÉZ, 1995).

A determinação da quantidade total dos produtos de alteração, originados como consequência do processo de fritura, constitui a base das limitações de uso dos óleos existentes em muitos países, estabelecida em torno de 24 – 27% de compostos polares (FIRESTONE et al., 1991).

Considerando o limite de descarte acima estabelecido, os óleos estudados apresentaram teores de compostos polares bem abaixo deste limite, sendo maiores os valores médios nas frituras das batatas (12,48%) quando comparados com os obtidos nas frituras dos *snacks* (6,56%), conforme mostra a Tabela 16.

Em princípio, esperava-se que os *snacks*, por serem empanados e durante o processo de fritura liberarem partículas que possivelmente estariam mais sujeitas à carbonização, proporcionassem maior alteração nos óleos. Porém, ao contrário, os óleos da fritura dos *snacks*



apresentaram metade do valor de compostos polares formados quando comparados com os óleos de fritura das batatas.

Estes baixos valores podem ser atribuídos ao fato dos produtos serem pré-fritos em gorduras hidrogenadas. Como consequência desta fritura prévia, o óleo absorvido se encontra preferencialmente na camada externa do alimento, o que facilita as trocas lipídicas e, conseqüentemente, a presença dessas gorduras diminui a alteração do óleo.

Outro aspecto importante é a composição natural em ácidos graxos saturados do produto cárneo (*snacks*), os quais durante o processo de fritura, passam a fazer parte do óleo, tornando-o ainda mais resistente às reações termoxidativas e, conseqüentemente, apresentando valores de compostos polares menores em relação aos óleos de fritura das batatas. Observa-se, portanto, que a alteração dos óleos está intimamente relacionada com seu grau de insaturação, ao afetar fundamentalmente os ácidos graxos insaturados.

Alguns autores também atribuem os baixos valores de compostos polares à constante reposição de óleo novo empregado nestes processos (MASSON et al., 1997; CUESTA & SÁNCHEZ-MUNIZ, 1998).

Neste trabalho, a reposição com óleo novo por processo de fritura foi em média de 820 mL, necessários para repor o óleo absorvido pelo alimento e, assim, manter a relação superfície/volume, o que também contribuiu para os baixos níveis de compostos polares totais.



Warner et al. (1997), analisando o efeito da composição dos ácidos graxos dos óleos de algodão e girassol com alto teor de ácido oléico em frituras de batatas *chips* e palito, observaram que a deterioração dos óleos usados para a fritura de batatas *chips* foi bem menor do que a dos óleos usados na fritura de batatas tipo palito, o que pode estar relacionado com a grande reposição de óleo na fritura de batata *chips*.

O Anexo 5 apresenta a análise de variância para a determinação dos compostos polares totais, utilizando os valores obtidos ao longo do período de experimento de 12 horas. Como observado, todos os efeitos principais e as interações foram significativos ($P < 0,01$). Então, foi necessário proceder ao desdobramento da interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura (Anexos 6, 7 e 8).

Os resultados das médias dos compostos polares totais para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura encontram-se na Tabela 17.

Em relação aos resultados apresentados na Tabela 17, verifica-se que os valores de compostos polares totais aumentaram ao longo do tempo de fritura, independentemente dos tipos de produto e óleo utilizados, demonstrando que o aquecimento, mesmo entre períodos curtos foi prejudicial para o óleo.



Tabela 17- Médias de compostos polares, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura.

Amostras	Batatas			Snacks		
	OGR	OSR	OMR	OGR	OSR	OMR
F ₁	4,78fA α	4,81fA α	4,72fA α	4,60dA α	5,07eA α	4,87eA α
F ₅	8,49eA α	7,27eB α	8,31eA α	5,94cA β	5,89deA β	5,06deB β
F ₁₀	12,27dA α	10,89dB α	11,26dB α	6,37bcA β	6,68cdA β	5,56cdB β
F ₁₅	15,90cA α	13,35cB α	13,50cB α	6,84bA β	7,42bcA β	6,42bcB β
F ₂₀	18,50bA α	16,75bB α	17,14bB α	7,85aA β	8,25abA β	7,04abB β
F ₂₅	19,93aA α	17,86 ^a C α	18,98aB α	8,29aA β	8,37aA β	7,50aB β

a, b... - em cada coluna, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B - em cada linha, médias dos óleos em cada produto seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

α , β - em cada linha, médias dos produtos em cada óleo seguidas de mesma letra grega, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Para os óleos em cada produto, observa-se que os valores tanto para as batatas como para os *snacks* não diferiram entre si no tempo de fritura F₁. Verifica-se, para as batatas, que a partir do tempo fritura F₁₀ o óleo de girassol apresentou maiores valores de compostos polares quando comparados com os óleos de soja e milho. Apesar destes óleos apresentarem diferenças na composição em ácidos graxos, obtiveram comportamento similar, diferindo-se apenas nos tempos de fritura F₅ e F₂₅. Já, para os *snacks*, observa-se que o comportamento dos compostos polares foi diferente do encontrado nas batatas, pois a partir do tempo de fritura F₅, as porcentagens de compostos polares foram menores para o óleo de milho e, similares entre os óleos de girassol e soja.

Em relação aos produtos em cada óleo, observa-se que durante o processo de fritura, as médias de compostos polares para as batatas apresentaram valores maiores em comparação com as médias para os *snacks*, com exceção do tempo de fritura F_1 .

Resultados similares foram encontrados por Damy (2001) ao estudar o comportamento do óleo de soja em fritura de batatas *chips* à temperatura de 180°C, no qual observou que os valores de compostos polares aumentaram ao longo do tempo de fritura, atingindo 15% após 7,5 horas de aquecimento.

Masson et al. (1997), estudando o comportamento dos óleos polinsaturados obtidos de estabelecimentos comerciais, em frituras de batatas, também obtiveram resultados abaixo da recomendação para os compostos polares totais, variando de 5,3 a 21,3%.

4.3.2. Ácidos graxos livres

Durante a fritura, o aumento de ácidos graxos livres é devido a reações hidrolíticas que se sucedem, podendo, assim, ser usado como um indicador, demonstrando se o processo de hidrólise está sob controle (YAGHMUR et al., 2001).

Uma recomendação habitual nos Estados Unidos é desprezar os óleos de fritura que possuem conteúdo de ácidos graxos livres superior a 1% (SMITH et al., 1985), e nas indústrias que produzem carnes fritas deve



ser inferior a 2% (USDA/FSIS, 1985).

Conforme observado na Tabela 16, neste estudo não se alcançaram valores superiores a 1% em nenhuma fritura. Os valores oscilaram entre 0,06 e 0,37%, o que indica um baixo nível de hidrólise. Deve-se salientar que a acidez livre encontrada no óleo não reflete apenas os ácidos graxos formados durante o processo de fritura como também, aqueles inicialmente presentes no óleo antes do aquecimento e extraídos dos alimentos que estão sendo fritos (MASSON et al., 1997).

O Anexo 5 apresenta a análise de variância para a determinação de ácidos graxos livres. Observa-se que o teste F foi significativo ($P < 0,01$) para os efeitos principais e para a interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura. Então, tornou-se necessário o desdobramento dessa interação (Anexos 6, 7 e 8) e os resultados dos testes de médias encontram-se na Tabela 18.

De acordo com a Tabela 18, em relação aos tempos de fritura, para as batatas, observa-se que os ácidos graxos aumentaram em função do número de frituras, independentemente dos óleos estudados, indicando o desenvolvimento de reações hidrolíticas. Nas frituras dos *snacks*, observa-se também um aumento dos ácidos graxos livres com o tempo de aquecimento, independentemente dos óleos estudados, porém, ocorreu de forma menos intensa.



Tabela 18- Médias de ácidos graxos livres, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura.

Amostras	Batatas			Snacks		
	OGR	OSR	OMR	OGR	OSR	OMR
F ₁	0,06eBβ	0,06dBβ	0,11eAα	0,11cBα	0,17cAα	0,11cBα
F ₅	0,11dAα	0,11cAβ	0,11eAα	0,11cBα	0,17cAα	0,14cABα
F ₁₀	0,17cAα	0,17bAβ	0,17dAα	0,17bBα	0,25bAα	0,20bBα
F ₁₅	0,22bAα	0,17bBβ	0,22cAα	0,22aBα	0,28bAα	0,20bBα
F ₂₀	0,22bBα	0,28aAβ	0,28bAα	0,25aBα	0,34aAα	0,22bBβ
F ₂₅	0,28aBα	0,28aBβ	0,34aAα	0,25aBα	0,37aAα	0,28aBβ

a, b... - em cada coluna, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B - em cada linha, médias dos óleos em cada produto seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

α, β - em cada linha, médias dos produtos em cada óleo seguidas de mesma letra grega, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Em relação aos tipos de óleo em cada produto, verifica-se que nas frituras das batatas os valores de ácidos graxos livres não diferiram entre si nos tempos de fritura F₅ e F₁₀. Já, para os *snacks*, observa-se que o óleo de soja apresentou os maiores valores de ácidos graxos livres em todos os tempos de fritura.

Para os produtos em cada óleo, observa-se que o óleo de soja apresentou menores valores de ácidos graxos livres nas frituras das batatas do que dos *snacks*, independentemente do tempo de fritura. Para o óleo de girassol, os ácidos graxos livres apresentaram um comportamento similar entre os produtos, diferindo-se apenas no tempo de fritura F₁. O óleo de milho também apresentou valores de ácidos graxos livres similares entre

os produtos, diferindo-se somente nos tempos de fritura F_{20} e F_{25} .

Os ácidos graxos livres são produtos resultantes da hidrólise, ainda que pequenas quantidades possam ser produzidas por reações oxidativas. Alguns pesquisadores têm questionado sua importância no monitoramento da degradação de óleos, pois a porcentagem de ácidos graxos livres não pode se correlacionar com outros métodos de monitoramento da degradação de óleos. Ácidos graxos livres são moderadamente voláteis e uma quantidade desconhecida é perdida durante o aquecimento. Níveis moderados de ácidos graxos livres parecem não estar relacionados com a qualidade inferior do alimento e os ácidos graxos livres podem sofrer oxidação e serem convertidos em outros produtos que não são medidos por métodos de titulação (TOMPKINS & PERKINS, 2000).

4.3.3. Índice de peróxidos

O índice de peróxidos está relacionado com a formação dos hidroperóxidos, produtos primários de oxidação, que são instáveis nas condições do processo de fritura e, decompõem-se em misturas de combinações de aldeídos principalmente voláteis. As concentrações de produtos de oxidação, expressas em índice de peróxidos, podem não indicar a extensão atual da deterioração do óleo (YAGHMUR et al., 2001).

O Anexo 5 apresenta a análise de variância para a determinação do índice de peróxidos. Como observado, o teste F foi



significativo ($P < 0,01$) para as interações Produtos x Óleos e Produtos x Tempos de Fritura, sendo, então, necessários os desdobramentos dessas interações e os resultados encontram-se nas Tabelas 19 e 20, respectivamente. Para a interação Óleos x Tempos de Fritura o teste de F foi significativo ($P < 0,05$) e o resultado do desdobramento da interação encontra-se na Tabela 21.

Tabela 19- Desdobramento da interação Produtos x Óleos para os dados de índice de peróxidos.

Óleos	Produtos	
	Batatas	<i>Snacks</i>
OGR	1,18aA	0,30bA
OSR	0,78aB	0,28bA
OMR	1,14aA	0,27bA

a, b (linha) - em cada óleo, médias dos produtos seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B (coluna) - em cada produto, médias dos de óleos seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Tabela 20- Desdobramento da interação Produtos x Tempos de Fritura para dados de índice de peróxidos.

Produtos	Tempos de Fritura					
	F ₁	F ₅	F ₁₀	F ₁₅	F ₂₀	F ₂₅
Batatas	0,90bA	1,17aA	1,21aA	1,19aA	0,90bA	0,84bA
<i>Snacks</i>	0,38aB	0,30aB	0,25aB	0,26aB	0,24aB	0,26aB

a, b (linha) - em cada óleo, médias dos produtos seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B (coluna) - em cada produto, médias dos de óleos seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Observa-se na Tabela 19 que o índice de peróxidos é maior nas frituras das batatas do que nas frituras dos *snacks*, independentemente do tipo de óleo. Em relação aos óleos estudados, nas frituras do *snacks*, verificou-se que os valores de peróxidos não diferiram entre si.

Em relação aos tempos de fritura, observa-se na Tabela 20, que nas frituras das batatas os tempos de fritura F_5 a F_{15} não diferiram entre si e apresentaram maiores valores de peróxidos em relação aos demais tempos. Já, nas frituras dos *snacks*, os valores de peróxidos não diferiram entre si, independentemente do tempo de fritura.

Quanto aos produtos dentro de cada tempo de fritura, constata-se que houve diferença significativa para os valores de peróxidos, apresentando maiores valores para as batatas.

Tabela 21- Desdobramento da interação Óleos x Tempos de Fritura para dados de índice de peróxidos.

Óleos	Tempos de Fritura					
	F_1	F_5	F_{10}	F_{15}	F_{20}	F_{25}
OGR	0,75abA	0,69abB	0,91aA	0,80abA	0,65bA	0,67abA
OSR	0,55aB	0,63aB	0,54aB	0,52aB	0,49aA	0,46aB
OMR	0,62bcAB	0,89aA	0,75abcA	0,87abA	0,59cA	0,52cAB

a, b (linha) - em cada óleo, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B (coluna) - em cada tempo de fritura, médias dos óleos seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Observando os tempos de fritura, na Tabela 21, os óleos de girassol e milho apresentaram um comportamento instável, oscilando entre um aumento e uma diminuição ao longo do processo de fritura. Por outro lado, o óleo de soja não apresentou diferença significativa entre os diferentes tempos de fritura.

Em relação ao tipo de óleo, observa-se que no tempo de fritura F_{20} os valores de peróxidos não diferiram entre si para os três óleos estudados.

Segundo Monferrer & Villalta (1993b), o índice de peróxidos pode ser um indicativo de descarte do óleo quando atinge valores acima de 15 meq/kg. Assim sendo, nenhum dos valores encontrados neste estudo estão acima desta recomendação.

Segundo alguns autores (CUESTA et al., 1991; LIMA, 1994; MASSON et al., 1997), há uma limitação na metodologia para determinação de peróxidos; essas substâncias que vão sendo formadas durante o processo de fritura, aumentam seu peso molecular até que a estrutura se fracione em moléculas menores, que mesmo presentes no óleo, nem sempre são detectadas pela análise. Este fator ocorre, principalmente, em tempos de fritura mais elevados, fazendo com que este índice não seja um bom indicador do estado de alteração do óleo; pois, a velocidade de degradação é maior que a velocidade de formação dos peróxidos.

Em estudos realizados por Masson et al. (1999), empregando



vários óleos vegetais, observaram-se também valores baixos para os índices de peróxidos, confirmando mais uma vez que este não é um bom parâmetro para avaliar a deterioração do óleo pelo calor que, durante o aquecimento, a decomposição de hidroperóxidos é mais rápida do que seu acúmulo (STEVENSON et al., 1984).

4.3.4. Dienos Conjugados

Quando os ácidos graxos dos óleos polinsaturados são oxidados, principalmente ácido linoléico e linolênico, formam-se dienos conjugados que podem ser medidos por absorção ultravioleta a 232-234 nm (GUTIÉRREZ & DOBARGANES, 1988; WHITE, 1991; MELTON et al., 1994).

O acompanhamento dos espectros de absorção na faixa do ultravioleta das amostras de óleo fornece uma boa indicação das alterações que ocorrem durante o processo oxidativo, visto que o índice de peróxidos não reflete o aumento da degradação do óleo com o tempo de fritura. Por serem instáveis, os peróxidos são rapidamente formados e quebrados em compostos menores, porém, os dienos conjugados que se formam concomitantemente, permanecem no óleo de fritura (CELLA et al., 2002).

O Anexo 5 apresenta a análise de variância para a determinação de dienos conjugados. Como observado, o teste F foi significativo ($P < 0,01$) para os efeitos principais e para a interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura. Então, tornou-se necessário o desdobramento



dessa interação (Anexos 6, 7 e 8) e os resultados dos testes de médias encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22- Médias de dienos conjugados, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura.

Amostras	Batatas			Snacks		
	OGR	OSR	OMR	OGR	OSR	OMR
F ₁	0,342fB α	0,397fA α	0,287fC α	0,285fB β	0,399eA α	0,216dC β
F ₅	0,658eA α	0,629eB α	0,591eC α	0,419eB β	0,451dA β	0,330cC β
F ₁₀	1,043dA α	0,916dB α	0,807dC α	0,466dB β	0,506cA β	0,411bC β
F ₁₅	1,341cA α	1,056cB α	0,917cC α	0,561cA β	0,517cB β	0,429bC β
F ₂₀	1,495bA α	1,170bB α	1,040bC α	0,600bA β	0,601bA β	0,474aB β
F ₂₅	1,552aA α	1,338aB α	1,237aC α	0,726aA β	0,640aB β	0,487aC β

a, b... - em cada coluna, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B - em cada linha, médias dos óleos em cada produto seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

α , β - em cada linha, médias dos produtos em cada óleo seguidas de mesma letra grega, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Observa-se na Tabela 22, em relação aos tempos de fritura, que a formação de dienos conjugados foi crescente durante o aumento do tempo de aquecimento, independentemente dos tipos de produto e óleo utilizados.

Para os óleos em cada produto, observa-se que, no processo de fritura das batatas, a partir do tempo de fritura F₅, o óleo de girassol apresentou maior porcentagem de dienos conjugados, seguidos pelo óleos de soja e milho. Já, nas frituras dos *snacks*, a maior concentração de dienos

conjugados variou entre os óleos de girassol e soja e, manteve-se mais baixa no óleo de milho.

Em relação aos produtos em cada tipo óleo, verifica-se que a formação de dienos conjugados foi maior durante a fritura das batatas do que nas frituras do *snacks*, independentemente do tipo de óleo.

Os valores de dienos conjugados encontrados neste trabalho não foram similares aos encontrados por outros autores (LAKE & SCHOLTS, 1997) que demonstraram que produtos como carnes e peixes apresentaram valores de dienos conjugados superiores a produtos de origem vegetal, como por exemplo, batatas fritas, fato este que se deve, logicamente, às diferenças existentes no procedimento de fritura no que se refere ao tempo de fritura e tipo de produto.

Todavia, os valores encontrados neste trabalho foram similares aos descritos por Masson et al. (1997), ao estudar o comportamento de óleos polinsaturados obtidos de estabelecimentos comerciais, em frituras de batatas, os quais apresentaram-se dentro do intervalo 0,5 a 2,6%.

Cella et al. (2002), em estudo do comportamento do óleo de soja refinado em fritura por imersão com diferentes alimentos de origem vegetal (mandioca, couve-flor, abobrinha e batata), constataram que o acréscimo do tempo de aquecimento promoveu um aumento nos valores de dienos conjugados. Os autores reforçaram, ainda, que nos tempos de fritura onde houve reposição com óleo novo, os níveis de dienos conjugados foram



reduzidos.

4.3.5. Índice de TBA - ácido tiobarbitúrico

O Anexo 5 apresenta a análise de variância para a determinação do índice de TBA. Como observado, todos os efeitos principais e as interações foram significativos ($P < 0,01$). Então, foi necessário proceder ao desdobramento da interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura (Anexos 6, 7 e 8). Os resultados das médias do índice de TBA para cada combinação encontram-se na Tabela 23.

Tabela 23- Médias de índice de TBA, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura.

Amostras	Batatas			Snacks		
	OGR	OSR	OMR	OGR	OSR	OMR
F ₁	0,0047cC α	0,0173bA α	0,0114abB α	0,0039aA α	0,0055aA β	0,0055bA β
F ₅	0,0071cB α	0,0122cA α	0,0126aA α	0,0012abC β	0,0063aB β	0,0110aA α
F ₁₀	0,0244aA α	0,0220aA α	0,0138aB α	0,0016abB β	0,0055aA β	0,0035bcAB β
F ₁₅	0,0075cB α	0,0158bA α	0,0087bB α	0,0000bB β	0,0043abA β	0,0008cB β
F ₂₀	0,0098bcA α	0,0087dA α	0,0106abA α	0,0000bB β	0,0039abA β	0,0039bA β
F ₂₅	0,0110bA α	0,0071dB α	0,0130aA α	0,0000bB β	0,0012bB β	0,0051bA β

a, b... - em cada coluna, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B - em cada linha, médias dos óleos em cada produto seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

α , β - em cada linha, médias dos produtos em cada óleo seguidas de mesma letra grega, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Segundo os dados da Tabela 23, em relação aos tempos de fritura, para as batatas, verifica-se que os índices de TBA tiveram um

comportamento instável oscilando entre um aumento e uma diminuição. Já, para os *snacks*, constata-se que os valores encontrados nos óleos de girassol e soja diminuíram com o tempo de fritura e no óleo de milho oscilou entre um aumento e uma diminuição.

Para os óleos em cada produto, observa-se que no processo de fritura dos *snacks*, os valores do índice de TBA não diferem entre si no tempo de fritura F_1 .

Em relação aos produtos em cada tipo de óleo, observa-se que o índice de TBA é maior nas frituras das batatas do que os valores obtidos nas frituras dos *snacks*, independentemente do tipo de óleo e tempo de fritura, com exceção do tempo de fritura F_1 , no óleo de girassol da fritura dos *snacks*, o qual não diferiu significativamente da fritura das batatas, o mesmo ocorrendo com o óleo de milho no tempo de fritura F_5 .

O fato dos valores de TBA encontrados nas batatas serem maiores do que os valores dos *snacks*, pode ser atribuído ao grau de insaturação, visto que os ácidos graxos saturados dos *snacks* durante o processo de fritura passam a fazer parte do óleo, contribuindo para diminuir os níveis de TBA, os quais são evidenciados à medida que aumenta o tempo de fritura, chegando a alcançar valor igual a zero a partir da fritura F_{15} no óleo de girassol.

Lake & Scholes (1997), em experimentos com frituras de



batatas pré-fritas congeladas em óleos vegetais, encontraram valores de TBA que variavam entre 0,07 e 0,22 $\mu\text{moles/g}$. Estes valores foram superiores aos encontrados neste trabalho, fato que se deve provavelmente às diferenças no processo de fritura, como o uso de maiores tempo e temperatura de aquecimento.

Em outro experimento similar, Zhang & Addis (1990), determinando o índice de TBA de uma mistura de 50% de sebo e 10% de óleo de algodão utilizada para fritura de batata *chips* a aproximadamente 170°C, encontraram valores na faixa de 0,004 a 0,010 $\mu\text{moles/g}$.

4.3.6. Medida da estabilidade oxidativa – Rancimat

O Anexo 5 apresenta a análise de variância para a medida da estabilidade oxidativa. Como observado, todos os efeitos principais e as interações foram significativos ($P < 0,01$). Então, foi necessário proceder ao desdobramento da interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura (Anexos 6, 7 e 8). Os resultados das médias do período de indução para cada combinação encontram-se na Tabela 24.

Como observado na Tabela 24, em relação aos tempos de fritura, observa-se uma redução do período de indução, conforme o aumento do tempo de aquecimento nos processos de fritura das batatas. Já, para os *snacks*, observa-se o oposto, o período de indução aumenta com o tempo de fritura, fator este, também relacionado à quantidade de ácidos graxos



saturados liberados durante o processo de fritura. Estes valores reforçam que a estabilidade oxidativa está igualmente relacionada com o grau de insaturação do óleo ou gordura.

Tabela 24- Médias do período de indução, para cada combinação de Produtos, Óleos e Tempos de Fritura.

Amostras	Batatas			Snacks		
	OGR	OSR	OMR	OGR	OSR	OMR
F ₁	7,43aCβ	11,45aBα	13,48aAβ	9,94eBα	9,79eBαβ	22,86aAα
F ₅	5,64bBβ	9,98bAβ	10,49bAβ	11,39dBα	11,19dBα	20,00dAα
F ₁₀	4,27cCβ	9,57bcAβ	8,86cBβ	12,21cBα	12,35cBα	21,30bAα
F ₁₅	3,30dBβ	8,89cAβ	8,87cAβ	12,78bcBα	12,93cBα	19,60dAα
F ₂₀	2,83deCβ	7,98dAβ	6,19dBβ	13,49abBα	13,98bBα	20,98cAα
F ₂₅	2,48eCβ	8,00dAβ	5,82dBβ	13,87aCα	14,83aBα	21,21bcAα

a, b... - em cada coluna, médias dos tempos de fritura seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

A, B - em cada linha, médias dos óleos em cada produto seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$);

α, β - em cada linha, médias dos produtos em cada óleo seguidas de mesma letra grega, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Quanto aos óleos em cada tipo de produto, observa-se que, nas frituras das batatas, o óleo de girassol apresentou o menor período de indução, valor este que pode ser correlacionado com a maior quantidade de compostos polares formados neste óleo durante o processo de fritura. Já, nas frituras dos *snacks*, o maior período de indução corresponde ao óleo de milho, o qual apresentou os menores valores de compostos polares. Os demais óleos apresentaram comportamento similar, diferindo apenas na

fritura F₂₅.

Para os produtos, verifica-se que os períodos de indução durante as frituras das batatas foram menores que os valores obtidos para as frituras dos *snacks*, com exceção do óleo de soja no tempo de fritura F₁, o qual apresentou maior valor na fritura das batatas.

Em geral, observa-se uma relação direta entre a estabilidade oxidativa dos óleos, os compostos polares e o grau de insaturação no comportamento dos óleos durante a fritura.

4.4. Correlações

A Tabela 25 apresenta os coeficientes de correlação entre os testes analíticos realizados nos óleos de fritura, considerando os dois produtos, os três óleos e os seis tempos de fritura.

Tabela 25- Coeficientes de correlação entre os testes analíticos realizados nos óleos de fritura.

	CPT	AGL	IP	DC	TBA	MEO
CPT	1,00					
AGL	0,52*	1,00				
IP	0,52*	-0,23	1,00			
DC	0,95*	0,44*	0,55*	1,00		
TBA	0,36*	-0,24*	0,67*	0,41*	1,00	
MEO	-0,67*	-0,03	-0,72*	-0,72*	-0,44*	1,00

CPT – Compostos Polares Totais; AGL – Ácidos Graxos Livres; IP – Índice de Peróxidos; DC – Dienos Conjugados; TBA – Índice de TBA; MEO – Medida da Estabilidade Oxidativa;

* – teste significativo (P < 0,05).

De acordo com resultados da Tabela 25, destaca-se a correlação encontrada entre a porcentagem de compostos polares totais e dienos conjugados (0,95). Masson et al. (1997), encontraram correlação entre estes índices de 0,64; já, Lopes (2002) encontrou 0,72. Diferenças distantes podem ser explicadas pelas características dos óleos e pelas diferentes condições em que se deram as frituras.

Quanto às demais correlações, como era de se esperar, os coeficientes apresentaram-se baixos, devido, provavelmente, à grande heterogeneidade das amostras.

Segundo Pérez-Camino et al. (1988), a separação das amostras em grupos mais homogêneos é útil para explicar as diferenças existentes entre distintos autores, devido a que, deste modo, reduz-se o número de variáveis envolvidas no processo.

Na Tabela 26 os coeficientes de correlação entre as determinações analíticas foram determinados considerando os dados referentes ao tempo de fritura F_{25} .

Observa-se na Tabela 26 que, quando estabelecido o tempo de fritura, os coeficientes de correlação lineares entre os métodos analíticos melhoraram.

Os compostos polares totais apresentaram altos índices de correlação com dienos conjugados, índice de peróxidos e medida da



estabilidade oxidativa, ou seja, 0,97; 0,96 e -0,93, respectivamente. Estes resultados indicam a relação existente entre deterioração total medida pelos compostos polares e os parâmetros relacionados com a oxidação.

Tabela 26- Coeficientes de correlação entre os testes analíticos realizados nos óleos referentes ao tempo de fritura F_{25} .

	CPT	AGL	IP	DC	TBA	MEO
CPT	1,00					
AGL	0,03	1,00				
IP	0,96*	-0,04	1,00			
DC	0,97*	-0,08	0,96*	1,00		
TBA	0,87*	0,10	0,86*	0,76*	1,00	
MEO	-0,93*	-0,05	-0,92*	-0,96*	-0,71*	1,00

CPT – Compostos Polares Totais; AGL – Ácidos Graxos Livres; IP – Índice de Peróxidos; DC – Dienos Conjugados; TBA – Índice de TBA; MEO – Medida da Estabilidade Oxidativa;

* – teste significativo ($P < 0,05$).

Observa-se, ainda, pela Tabela 26, que os coeficientes encontrados para ácidos graxos livres não foram significativos com nenhum outro método estudado.

Pérez-Camino et al. (1987), estudando o comportamento de óleos de oliva e girassol em frituras domésticas, observaram que os coeficientes encontrados entre os compostos polares totais e os ácidos graxos livres foram baixos, ou seja, 0,80 para o óleo de oliva e 0,62 para o óleo de girassol. Em um estudo similar, realizado com amostras procedentes de fritadeiras industriais, nas quais o produto a ser frito possuía um elevado teor de umidade, os coeficientes de correlação entre estes índices foram superiores a 0,90 devido ao

desenvolvimento da alteração hidrolítica, confirmando a utilidade do índice de ácidos graxos livres como um método simples de controle. No entanto, em experiências onde o produto a ser frito é diversificado e o sistema de fritura muito diferente do industrial, os coeficientes de correlação encontrados não permitem sugerir a utilização da acidez como método de controle da alteração e indicam a necessidade de utilizar métodos objetivos, baseados na quantificação de compostos quando se avalia a degradação nas gorduras de fritura de procedência desconhecida.

De acordo com Masson et al. (1997), os resultados de estudos prévios que estabelecem correlações entre métodos analíticos são pouco úteis para estabelecer conclusões de caráter geral. Assim, por exemplo, tem-se encontrado coeficientes de correlação entre a quantidade de compostos polares e a acidez livre tão variáveis como 0,33 (PÉREZ-CAMINO et al., 1988) e 0,90 (SMITH et al., 1985). Há uma boa correlação geral entre ambos os métodos, o que não impede que se possam obter valores elevados, dependendo das características das amostras. Isto é demonstrado facilmente quando se conhece a origem dos óleos de fritura e que separam-se em grupos de maior homogeneidade. Partindo de um coeficiente de correlação baixo e sem significação estatística, é possível encontrar coeficientes elevados para diferentes grupos de amostras em que se dão valores mais restritos das variáveis do processo de fritura (PÉREZ-CAMINO et al., 1988).

Destacam-se também, na Tabela 26, os altos valores de



correlação inversa entre a medida da estabilidade oxidativa e as análises de dienos conjugados, compostos polares e índice de peróxidos, apresentando correlações de -0,96; -0,93 e -0,92, respectivamente, demonstrando que à medida que se formam compostos de degradação, diminui a estabilidade oxidativa dos óleos.



5. CONCLUSÕES

Em resumo, os resultados obtidos neste estudo permitem deduzir as seguintes conclusões:

- As perdas de umidade nas batatas e nos *snacks* corresponderam, em média, a 31,78 e 9,30% e, a absorção média de óleo de 64 e 5,27% em relação aos produtos originais, respectivamente, o que representam produtos finais de elevado valor calórico;
- Quanto aos resultados da análise sensorial, tanto para as frituras das batatas como para as dos *snacks*, os provadores demonstraram não diferenciar estatisticamente as amostras nos diferentes tipos de óleos e tempos de fritura estudados ($P > 0,05$);
- O índice de aceitabilidade das batatas e dos *snacks* foi de 74,89 e 85,78%, respectivamente, indicando que todos os tratamentos resultaram em produtos de boa aceitação;
- Os óleos vegetais utilizados neste estudo apresentaram menores alterações nas frituras dos *snacks* do que nas frituras das batatas, fato este atribuído principalmente à composição em ácidos graxos presentes no produto cárneo;
- Os óleos analisados, girassol, soja e milho, apesar das diferenças na composição em ácidos graxos, não apresentaram em nenhuma análise valores acima dos limites recomendados em alguns países para o descarte

dos mesmos, independentemente do tipo de produto frito e tempo de aquecimento. Isto sugere que as condições estabelecidas no processo de fritura: tempo e temperatura de aquecimento, relação S/V e reposição de óleo novo são seguras, garantindo produtos de qualidade e indicando que todos os óleos foram adequados à fritura.

- Quanto às determinações analíticas, observou-se uma relação direta entre a estabilidade oxidativa, os compostos polares e o grau de insaturação dos óleos que foram modificando-se durante a fritura dos produtos.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KAHTANI, H. A. Survey of quality of used frying oils from restaurants. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 68, n. 11, p. 857-862, 1991.

AOCS. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. Arlington: AOCS, 1990.

AOCS. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. Champaign: AOCS, 1993.

ARAÚJO, J. M. A. *Química de alimentos: teoria e prática*. Viçosa: Editora UFV, 1999. 416 p.

ASCHERIO, A.; WILLETT, W. C. Health effects of trans fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 66, n. 4, p. 1006-1010, 1997.

AUMENTA o consumo de óleos vegetais no Brasil. *Óleos & Grãos*, maio/jun, p. 36, 1997.

BADOLATO, E. S.; MAIO, F. D.; TAVARES, M. Composição em ácidos graxos de óleos vegetais comestíveis comercializados no estado de São Paulo. *Revista Inst. Adolfo Lutz*, v. 52, p. 51-62, 1992.

BARRERA-ARELLANO, D.; BLOCK, J. M. Ácidos grasos *trans* en aceites hidrogenados: implicaciones técnicas y nutricionales. *Grasas y Aceites*, v. 44, n. 4-5, p. 286-293, 1993.

BERGER, K. G. The practice of frying. *Porim Technol.*, v. 9, n. 5, p. 1-34, 1984.

BILLEK, G. Heated fats in the diet. In: PADLEY, F. B.; PODMORE, J. *The role of fats in human nutrition*. Chichester: Ellis Horwood, cap. 12, 1985. p. 163-172.

BLUMENTHAL, M. M. Una nueva perspectiva en la química y física de las frituras por inmersión. *Alimentaria*, v. 28, n. 9, p. 65-70, 1991.

BLUMENTHAL, M. M. Frying technology. In: BAILEY, A. E. *Bailey's Industrial Oil & Fat Products.*, New York: John Wiley, v. 3, 1996. p. 429-481.

BLUMENTHAL, M. M.; STIER, R. F. Optimization of deep-fat frying operations. *Trends in Food Sci. Technol.*, v. 2, n. 6, p. 144-148, 1991.

BRACCO, U.; DIEFFENBACHER, A.; KOLAROVIC, L. Frying performance of palm oil and palm liquid fractions. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 58, n. 1, p. 6-12, 1981.

BRASIL. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. *Diário Oficial da União*, Brasília-DF, v. 196. 13 out. 1999. Seção I, p. 82-87.

BRETILLON, L.; CHARDIGNY, J. M.; NOEL, J. P.; SEBEDIO, J. L. Desaturation and chain elongation of [1^{14}C] mono-*trans* isomers of linoleic and α -linolenic acids in perfused rat liver. *J. Lipid Res.*, v. 39, p. 2228-2236, 1998.

CASTANG, J. Study of frying oils: analytical characteristics and control project. *J. Ann. Fals. Exp. Chim.*, v. 74, n. 8, p. 701-718, 1981.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002.

CUESTA, C.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. Alteración de aceites de girasol en frituras realizadas con o sin reposición de aceites sin usar. *Aliment., Equipos y Tecnol.*, v. 4, p. 39-43, 1994.



CUESTA, C.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. Quality control during repeated fryings. *Grasas y Aceites*, v. 49, n. 3-4, p. 310-318, 1998.

CUESTA, C.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; HERNANDÉZ, I.; VARELA, L. S. Modificaciones de un aceite de oliva durante las frituras sucesivas de patatas. Correlaciones entre distintos índices analíticos y de evaluación global de la degradación. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, v. 31, n. 4, p. 523-531, 1991.

DAMY, P. C. *Alterações físico-químicas de óleo de soja e da gordura hidrogenada durante o processo de fritura descontínua de batatas*. 2001. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto-SP.

DOBARGANES, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. Regulation of used frying fats and validity of quick tests for discarding the fats. *Grasas y Aceites*, v. 49, n. 3-4, p. 331-335, 1998.

DOBARGANES, M. C.; PÉREZ-CAMINO, M. C. Frying process: selection of fats and quality control. In: *INTERNATIONAL MEETING ON FATS & OILS TECHNOLOGY SYMPOSIUM AND EXHIBITION*. p. 58-66, 1991.

DOBARGANES, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; VELASCO, J. Interactions between fat and food during deep-frying. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, v. 102, p. 521-528, 2000a.

DOBARGANES, M. C.; PÉREZ-CAMINO, M. C.; GUTIÉRREZ, F. Acción protectora de los antioxidantes BHA y BHT en grasas calentadas a elevada temperatura. *Grasas y Aceites*, v. 37, p. 262-266, 1986.

DOBARGANES, M. C.; PÉREZ-CAMINO, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. Determinación de compuestos polares en aceites y grasas de fritura. *Grasas y Aceites*, v. 40, n. 1, p. 35-38, 1989.



DOBARGANES, M. C.; VELASCO, J.; DIEFFENBACHER, A. Determination of polar compounds, polymerized and oxidized triacylglycerols, and diacylglycerols in oils and fats. *Pure Appl. Chem.*, v. 72, n. 8, p. 1563-1575, 2000b.

EDER, K. The effects of a dietary oxidized oil on lipid metabolism in rats. *Lipid.*, v. 34, n. 7, p. 717-725, 1999.

FEDELI, E. The behaviour of olive oil during cooking and frying. In: VARELA G.; BENDER, A. E.; MORTON, I. A. (Ed.) *Frying of food: principles, changes, new approaches*. Chichester: Ellis Horwood, 1988. p. 52-81.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. *Rev. Nutr. Campinas*, v. 11, n. 1, p. 3-14, 1998.

FERRARI, R. A. Componentes minoritários de óleos vegetais. *Óleos & Grãos*, jan/fev, p. 20-28, 2001.

FIRESTONE, D.; STIER, R. F.; BLUMENTHAL, M. M. Regulation of frying fats and oils. *Food Technol.*, v. 45, n. 2, p. 90-94, 1991.

FRANKEL, E. N. Recent advances in lipid oxidation. *J. Sci. Food Agric.*, v. 54, n. 4, p. 495-511, 1991.

FRANKEL, E. N.; HUANG, S. W. Improving the oxidative stability of polyunsaturated vegetable oil by blending with high-oleic sunflower oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 71, n. 3, p. 255-259, 1994.

FRASER, E. N.; BEYER, R.; BIRCH, J. Deterioration of frying fat in a simulated fast food operation. *Chem. in New Z.*, mar., p. 6-9, 1995.

FRITSCH, C. W. Measurements of frying fat deterioration: a brief review. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 58, n. 3, p. 272-274, 1981.



GIOIELLI, L. A.; BARUFFALDI, R.; SCHUCH, R. Distribuição de ácidos graxos em relação ao glicerol durante o processo de esterificação. *Rev. Farm. Bioquím. Univ. São Paulo*, v. 20, n. 1, p. 44-50, 1984.

GUILLAUMIN, R. Kinetics of fat penetration in food. In: VARELA, G.; BENDER, A. E.; MORTON, I. A. (Ed.) *Frying foods: principles, changes, new approaches*. Chichester: Ellis Horwood, 1988. p. 82-90.

GUNSTONE, F. D.; NORRIS, F. A. *Lipids in foods: chemistry, biochemistry and technology*. Oxford: Pergamon Press, 1983. p. 1-14.

GUTIÉRREZ, R. G.; DOBARGANES, M. C. Analytical procedures for the evaluation of used frying fats. In: VARELA, G.; BENDER, A. E.; MORTON, I. A. (Ed.) *Frying foods: principles, changes, new approaches*. Chichester: Ellis Horwood., 1988. p. 141-154.

HAUMANN, B. F. The goal: tastier and 'healthier' fried foods. *Inform*, v. 7, n. 4, p. 320-334, 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. São Paulo. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. São Paulo: I.O.E., 1985. p. 245-266.

JORGE, N. Alterações em óleos de fritura. *Hig. Aliment.*, v. 11, n. 52, p. 15-22, 1997.

KUBOW, S. Toxicity of dietary lipid peroxidation products. *Trends in Food Sci. and Technol.*, Sept., p. 67-71, 1990.

LAKE, R. J.; SCHOLLES, P. Quality and consumption of oxidized lipids from deep-frying fats and oils in New Zealand. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 74, n. 9, p. 1065-1068, 1997.

LAWSON, H. *Food oils and fat: technology, utilization and nutrition*. New York: Chapman & Hall, 1995. 339 p.



LIMA, J. R. *Avaliação da qualidade de óleo de soja utilizado para fritura*. 1994, 54 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LIMA, J. R.; GONÇALVES, L. A. G. Avaliação analítica de óleos utilizados em processo de fritura. *Bol. Soc. Bras. Cien. Tecnol. Alim.*, v. 29, n. 2, p. 186-192, 1995.

LOPES, M. R. V. *Estudo comparativo entre métodos analíticos tradicionais e testes rápidos utilizados na avaliação da qualidade dos óleos e gorduras de fritura*. 2002. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto – SP.

LUMLEY, I. D. Polar compounds in heated oils. In: VARELA, G.; BENDER, A. E.; MORTON, I. D. (Ed.). *Frying of foods: principles, changes, new approaches*. Chichester: Ellis Horwood, 1988. p.166-173.

MAGNONI, D. A importância socioeconômica da soja. *Qualidade em Aliment. e Nutrição*, n. 9, jun/jul, p.10-12, 2001.

MAHAN, L. K.; ARLIN, M. T. Lipídeos. In: MAHAN, M. T.; ARLIN, M. T. *Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia*. São Paulo: Roca, 1995. p.40-51.

MAKINSON, J. H.; GREENFIELD, H.; WONG, M. L.; WILLS, R. B. H. Fat uptake during deep-fat frying of coated and incoated foods. *J. Food Comp.* v. 1, p. 93-101, 1997.

MÁRQUEZ-RUIZ, G.; PÉREZ-CAMINO, M. C.; DOBARGANES, M. C. Evaluación nutricional de grasas termoxidadas y de fritura. *Grasas y Aceites*, v. 41, p. 432-439, 1990.

MASSON, L.; ROBERT, P.; IZAURIETA, M.; ROMERO, N.; ORTIZ, J. Fat deterioration in deep fat frying «french fries» potatoes at restaurant and food shop sector. *Grasas y Aceites*, v. 50, n. 6, p. 460-468, 1999.

MASSON, L.; ROBERT, P.; ROMERO, N.; IZAURIETA, M.; VALENZUELA, S.; ORTIZ, J.; DOBARGANES, M. C. Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. *Grasas y Aceites*, v. 48, n. 5, p. 273-281, 1997.

MEHTA, U.; SWINBURN, B. A review of factors affecting fat absorption in hot chips. *Food Sci. and Nutr.*, v. 41, n. 2, p. 133-154, 2001.

MELTON, S. L.; JAFAR, S.; SYKES, D.; TRIGIANO, M. K. Review of stability measurements for frying oils and fried food flavor. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 71, p. 1301-1308, 1994.

MONFERRER, A.; VILLALTA, J. La fritura desde un punto de vista práctico (I). *Aliment. Equipos y Tecnol.*, v. 21, n. 3, p. 85-90, 1993a.

MONFERRER, A.; VILLALTA, J. La fritura desde un punto de vista práctico (II). *Aliment., Equipos y Tecnol.*, v. 21, n. 4, p. 87-91, 1993b.

MONTEIRO, C. A.; MONDINI, B.; COSTA, R. B. L. Mudanças na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil (1988-1996). *Rev. de Saúde Pública*, v. 34, n. 3, p. 1-13, jun., 2000.

MORALES, A. A. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza (España): Editorial ACRIBIA, 1994. 198 p.

MORETTO, E.; FETT, R. *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos*. São Paulo: Varela, 1998. 150 p.

MORTON, I. D. Geography and history of the frying process. *Grasas y Aceites*, v. 49, n. 3-4, p. 247-249, 1998.

O'BRIEN, R. D. *Fats and oils: formulating and processing for applications*. Lancaster: Technomic Publishing, 1998. p.385-410.



ORTHOEFER, F. T. Care of food service frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 65, n. 9, p. 1417-1420, 1988.

PASTORE, C. A. A saúde do coração na alimentação. *Higiene Alimentar*, v. 12, n. 55, maio/jun., p. 13, 1998.

PAUL, S.; MITTAL, G. S. Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying. *Crit. Rev. in Food Sci. and Nut.*, v. 37, n. 7, p. 635-662, 1997.

PÉREZ-CAMINO, M. C. *Alteración termoxidativa en aceites y grasas comestibles: formación de nuevos compuestos y métodos para su evaluación*. 1986, 207 f. Tesis (Doctoral en Ciencias Químicas) - Facultad de Química, Universidad de Sevilla, Sevilla.

PÉREZ-CAMINO, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; DOBARGANES, M. C. Alteración en grasas usadas en fritura. I. Comportamiento de aceites de oliva y girasol en freidoras domésticas. *Grasas y Aceites*, v. 38, n. 5, p. 307-312, 1987.

PÉREZ-CAMINO, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; RUÍZ-MÉNDEZ, M. V.; DOBARGANES, M. C. Lipid changes during frying of frozen prefried foods. *J. Food Sci.*, v. 56, p. 1644-1647, 1991.

PÉREZ-CAMINO, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; SALGADO-RAPOSO, A.; DOBARGANES, M. C. Alteración de grasas usadas en fritura. III. Correlación entre índices analíticos y métodos de evaluación directa de compuestos de degradación. *Grasas y Aceites*, v. 39, n. 2, p. 72-76, 1988.

POKORNY, J. Influence des substances non lipidiques sur l'oxydation des corps gras. *Rev. Fr. Corps Gras*, v. 28, n. 4, p. 151-160, 1981.

POKORNY, J. Substrate influence on the frying process. *Grasas y Aceites*, v. 49, n. 3-4, p. 265-270, 1998.



POZO-DÍEZ, R. M. *Estudio del proceso de fritura de alimentos frescos y congelados prefritos. Comportamiento del aceite de semilla de girasol de alto contenido en ácido oleico*. 1995, 338 f. Tesis (Doctoral en Farmacia) - Facultad de Farmacia, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares.

ROJO, J. A.; PERKINS, E. G. Cyclic fatty acid monomer formation in frying fats. I. Determination and structural study. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 64, n. 3, p. 414-421, 1987.

ROMERO, A.; CUESTA, C.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. Does frequent replenishment with fresh monoenoic oils permit the frying of potatoes indefinitely? *J. Agric. Food Chem.*, v. 47, p. 1168-1173, 1999.

SANIBAL, A. A. E.; MANCINI-FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. *Food Ingred. South Am.*, v. 18, p. 64-71, maio/jun., 2002.

SANIBAL, A. A. E.; MANCINI-FILHO, J. Correlação de compostos polares formados nos óleos e gorduras no processo de fritura de imersão com parâmetros físico-químicos. *Rev. Bras. Ciênc. Farm.*, v. 37, p. 26, 2001.

SANTOS, T. M. Lipídeos. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E. *Ciências Nutricionais*. São Paulo: Sarvier, 1998. p. 87-96.

SEBÉDIO J. L.; BONPUNT, A.; GRANDGIRAD, A.; PREVOST, J. Deep fat frying of frozen prefried french fries: Influence of the amount of linoleic acid in the frying medium. *J. Agric. Food Chem.*, v. 38, n. 9, p. 1862-1867, 1990.

SMITH, L. M.; CLIFFORD, A. J.; CREVELING, R.; HAMBLIN, C. L. Lipid content and fatty acid profiles of various deep-fat fried foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 62, p. 996-999, 1985.

STEVENSON, S. G.; VAISEY-GENSER, M.; ESKIN, N. A. M. Quality control in the use of deep frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 61, n. 6, p. 1102-1108, 1984.

TAKEOKA, G. R.; FULL, G. H.; DAO, L. T. Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 45, p. 3244-3249, 1997.

TAWFIK, M. S.; HUYGHEBAERT, A. Interaction of packaging materials and vegetable oils: oil stability. *Food Chemistry*, v. 64, p. 451-459, 1999.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETA, P. A. *Análise sensorial dos alimentos*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1987. 180p.

TOMPKINS, C.; PERKINS, E. G. Frying performance of low-linolenic acid soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 77, n. 3, p. 223-229, 2000.

TSENG, Y. C.; MOREIRA, R.; SUN, X. Total frying-use time effects on soybean-oil deterioration and on tortilla chip quality. *Int. J. Food Sci. Technol.*, v. 31, p. 287-294, 1996.

TURATTI, J. M. Óleos vegetais como fonte de alimentos funcionais. *Óleos & Grãos*, set/out, p. 24-27, 2000.

UFHEIL, G.; ESCHER, F. Dynamics of oil uptake during deep-frying of potato slices. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, v. 29, n. 7, p. 640-643, 1996.

USDA/FSIS – "Frying. Part 18.40 Meat and Poultry Inspection Manual, 154. Food Safety and Inspection Service, U. S. Dept. of Agriculture, Washington D. C" -, 1985. Citado em FIRESTONE, D.; STIER, R.; BLUMENTHAL, M. M. Regulation of frying fats and oils. *Food Technol.*, v. 45, p. 90-94, 1991.

VARELA, G. Current facts about the frying of food. In: VARELA, G.; BENDER, A. E.; MORTON, I. D. (Ed.) *Frying of food: principles, changes, new approaches*. Chichester: Ellis Horwood, 1988. p. 9-25

VARELA, G.; MOREIRAS-VARELA, O.; RUIZ-ROSO, B. Utilización de algunos aceites en frituras repetidas. Cambios en las grasas y análisis sensorial de los alimentos fritos. *Grasas y Aceites*, v. 34, n. 2, p. 101-107, 1983.

WAITZBERG, D. L. *Nutrição Enteral e Parenteral na Prática Clínica*. Rio de Janeiro: Atheneu, 1995. p. 26.

WARNER, K.; ORR, P.; GLYNN, M. Effect of fatty acid composition of oils on flavor and stability of fried foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v. 74, n. 4, p. 347-356, 1997.

WHITE, P. J. Métodos para medir los cambios en los aceites de fritura por inmersión en grasas. *Alimentaria*, n. 9, p. 81-87, 1991.

YAGHMUR, A.; ASERIN, A.; MIZRAHI, A.; NERD, A.; GARTI, N. Evaluation of argan oil for deep-fat-frying. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, v. 34, p. 124-130, 2001.

ZHANG, W. B.; ADDIS, P. B. Prediction of levels of cholesterol oxides in heated tallow by dielectric measurement. *J. Food Science*, v. 55, p. 1673-1675, 1990.

ZILLER, S. *Grasas y aceites alimentarios*. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 1994. 71 p.



7. ANEXOS

Anexo 1- Ficha da análise sensorial.

Nome: Data:/...../.....

Avalie a amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou:

1. Desgostei muitíssimo
2. Desgostei muito
3. Desgostei regularmente
4. Desgostei ligeiramente
5. Indiferente
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei regularmente
8. Gostei muito
9. Gostei muitíssimo

Número da Amostra

Valor

.....

Comentários:.....

.....

.....

.....

Anexo 2- Análise de variância para as determinações de teor de umidade e teor lipídico dos produtos fritos.

Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Teor de Umidade		Teor Lipídico	
		Batatas	Snacks	Batatas	Snacks
Óleos	2	22,0847**	4,0626**	87,5696**	0,8434**
Tempos	5	19,8265**	3,2509**	4,9020**	5,8859**
Óleos x Tempos	10	6,4973**	7,0742**	3,4937**	1,3262**
Resíduo	18	0,0564	0,1108	0,2316	0,0592
Desvio Padrão		0,2375	0,3329	0,4812	0,2433
Coef. de Variação (%)		0,52	0,68	2,61	0,71

** – teste significativo ($P < 0,01$).



Anexo 3- Análise de variância para a análise sensorial das batatas fritas.

Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios
		Batatas
Óleos	2	2,0600 ^{NS}
Tempos	1	0,4267 ^{NS}
Óleos x Tempos	2	0,4467 ^{NS}
Blocos	24	10,4128**
Resíduo	120	1,5408
Desvio Padrão		1,2413
Coef. de Variação (%)		18,47

** – teste significativo ($P < 0,01$);

^{NS} – teste não significativo ($P > 0,05$).

Anexo 4- Análise de variância para a análise sensorial dos *snacks* fritos.

Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios
		<i>Snacks</i>
Óleos	2	3,5083 ^{NS}
Tempos	1	0,0333 ^{NS}
Óleos x Tempos	2	2,5583 ^{NS}
Blocos	19	3,5544**
Resíduo	95	1,4544
Desvio Padrão		1,2060
Coef. de Variação (%)		15,80

** – teste significativo ($P < 0,01$);

^{NS} – teste não significativo ($P > 0,05$).

Anexo 5- Análise de variância para as determinações: Compostos Polares Totais (CPT), Ácidos Graxos Livres (AGL), Índice de Peroxídeos (IP), Dienos Conjugados (DC), Índice de TBA (TBA) e Medida da Estabilidade Oxidativa (MEO).

Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios				
		CPT	AGL	IP	DC	TBA ¹ MEO
Produtos	1	632,3753**	0,0120**	10,1625**	3,8503**	1323,5512** 1076,0934**
Óleos	2	3,9960**	0,0095**	0,3113**	0,2226**	66,4310** 271,0359**
Tempos	5	134,8664**	0,0708**	0,0854**	0,7626**	58,0815** 4,0410**
Produtos x Óleos	2	5,2495**	0,0161**	0,2808**	0,0461**	15,9204** 117,5324**
Produtos x Tempos	5	54,0314**	0,0011**	0,1095**	0,2290**	52,8886** 26,0644**
Óleos x Tempos	10	0,3631**	0,0009**	0,0309*	0,0145**	30,4963** 4,2435**
Produtos x Óleos x Tempos	10	0,3464**	0,0009**	0,0269 ^{NS}	0,0066**	15,5857** 0,9258**
Resíduo	36	0,0925	0,0003	0,0133	0,0001	1,2051 0,0701
Desvio Padrão		0,3042	0,0174	0,1153	0,0094	1,0978 0,2648
Coef. de Variação (%)		3,20	8,74	17,51	1,34	14,08 2,32

** - teste significativo (P < 0,01);

* - teste significativo (P < 0,05);

NS - teste não significativo (P > 0,05);

¹ - dados originais multiplicados por 10³.

Anexo 6- Desdobramento da interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura para estudar os efeitos dos Produtos em cada combinação de Óleo e Tempo de Fritura, para as determinações: Compostos Polares Totais (CPT), Ácidos Graxos Livres (AGL), Dienos Conjugados (DC), Índice de TBA (TBA) e Medida da Estabilidade Oxidativa (MEO).

C.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		CPT	AGL	DC	TBA ¹	MEO
Produtos d. O ₁ T ₁	1	0,0324 ^{NS}	0,0025**	0,0032**	0,6400 ^{NS}	6,3001**
Produtos d. O ₁ T ₂	1	6,5025**	0,0000 ^{NS}	0,0574**	34,8100**	33,0050**
Produtos d. O ₁ T ₃	1	34,7510**	0,0000 ^{NS}	0,3329**	519,8400**	63,1230**
Produtos d. O ₁ T ₄	1	82,0836**	0,0000 ^{NS}	0,6092**	56,2500**	89,9652**
Produtos d. O ₁ T ₅	1	113,4225**	0,0009 ^{NS}	0,8010**	97,0225**	113,7422**
Produtos d. O ₁ T ₆	1	135,3732**	0,0009 ^{NS}	0,6822**	121,0000**	129,6182**
Produtos d. O ₂ T ₁	1	0,0702 ^{NS}	0,0121**	0,0000 ^{NS}	139,2400**	2,7722**
Produtos d. O ₂ T ₂	1	1,9044**	0,0036**	0,0319**	34,8100**	1,4641**
Produtos d. O ₂ T ₃	1	17,6820**	0,0064**	0,1681**	272,2500**	7,7006**
Produtos d. O ₂ T ₄	1	35,1649**	0,0121**	0,2905**	131,1025**	16,3620**
Produtos d. O ₂ T ₅	1	72,2500**	0,0036**	0,3243**	22,5625**	35,9400**
Produtos d. O ₂ T ₆	1	90,1550**	0,0072**	0,4872**	34,8100**	46,6489**
Produtos d. O ₃ T ₁	1	0,0210 ^{NS}	0,0000 ^{NS}	0,0050**	34,8100**	88,0782**
Produtos d. O ₃ T ₂	1	10,5950**	0,0009 ^{NS}	0,0827**	2,5600 ^{NS}	90,5352**
Produtos d. O ₃ T ₃	1	32,4900**	0,0006 ^{NS}	0,1564**	105,0625**	154,7536**
Produtos d. O ₃ T ₄	1	50,1972**	0,0006 ^{NS}	0,2386**	61,6225**	115,1329**
Produtos d. O ₃ T ₅	1	102,0100**	0,0036**	0,3198**	44,8900**	218,7441**
Produtos d. O ₃ T ₆	1	131,7904**	0,0036**	0,5625**	62,4100**	236,8521**
Resíduo	36	0,0925	0,0003	0,0001	1,2051	0,0701

O₁ – óleo de girassol refinado, O₂ – óleo de soja refinado, O₃ – óleo de milho refinado;

T – tempo de fritura;

** – teste significativo (P < 0,01);

^{NS} – teste não significativo (P > 0,05);

¹ – dados originais multiplicados por 10³.

Anexo 7- Desdobramento da interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura para estudar os efeitos dos Óleos em cada combinação de Produto e Tempo de Fritura, para as determinações: Compostos Polares Totais (CPT), Ácidos Graxos Livres (AGL), Dienos Conjugados (DC), Índice de TBA (TBA) e Medida da Estabilidade Oxidativa (MEO).

C.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		CPT	AGL	DC	TBA ¹	MEO
Óleos d. P ₁ T ₁	2	0,0037 ^{NS}	0,0017**	0,0006**	79,4867**	18,9679**
Óleos d. P ₁ T ₂	2	0,8628**	0,0000 ^{NS}	0,0002 ^{NS}	18,8067**	14,1882**
Óleos d. P ₁ T ₃	2	1,0205**	0,0000 ^{NS}	0,0279**	62,4150**	16,5741**
Óleos d. P ₁ T ₄	2	4,0785**	0,0017**	0,0934**	39,9317**	20,7763**
Óleos d. P ₁ T ₅	2	1,6777**	0,0024**	0,1100**	1,9350 ^{NS}	13,6952**
Óleos d. P ₁ T ₆	2	2,1367**	0,0024**	0,0518**	18,0067**	15,4300**
Óleos d. P ₂ T ₁	2	0,1135 ^{NS}	0,0024**	0,0171**	1,7067 ^{NS}	112,6779**
Óleos d. P ₂ T ₂	2	0,4912**	0,0018**	0,0120**	48,0467**	50,6241**
Óleos d. P ₂ T ₃	2	0,6753**	0,0034**	0,0005*	7,6067**	54,2193**
Óleos d. P ₂ T ₄	2	0,5096**	0,0038**	0,0009**	10,4600**	30,3413**
Óleos d. P ₂ T ₅	2	0,7587**	0,0078**	0,0106**	10,1400**	35,0868**
Óleos d. P ₂ T ₆	2	0,4649**	0,0071**	0,0293**	14,2200**	31,8339**
Resíduo	36	0,0925	0,0003	0,0001	1,2051	0,0701

P₁ – batatas, P₂ – *snacks*;

T – tempo de fritura;

** – teste significativo (P < 0,01);

* – teste significativo (P < 0,05);

^{NS} – teste não significativo (P > 0,05);

¹ – dados originais multiplicados por 10³.

Anexo 8- Desdobramento da interação Produtos x Óleos x Tempos de Fritura para estudar os efeitos dos Tempos de Fritura em cada combinação de Produto e Óleo, para as determinações: Compostos Polares Totais (CPT), Ácidos Graxos Livres (AGL), Dienos Conjugados (DC), Índice de TBA (TBA) e Medida da Estabilidade Oxidativa (MEO).

C.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		CPT	AGL	DC	TBA ¹	MEO
Tempos d. P ₁ O ₁	5	69,8174**	0,0130**	0,4747**	99,0728**	7,2231**
Tempos d. P ₁ O ₂	5	53,5552**	0,0158**	0,2456**	62,9033**	3,5099**
Tempos d. P ₁ O ₃	5	57,5552**	0,0173**	0,2275**	6,9193**	16,1283**
Tempos d. P ₂ O ₁	5	3,5857**	0,0085**	0,0473**	4,6913**	4,2125**
Tempos d. P ₂ O ₂	5	3,4576**	0,0136**	0,0162**	6,606**	6,7508**
Tempos d. P ₂ O ₃	5	2,3352**	0,0072**	0,0225**	22,9413**	2,6194**
Resíduo	36	0,0925	0,0003	0,0001	1,2051	0,0701

P₁ – batatas, P₂ – snacks;

O₁ – óleo de girassol refinado, O₂ – óleo de soja refinado, O₃ – óleo de milho refinado;

** – teste significativo (P < 0,01);

^{NS} – teste não significativo (P > 0,05);

¹ – dados originais multiplicados por 10³.



