

Área: Tecnologia de Alimentos

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO ÓLEO DE SOJA SUBMETIDO A FRITURAS DE ALIMENTOS EMPANADOS

Cilda Piccoli Ghisleni¹, Eunice Valduga², Chaline Caren Coghetto¹, Fabiele
Witschinski^{1*}

¹Departamento de Nutrição; ²Departamento de Ciências Agrárias, Laboratório de Química,
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim

*E-mail: fabiele_w@hotmail.com

RESUMO

Os produtos resultantes da decomposição dos óleos utilizados em frituras afetam não apenas a qualidade sensorial, mas também a qualidade nutricional do alimento, podendo comprometer a saúde dos indivíduos, uma vez que parte dessas substâncias apresentam efeitos tóxicos e antinutricionais ao organismo humano. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi analisar o comportamento e o nível de degradação de óleo de soja utilizado em processo de fritura descontínuo de produtos empanados congelados. Durante o processo de fritura descontínua (com e sem reposição de óleo), avaliou-se a estabilidade oxidativa (Acidez total, Índice de peróxido e do ácido tiobarbitúrico - TBARS e cor). E no processo de fritura, foi observado, que a acidez do óleo de soja aumentou gradativamente com o tempo, atingindo 0,9 % de ácido oléico com 6 horas de fritura. No entanto, o grau de rancidez hidrolítica (hidroperóxidos e malonaldeído) e o escurecimento do óleo foi mais acentuada após 10 horas de processamento, perdendo luminosidade (brancura), predominando a cor mais intensa para amarelo e com teores de peróxidos e malonaldeído superiores a 9 mEq/kg e 0,49 mg de malonaldeído/kg, respectivamente. O grau das alterações no óleo de soja variaram principalmente em função de características dos produtos empanados congelados e da reposição ou não de óleo durante o processamento, sendo que o período máximo de utilização do óleo foi de aproximadamente 10 horas.

Palavras-chave: Óleo de soja, fritura descontínua, alimentos empanados, oxidação.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, devido à praticidade e à rapidez, necessárias ao preparo dos alimentos, grande parte dos óleos vegetais comestíveis estão sendo usados em processos de frituras (MENDONÇA et al., 2008).

Durante o processo de fritura, ocorre à exposição do óleo às altas temperaturas, à umidade proveniente do alimento e ao ar, e o grau das alterações sofridas pelo óleo varia em função do tempo de aquecimento, da temperatura utilizada, do tipo de gordura e das características do alimento que está sendo processado. Os processos de frituras contínuos e descontínuos provocam alterações físico-químicas nos óleos, como a oxidação e a hidrólise, podendo levar à produção de compostos tóxicos como peróxidos, aldeídos, cetonas, radicais livres, ácidos graxos trans entre outros, prejudiciais à saúde humana, bem como alterações de sabor, cor e odor (CHOE e MIN, 2007; MACHADO et al., 2008; MENDONÇA et al., 2008).

Essas alterações modificam a qualidade do óleo, com isso, a avaliação da alteração e a identificação dos compostos formados durante a fritura de alimentos são de grande interesse também para os consumidores, uma vez que esse óleo provavelmente fará parte da sua dieta diária (JORGE e JANIERI, 2005). Além disso, do ponto de vista econômico, o ponto de descarte dos óleos de fritura tem sua relevância porque implica em maior custo quando o rejeito ocorre antecipadamente e implica ainda na qualidade do produto quando descartado tardiamente (MALACRIDA e JORGE, 2006). Neste sentido, o objetivo do estudo foi analisar o comportamento e o nível de degradação de óleo de soja utilizado em processo de fritura descontínuo de produtos empanados congelados.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

2.1.1 Coleta e preparo de amostras

O processo de fritura descontínua de produtos empanados (risóles, croquetes, coxinha e pasteis) em um estabelecimento de alimentação comercial e industrial foi acompanhado desde a distribuição na fritadeira elétrica (Tedesco, volume de trabalho 9 L), até o descarte do óleo, após a utilização. A temperatura durante os processos de aquecimento foram controladas não excedendo a 200C°.

A coleta das amostras foram realizadas, antes da primeira fritura (aquecimento do óleo por 10 minutos) e a cada 2 horas de processamento, em quantidade suficiente (~100 mL),

sendo coletadas amostras do lote sem reposição (Lote 1) e com reposição de 100 mL de óleo de soja na 6^o, 8^o e 10^o horas de processamento (Lote 2). O óleo coletado foi armazenado sob refrigeração (5°C), em frascos âmbar, sob atmosfera de nitrogênio até as análises.

2.1.2 Determinações Analíticas

- Acidez (rancidez hidrolítica): O teor de acidez foi determinado pelo método Cd 3d63, AOCS (1997), o qual foi expressa em g de ácido oléico por 100 g de amostra.

- Índice de peróxidos (rancidez oxidativa): O índice de peróxido foi determinado seguindo as normas da AOCS (1997), método Cd 8-53. O resultado foi expresso em meq O₂ por quilograma de amostra.

- Índice de ácido tiobarbitúrico (TBARS): Para avaliação do nível de oxidação lipídica das amostras, se utilizou o teste das substâncias reativas ao ácido 2 tiobarbitúrico (RAHARJO; SOFOS; SCHMIDT, 1992). Os valores de TBARS para cada amostra e os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído por quilograma de amostra.

- Cor objetiva: Para a determinação da cor objetiva utilizou-se o colorímetro Chroma Meter CR 400, onde o L*, representa a brancura e/ou luminosidade, a* (+a: cromaticidade predominante para o vermelho; -a: cromaticidade predominante para o verde) e o b* (+b: cromaticidade predominante para o amarelo, -b: cromaticidade predominante para o azul) (STEWART; ZIPSER; WATTS, 1965).

2.1.3 Análise Estatística

Os resultados obtidos das determinações analíticas foram submetidos a tratamentos estatísticos (Análise de variância - ANOVA), utilizando o programa Statistic for Windows versão 6.0 e aplicando o teste de Tukey para avaliar e comparar as diferenças entre as médias ($p < 0,05$).

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ácidos graxos livres e do índice de peróxidos do óleo de soja, com os respectivos períodos de utilização em fritura de produtos empanados congelados.

Tabela 1. Ácidos graxos livres e índice de peróxidos do óleo de soja submetido à fritura descontínua de produtos empanados congelados.

Período (h)	Ácidos Graxos livres* (g de ácido oléico/100g)		Índice de Peróxidos* (meq/kg)	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
0	0,11 ^{dA} ± 0,01	0,19 ^{eA} ± 0,03	5,47 ^{cA} ± 0,92	4,57 ^{dA} ± 0,43
2	0,14 ^{dB} ± 0,06	0,28 ^{dA} ± 0,04	4,69 ^{cA} ± 0,71	3,95 ^{dA} ± 0,25
4	0,20 ^{dB} ± 0,02	0,53 ^{cdA} ± 0,01	4,60 ^{cB} ± 0,29	8,45 ^{acA} ± 0,19
6	0,31 ^{cB} ± 0,01	0,77 ^{cA*} ± 0,02	4,00 ^{cB} ± 0,32	7,58 ^{bcA*} ± 0,13
8	2,06 ^{bA} ± 0,11	2,03 ^{ba*} ± 0,27	7,44 ^{bA} ± 0,54	7,31 ^{bcA*} ± 0,18
10	2,42 ^{aA} ± 0,16	1,89 ^{Aa*} ± 0,28	9,01 ^{bA} ± 0,61	9,01 ^{abA*} ± 0,36
12	2,36 ^{abA} ± 0,23	2,31 ^{ba} ± 0,06	15,02 ^{aA} ± 0,99	9,95 ^{ab} ± 1,63

*Media ± desvio padrão, seguida de letras minúsculas/maiúsculas iguais nas colunas/linhas não diferem estatisticamente à nível de 5 % (teste de Tukey).

De acordo com a Tabela 1, se observa que os ácidos graxos livres aumentaram durante o processo de fritura, tanto para o óleo com reposição (Lote 2) como o sem reposição (Lote 1), operando à temperatura de no máximo 200°C. Nos tratamentos sem reposição e com reposição, verificou-se que com 6 horas de fritura o óleo se encontrava dentro padrões técnicos de utilização e descarte de óleos e gorduras utilizados para fritura para óleos vegetais, que estabelece um valor máximo de 0,9% (BRASIL, 2004).

No tratamento com reposição de óleo, após 8 horas de processamento não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) do tratamento sem reposição, porém ambos estão fora dos limites estipulados estabelecidos pela legislação brasileira e da legislação dos Estados Unidos da América. Neste caso específico, a reposição de óleo objetivou compensar perdas resultantes da absorção pelo alimento durante a fritura e manteve constante a relação superfície/volume

na fritadeira, mas não auxiliou na diminuição da deterioração do óleo de soja em fritura descontinua de empanados congelados. Mendonça et al. (2008), também verificou que mesmo com a reposição de óleo, o valor da acidez manteve-se crescente, com valores próximos a 0,6 % em ácido oléico, porém com um tempo de fritura de aproximadamente 20 horas.

O processo de fritura ataca a ligação éster entre o glicerol e o ácido graxo, rompendo-a e formando diacilgliceróis e monoacilgliceróis, glicerol e ácidos graxos livres (CHOE e MIN, 2007), isto ocorre, em função da atividade de água dos alimentos, do vapor de água produzido pelo alimento durante a fritura, associado a quantidade de partículas queimadas provenientes dos produtos empanados congelados acumuladas no recipiente e a temperatura do óleo (180 a 200°C). Comparando os diferentes tratamentos (Tabela 1) se observa que houve um comportamento distinto entre os mesmos, onde com 4 horas de fritura o Lote 2 (ainda sem reposição) apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) do Lote 1, com índice de peróxidos de 8,5 meq/kg. No Lote 2, as amostras com 10 e 12 horas não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si, visto que a reposição manteve-se estes níveis. A adição de óleo virgem dilui os compostos produzidos durante a fritura e repõe substâncias antioxidantes contribuindo assim para diminuir a degradação do óleo (SANIBAL e MANCINI, 2002). No tratamento sem reposição, com 10 horas de fritura, o valor se manteve dentro do estabelecido pelo regulamento técnico para óleos vegetais, gordura e creme vegetal, que é de no máximo 10 meq/kg (BRASIL, 2005) e com 12 horas atingiu valor acima de 15 meq/kg, que é um dos indicativos de descarte para este óleo (DEL RÉ e JORGE, 2006; JORGE et al., 2005).

No entanto, com um período de fritura de 6 horas o grau de deterioração do óleo com reposição (7,6 meq/kg) foi significativamente ($p < 0,05$) superior do óleo sem reposição, com uma diferença de aproximadamente 40%. Concordando com o estudo de Damy e Jorge (2003), os quais concluíram que experiências de frituras realizadas em laboratórios, com e sem adição de óleo novo, dão como resultados uma alteração maior quando existe reposição, o que se atribui ao efeito catalítico dos produtos de alteração presentes nos óleos usados.

Na Tabela 2 estão apresentados os teores de TBARS do óleo de fritura (tratamento sem reposição). Os valores de TBARS são utilizados como indicador do grau de oxidação lipídica, quantificando o malonaldeído, que é um dos principais produtos formados durante o processo oxidativo. Como se observa, o índice de TBARS aumentou significativamente ($p < 0,05$) com o tempo de fritura, ocorrendo as maiores modificações a partir das 6 horas de fritura. Isto se deve ao fato que no decorrer do processo de fritura sem reposição, o volume de

óleo diminui muito devido à absorção do mesmo pelo alimento que está sendo frito. Tal fato resulta em modificações na relação S/V (superfície/volume), as quais podem acelerar o desenvolvimento de reações oxidativas, hidrolíticas e térmicas.

Tabela 2. TBARS (mg malonaldeído/kg óleo) de amostras de óleo de soja (sem reposição) submetido à fritura descontínua de produtos empanados congelados.

<i>Período</i> (h)	<i>TBARS*</i> (mg malonaldeído/kg amostra)
0	0,190 ^c ± 0,01
2	0,307 ^b ± 0,07
4	0,336 ^b ± 0,03
6	0,485 ^a ± 0,08
8	0,527 ^a ± 0,06
10	0,490 ^a ± 0,01
12	0,522 ^a ± 0,01

*Media ± desvio padrão seguida de letras iguais não diferem estatisticamente à nível de 5 % (teste de Tukey).

Segundo Proença et al., (2005), a temperatura promove a produção de compostos tóxicos como o malonaldeído (MDA), enquanto houver aquecimento, aumenta a produção de MDA que é um produto da reação da oxidação de lipídeos. A oxidação lipídica toma destaque, pois além de estar relacionada com a deterioração da qualidade nutricional e sensorial dos alimentos, permite a formação de substâncias tóxicas que contribuem para processos como a aterosclerose e possivelmente câncer.

A apesar da legislação não ter definido valores para óleos de fritura, se conclui que ocorreu rancidez hidrolítica, pois a partir de 6 horas de fritura de produtos empanados congelados, o óleo apresentou valores de aproximadamente 0,5 mg de malonaldeído por kg de óleo. Porém estes valores foram menores aos encontrado por Del Ré e Jorge (2006) em óleo de fritura de Snacks, sendo este um produto empanado, onde o valor foi de 0,86 mg de malonaldeído/kg, com 10 horas de fritura.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos índices de cor do óleo de soja submetido à fritura descontínua de produtos empanados congelados.

Tabela 3. Índices de cor (a*, b* e L*) do óleo de soja submetidos à fritura de produtos empanados congelados.

Período (h)	Índices de cor ¹					
	Lote 1			Lote 2		
	a*	b*	L*	a*	b*	L*
0	-1,51 ^{cA} (0,05)	3,83 ^{fA} (0,10)	48,07 ^{abA} (0,74)	-1,60 ^{dA} (0,02)	4,15 ^{eA} (0,01)	43,99 ^{abB} (0,09)
2	-1,65 ^{cA} (0,04)	4,42 ^{efA} (0,04)	52,26 ^{aA} (1,16)	-1,65 ^{dA} (0,01)	4,22 ^{eA} (0,01)	43,26 ^{bbB} (0,03)
4	-1,92 ^{bA} (0,08)	4,72 ^{eB} (0,03)	49,82 ^{aA} (0,01)	-2,02 ^{cA} (0,02)	6,59 ^{dA} (0,01)	43,27 ^{bbB} (0,02)
6	-2,46 ^{aA} (0,13)	7,59 ^{dB} (0,14)	52,52 ^{aA} (1,97)	-2,58 ^{aA*} (0,01)	10,22 ^{cA*} (0,01)	43,23 ^{bbB*} (0,03)
8	-2,60 ^{aA} (0,01)	8,59 ^{cB} (0,01)	49,41 ^{abA} (2,12)	-2,68 ^{aA*} (0,01)	10,77 ^{cA*} (0,01)	42,60 ^{cbB*} (0,08)
10	-2,68 ^{aA} (0,07)	11,64 ^{bB} (0,49)	45,38 ^{cA} (0,47)	-2,57 ^{aA*} (0,03)	13,09 ^{baB*} (0,02)	42,19 ^{dbB*} (0,09)
12	-2,56 ^{aA} (0,12)	17,76 ^{aA} (0,28)	43,00 ^{cA} (0,68)	-2,26 ^{baA} (0,02)	15,24 ^{abB} (0,05)	40,30 ^{ebB} (0,18)

¹Media (desvio padrão) seguida de letras minúsculas/maiúsculas iguais nas colunas/linhas não diferem estatisticamente à nível de 5 % (teste de Tukey); * reposição de óleo nas respectivas horas; - a* = cromaticidade predominante para o verde; b* = cromaticidade predominante para o amarelo; L* = brancura e/ou luminosidade.

Para o índice b*, observa-se que para o óleo com e sem reposição, ocorre um aumento significativo ($p < 0,05$) a partir das 2 horas de fritura. Predominando a cor mais intensa para amarelo, perdendo luminosidade/brancura para todas as amostras, sendo que a reposição não auxiliou na manutenção da cor e/ou luminosidade (brancura) do óleo de fritura. Isto está associado à degradação e queima das partículas que desprendem dos empanados ocorrendo carbonização e/ou o escurecimento do alimento devido às reações de Maillard, em decorrência influenciando na cor e alterando o óleo (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002).

3 CONCLUSÃO

Nos ensaios de frituras de produtos empanados congelados, observou que o teor de ácidos graxos livres no óleo de soja aumentou gradativamente com o aumento do tempo de

fritura. No entanto, o grau de rancidez hidrolítica (hidroperóxidos e malonaldeído) e o escurecimento do óleo foi mais acentuado após 10 horas de processamento, perdendo luminosidade (brancura), predominando a cor mais intensa para amarelo e com teores de peróxidos e malonaldeído elevados, sendo que o período máximo de utilização para este óleo foi de aproximadamente 10 horas.

REFERÊNCIAS

AOCS. The American Oil Chemists' Society. Selectos Métodos Oficiais y Prácticas Recomendadas de la AOCS, Illinois, 1997.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Informe técnico nº11, de 5 de outubro de 2004. Óleos e gorduras utilizadas em frituras, Brasília, DF, 5 out. 2004. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leis_ref/>. Acesso em: 6 abr. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gordura e creme vegetal, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: <<http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18829&word>>. Acesso em: 2 abr. 2010.

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. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, 22(2): 111-6, 2002.

CHOE, E., MIN, D.B. Chemistry of deep-fat frying oils. J Food Sci.,72(5): 77-86, 2007.

DAMY, P.C., JORGE, N. Determinações Físico-Químicas do Óleo de Soja e da Gordura Vegetal Hidrogenada Durante o Processo de Fritura Descontínua. Braz J Food Technol., São José do Rio Preto, SP, 6(2): 251-7, 2003.

DEL RÉ, P.V., JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, 26(1): 56-63, 2006.

JORGE, N. et al. Alterações físicoquímicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. Química Nova, São José do Rio Preto, SP, 28(6): 947-51, 2005.

JORGE, N.; JANIERI, C. Avaliação de óleo de soja submetido ao processo de fritura de alimentos diversos. Ciência e agrotecnologia, Lavras, MG, v. 29, n. 5, p. 1001-1007, set./out. 2005.

MACHADO, E.R. et al. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. Ciência e Tecnologia de Alimentos., Campinas, SP,28(4): 786-92, 2008.

MALACRIDA, C.R., JORGE, N. Influência da relação superfície/volume e do tempo de fritura sobre as alterações da mistura azeite de dendê-óleo de soja. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, MG, 30(4): 724-30, 2006.

MENDONÇA, M.A. et al. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. *Com. Ciências da Saúde*. Brasília, DF, 19 (2): 115-22. 2008.

PROENÇA, R.P.C. et al. Qualidade Nutricional e Sensorial na Produção de Refeições. *Nutrição em Pauta*, Florianópolis, SC, 75: 04-16, 2005.

RAHARJO, S., SOFOS, J.N., SCHMIDT, G.R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *J Agric Food Chem.*, Washington, USA, 40(11): 2182-5, 1992.

SANIBAL, E.A.A., MANCINI, J.F. Alterações Físicas, Químicas e Nutricionais de Óleos Submetidos ao Processo de Fritura. *Caderno de Tecnologia de Alimentos & Bebidas*, São Paulo, SP, 1: 48-54, 2002.

STEWART, M.R., ZIPSER, M.W., WATTS, B.M. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. *J Food Sci.*, Chicago, USA, 30: 464-9, 1965.