

MISTURAS BINÁRIAS E TERNÁRIAS DE GORDURAS HIDROGENADAS E ÓLEO DE SOJA¹

SIMÕES², Ilka Sumiyoshi; GIOIELLI², Luiz Antonio & OLIVEIRA², Maricê Nogueira

RESUMO

Na formulação de produtos gordurosos, é comum a mistura de óleos e gorduras, para se alcançar as especificações do produto final. As interações que ocorrem entre os triacilgliceróis nas misturas promovem alterações nas propriedades físicas das gorduras. Comparado às técnicas tradicionais, os experimentos planejados poupam tempo e recursos, identificam pontos ótimos verdadeiros, e permitem que os efeitos das variáveis individuais ou interações entre elas sejam determinados. O objetivo do trabalho foi estudar interações que ocorrem em misturas binárias e ternárias de duas gorduras hidrogenadas (FATGILL PF38 e FATGILL PF42) e um óleo de soja, analisando suas propriedades físicas e químicas. Foram elaboradas 10 misturas, representadas por 3 amostras individuais, 3 misturas binárias e 4 misturas ternárias. As amostras foram analisadas quanto aos ácidos graxos, índices de iodo e saponificação, pontos de

amolecimento e fusão, viscosidade cinemática, dureza e consistência. Aplicou-se, para algumas respostas, um modelo de regressão múltipla do tipo cúbico especial. A análise dos resultados indicou que as interações entre os três componentes não foram significativas. A dureza dependeu apenas da gordura hidrogenada FATGILL PF42. Por outro lado, a viscosidade foi dependente dos três componentes, enquanto os pontos de fusão e amolecimento foram decorrentes das gorduras hidrogenadas. Os coeficientes negativos para a propriedade de dureza demonstraram um efeito antagônico, característico das interações eutéticas entre gorduras. Estabeleceram-se, ainda, diagramas triangulares, onde foram indicadas curvas de nível. Um modelo perfeito de mistura foi evidenciado para a viscosidade e pontos de amolecimento e de fusão.

Palavras-chave: misturas, gordura hidrogenada, óleo de soja, diagrama triangular.

SUMMARY

BINARY AND TERNARY BLENDS OF HYDROGENATED FATS AND SOYBEAN OIL. In the formulation of fat products, it is an usual practice the blending of oils and fats, to meet final product specifications. Alterations in fat mixtures properties are advanced by triacylglycerols interactions. Compared with traditional techniques, designed experimentation saves both time and resources, and identify "true" optimums. The designed strategy allows determination of effects of individual variables or interactions between them. The objective of this study was to

investigate the interactions that occur in binary and ternary mixtures of two hydrogenated fats (FATGILL PF38 and FATGILL PF42) and soybean oil, by analyzing their physical and chemical properties. A ten-run designed was used, corresponding to 3 individual samples, 3 binary blends and 4 ternary blends. The samples were analysed for fatty acid composition, iodine and saponification values, softening and melting points, kinematic viscosity, hardness and consistency. A special cubic multiple regression model was applied to some analytical data. The results showed that the three components interactions were not significant. Hardness only depended on hydrogenated fat FATGILL PF42. In another way, viscosity was dependent on the three components and melting and softening points were dependent on hydrogenated fats. The negative coefficients for hardness showed an antagonistic effect, typical of eutectic interactions of fats. Contour lines were indicated by triangular diagrams. A perfect mixing model was attested for viscosity and softening and melting points.

Key words: mixtures, hydrogenated fat, soybean oil, triangular diagram, blends.

1 — INTRODUÇÃO

Na formulação de produtos gordurosos, é comum a mistura de óleos e gorduras, para se alcançar as especificações do

produto final. As interações que ocorrem entre os triacilgliceróis nas misturas promovem alterações nas propriedades físicas das gorduras. Desse modo, a mistura pode ser considerada como um método de modificação de óleos e gorduras, em um nível de intensidade ainda menor que o fracionamento. Seria útil se as propriedades das misturas pudessem ser previstas a partir das propriedades das gorduras individuais ou da análise química da mistura (2, 4, 14, 21, 22, 26, 28).

As gorduras naturais são misturas complexas de triacilgliceróis, ácidos graxos livres, acilgliceróis parciais e componentes menores como fosfolípides, esteróis e tocoferóis. Como a maioria das gorduras é refinada, suas propriedades físicas são determinadas pelas propriedades dos triacilgliceróis (27).

Comparado às técnicas tradicionais, onde somente uma variável é estudada por vez e as demais são mantidas constantes, os experimentos planejados oferecem muitas vantagens. Pouparam tempo e recursos, gerando excelente relação custo/benefício. O planejamento pode identificar pontos ótimos verdadeiros enquanto que o método tradicional não consegue. E ainda, permite que os efeitos das variáveis individuais ou interações entre elas sejam determinados. Experimentos com misturas são tipicamente feitos nos casos em que a resposta é uma função das proporções das variáveis e não de suas quantidades. Por esta razão, estes experimentos são largamente aplicados no desenvolvimento de produtos alimentícios (12).

HARE (18), em revisão sobre projetos de misturas aplicados à

formulação de alimentos, menciona que o estabelecimento do número mínimo de pontos experimentais num projeto é parcialmente esclarecido pelo comportamento antecipado dos dados. HAIGHTON (17) e TIMMS (27) utilizaram o sistema de análises de regressão múltipla para o cálculo da contribuição estatística de cada matéria-prima dos sistemas ternários. SMALLWOOD (26) e BLOCK *et al.* (5) utilizaram sistemas computacionais para a formulação de misturas de gorduras.

O objetivo do trabalho foi estudar interações que ocorrem em misturas binárias e ternárias de gorduras hidrogenadas e óleo vegetal, analisando suas propriedades físicas e químicas.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Materiais

Foram utilizadas duas gorduras hidrogenadas comerciais (Fatgill PF38 e Fatgill PF42) e um óleo de soja refinado, para o preparo das misturas em proporções estabelecidas na *Tabela 1*.

TABELA 1. Planejamento experimental das misturas de gorduras hidrogenadas e de óleo de soja

Amostra (n.)	Componentes (proporção m/m)		
	x1	x2	x3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	1/2	1/2	0
5	1/2	0	1/2
6	0	1/2	1/2
7	1/3	1/3	1/3
8	2/3	1/6	1/6
9	1/6	2/3	1/6
10	1/6	1/6	2/3

x1=óleo de soja refinado

x2=gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF38

x3=gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF42

2.2. Métodos

A análise de ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo a gás CG, modelo 37-D, equipado com detetor de ionização de chama e integrador eletrônico modelo CG-300. Foi utilizada coluna em aço inoxidável (fase estacionária de succinato de dietilenoglicol - DEGS a 17% sobre suporte de Chromosorb W 80-100 mesh, ativado com ácido clorídrico) à temperatura de 192°C (23). A composição qualitativa foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos com os dos respectivos padrões de ácidos graxos. A composição quantitativa foi realizada por normalização de área, empregando fatores de correção determinados experimentalmente segundo as normas da "American Oil Chemists' Society" (1), método Ce 1-62, sendo expressa como

porcentagem em massa.

O índice de iodo foi calculado a partir da composição em ácidos graxos, segundo as normas da "American Oil Chemists' Society" (1), método Cd 1c-85.

O índice de saponificação foi calculado a partir da composição em ácidos graxos, em função da definição do índice, que corresponde ao número de miligramas de hidróxido de potássio necessárias para saponificar 1g de óleo ou gordura (25).

O ponto de fusão, utilizando tubo capilar fechado, foi determinado segundo as normas da "American Oil Chemists' Society" (1), método Cc 1-25.

O ponto de amolecimento, utilizando tubo capilar aberto, foi determinado segundo as normas da "American Oil Chemists' Society" (1), método Cc 3-25.

A viscosidade cinemática foi determinada segundo a técnica ASTM D445-74 descrita pelo "Institute of Petroleum" (19), utilizando viscosímetro Cannon-Fenske número 200.

A análise da dureza foi efetuada através de teste de dupla penetração com cone de acrílico de ângulo 45°, em analisador de textura TA-XT2 da S Micro Systems, controlado por microcomputador. As misturas foram aquecidas à temperatura de 60-70°C em forno de microondas para completa fusão dos cristais, e acondicionadas em béqueres de 250 mL. O condicionamento foi efetutado por 24 horas em geladeira comum (5-8°C) e em seguida por 24 horas em estufa com temperatura controlada (temperatura de análise $\pm 0,5^\circ\text{C}$).

Os testes foram conduzidos nas seguintes condições:

- Determinação da força em compressão
- Distância: 10,0 mm
- Velocidade: 2,0 mm/s
- Tempo: 5s

Triplicata: em três pontos diferentes para cada amostra

A consistência das amostras foi obtida através da conversão dos dados de penetração em um parâmetro independente do peso e do tipo de cone. Utilizou-se a equação a seguir, proposta por HAIGHTON (16), considerando as condições dos testes de compressão, para o cálculo do "yield value":

$$C = 4700 \cdot W / 1001,6 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

C = "yield value", em g/cm²

W = força em compressão, em g, para tempo = 5s

Aplicou-se um modelo de regressão múltipla, do tipo cúbico especial (18), para as misturas de óleo e gorduras, representado pela seguinte equação:

$$y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \beta_{123}x_1x_2x_3 \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

y = resposta

β = coeficientes gerados por regressão múltipla (*Tabela 13*)

x = proporção dos componentes (*Tabela 1*)

Utilizou-se o aplicativo Statgraphics versão 2.6, que gerou os coeficientes para o modelo, além de apresentar seus níveis de significância, coeficientes de determinação e análise de variância.

Curvas de contorno (linhas ligando pontos de mesmo valor de resposta) são apresentadas em diagramas triangulares. Estas linhas foram obtidas a partir do modelo de regressão, utilizando os coeficientes com níveis de significância menores que 5%, tomando como base diversas proporções convenientes para varredura da área experimental (6, 24). Para tal, foi utilizado o aplicativo Lotus -123 versão 2, sendo construída uma máscara para 231 pontos no diagrama triangular, com intervalos de 0,05.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

A *Tabela 2* apresenta a composição em ácidos graxos das dez amostras, incluindo também os índices de iodo e de saponificação. Para as amostras de 4 a 10 os valores foram calculados a partir das composições das amostras originais.

TABELA 2. Composição e índices de iodo e de saponificação das amostras.

Ácido graxo (%)	Amostra (no)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14:0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
16:0	12,0	12,6	12,8	12,3	12,4	12,7	12,5	12,3	12,5	12,6
18:0	3,9	7,9	16,9	5,9	10,4	12,4	9,6	6,7	8,7	13,2
18:1	23,1	64,5	69,3	43,8	46,2	66,9	52,2	37,7	58,5	60,9
18:2	52,2	13,6	0,2	32,9	26,2	6,9	22,0	37,1	17,8	11,1
18:3	8,7	1,3	0,7	5,0	4,7	1,0	3,6	6,1	2,4	2,1
I. I.*	133,1	82,4	61,8	107,8	97,5	144,2	92,4	112,8	87,4	77,1
I. S.*	192,3	192,4	192,1	192,4	192,2	192,3	192,3	192,3	192,3	192,2

* I. I. = Índice de Iodo (g iodo/100g)

* I. S. = Índice de Saponificação (mg KOH/g)

Verifica-se, a partir da composição em ácidos graxos das gorduras originais (2 e 3), que o óleo de soja é utilizado como matéria-prima nas reações de hidrogenação, evidenciado pelos teores de 18:3. Observa-se ainda que a hidrogenação é seletiva, com ataque preferencial aos ácidos poli-insaturados (18:2 e 18:3), aumentando o nível de mono-insaturados (18:1) e retardando a formação de ácidos saturados (18:0 - esteárico) (8), em relação a uma composição média normal para o óleo de soja (3, 13).

Para o óleo de soja (amostra 1) o índice de iodo se encontra na faixa de 120 a 143 estabelecida pela legislação brasileira (7). Para a amostra número 2, o índice de iodo se encontra na faixa de 78-84 especificada pelo fabricante. Já a amostra número 3, apresenta o índice de iodo 1,2 unidades inferior ao limite

mínimo da especificação. O índice de saponificação das amostras apresenta variação mínima, entre 192,1 e 192,4, indicando que a hidrogenação provoca pequenas alterações no peso molecular médio dos acilgliceróis. Os valores obtidos se encontram na faixa de 189 a 198 estabelecida na legislação brasileira para o índice de saponificação do óleo de soja (7).

A *Tabela 3* apresenta os pontos de fusão e de amolecimento, incluindo também a viscosidade cinemática a 50°C das amostras. Os resultados representam a média de três determinações. Como as gorduras não são substâncias puras, não mostram uma temperatura de fusão definida, e os resultados vão depender do método experimental aplicado (10, 28). Dessa forma, os valores para o ponto de fusão são os mais altos, pois a gordura é aquecida até mostrar-se completamente límpida (sem turvação) no tubo capilar. Por outro lado, no método de amolecimento, a gordura é aquecida até tornar-se suficientemente fluida para subir no tubo capilar, em função da pressão exercida pela água do banho. A viscosidade das amostras variou entre 32,01 e 46,94 cSt. As viscosidades relativamente altas dos óleos são devidas às atrações intermoleculares das longas cadeias dos acilgliceróis.

TABELA 3. Pontos de fusão e de amolecimento e viscosidade das amostras

Amostra (nº)	Ponto de fusão (°C)	Ponto de amolecimento (°C)	Viscosidade a 50°C (cSt)
1	–	–	32,01
2	39,0	36,0	43,67
3	43,0	41,5	46,94
4	33,0	31,0	35,80
5	39,0	38,0	36,59
6	42,0	40,0	44,50
7	40,0	37,8	38,77
8	36,0	33,0	33,00
9	39,0	35,0	42,06
10	42,0	38,5	41,21

KRAWCZYK *et al.* (20) analisaram a textura de cremes vegetais e halvarinas contendo de 70 a 0% de gordura à temperatura de 10°C. Foi utilizado o analisador de textura TA-XT2 com cone de 45°. A dureza das amostras variou entre aproximadamente 60 e 230 g. As amostras números 4 e 8 apresentaram dureza a 10°C nessa faixa de variação.

A *Tabela 4* apresenta os resultados de dureza a diversas temperaturas para as gorduras hidrogenadas originais e suas misturas com o óleo de soja. A dureza das amostras sempre diminuiu com o aumento da temperatura.

TABELA 4. Dureza das amostras, em função da temperatura.

Dureza Amostra (nº)	Temperatura (°C)						
	10	15	20	25	30	35	40
2	1,133	0,733	0,377	0,236	0,045	-	-
3	6,682	3,732	3,607	2,118	1,129	0,502	0,050
4	0,117	0,063	0,041	-	-	-	-
5	0,572	0,488	0,317	0,238	0,069	-	-
6	3,645	2,892	1,684	0,977	0,477	0,083	-
7	0,721	0,671	0,438	0,267	0,070	-	-
8	0,062	0,054	0,034	-	-	-	-
9	1,000	0,893	0,522	0,232	0,057	-	-
10	2,255	1,635	1,355	0,838	0,492	0,115	-

A *Tabela 5* apresenta os coeficientes calculados por regressão múltipla a partir dos resultados experimentais de dureza, pontos de amolecimento e de fusão e viscosidade. Os coeficientes não significativos ($p > 0,05$) foram eliminados.

TABELA 5. Coeficientes calculados por regressão múltipla a partir dos resultados experimentais

Resultado	Coeficientes							R ²
	β_1	β_2	β_3	β_{12}	β_{13}	β_{23}	β_{123}	
10°C	0	0	6,4880	0	-11,1885	0	0	0,990
15°C	0	0,7415	3,6309	0	-5,5846	0	0	0,994
20°C	0	0	3,5325	0	-6,0084	0	0	0,995
25°C	0	0	2,0872	0	-3,3008	0	0	0,997
30°C	0	0	1,1315	0	-1,9449	0	0	0,998
35°C	0	0	0,4900	0	-1,0082	-0,6911	0	0,990
40°C	0	0	0,4671	0	0	0	0	0,93
PA*(°C)	0	35,1227	40,4420	0	0	0	0	0,995
PF*(°C)	0	38,1916	42,1019	0	0	0	0	0,995
Viscosidade (cSt)	31,7171	44,0718	46,7352	0	0	0	0	0,9998

*PA = ponto de amolecimento

*PF = ponto de fusão

Para os resultados de dureza à temperatura de 40°C os coeficientes de determinação (R²) não foram significativos (p > 0,05). Observa-se que o óleo de soja (amostra 1) não contribui estatisticamente para a dureza e para os pontos de fusão e de amolecimento. Pode-se considerar que a dureza depende apenas da gordura hidrogenada Fatgill PF42. Por outro lado, a viscosidade é dependente dos três componentes, enquanto os pontos de fusão e de amolecimento são decorrentes das gorduras hidrogenadas (amostras 2 e 3).

Os resultados mostraram que as respostas analisadas não são dependentes das interações entre os três componentes, pois os coeficientes β_{123} não foram significativos.

Entre as interações binárias, os coeficientes β_{12} não foram significativos. De modo geral, as interações significativas ocorreram apenas entre as amostras 1 e 3. Os coeficientes

negativos para a propriedade de dureza, demonstram um efeito antagônico, característico das interações eutéicas entre triacilgliceróis ou entre gorduras. HARE (18) também encontrou coeficientes negativos para interações entre estearina, óleo vegetal e sólidos de óleo vegetal.

Para os pontos de amolecimento e de fusão, assim como para a viscosidade, as interações binárias e ternárias entre as amostras não foram significativas, evidenciando um modelo perfeito de mistura (9). Isto pode ser justificado pelo fato da viscosidade ser determinada à temperatura de 50°C e, portanto, no estado líquido. Os pontos de amolecimento e de fusão também representam a passagem da gordura para o estado líquido, situação em que a miscibilidade dos triacilgliceróis é quase ideal (27).

A *Tabela 6* apresenta a consistência das amostras, calculada como "yield value" em g/cm², em função da temperatura. As gorduras comportam-se como sólidos rígidos até que o "stress" de deformação exceda o "yield value", quando começam a fluir como um líquido viscoso (11). É possível comparar as amostras em função da propriedade subjetiva de espalhabilidade, usando os critérios estabelecidos por HAIGHTON (16).

TABELA 6. Consistência das amostras em função da temperatura.

Amostra (nº)	Consistência (g/cm ²) a						
	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
2	3360	2174	1118	700	133	-	-
3	19816	11067	10697	6281	3348	1489	148
4	347	187	122	-	-	-	-
5	1696	1447	940	705	205	-	-
6	10809	8576	4994	2897	1415	246	-
7	2138	1990	1300	792	208	-	-
8	184	160	101	-	-	-	-
9	2966	2648	1548	688	169	-	-
10	6687	4849	4018	2485	1459	341	-

Produtos com "yield value" na faixa de 200 a 800 g/cm² são os mais satisfatórios do ponto de vista da espalhabilidade. Os resultados evidenciaram que as amostras apresentaram consistência a 10°C desde macia, já espalhável (amostra nº 8) e plástica e espalhável (amostra nº 4) até muito dura (demais amostras). As gorduras hidrogenadas originais (amostras nº 2 e 3) permaneceram muito duras até 20 e 35°C, tornando-se macias a 30 e 40°C, respectivamente.

Os modelos estatísticos estão representados nas *Figuras 1 a 5* (dureza), *6* (viscosidade cinemática), *7 e 8* (pontos de amolecimento e fusão), em diagramas triangulares, onde são indicadas as curvas de nível (linhas ligando pontos de resposta de igual valor). Os três vértices correspondem às respostas das gorduras hidrogenadas e óleo vegetal originais. Os pontos sobre os lados do triângulo equilátero representam os resultados das misturas binárias. Na região interna encontram-se as respostas referentes às misturas ternárias. Para a

determinação da proporção dos componentes de qualquer ponto interno, devem ser traçadas retas paralelas aos três lados e a proporção de cada componente é lida nos lados do triângulo, no cruzamento das respectivas paralelas opostas a cada vértice (9, 15)

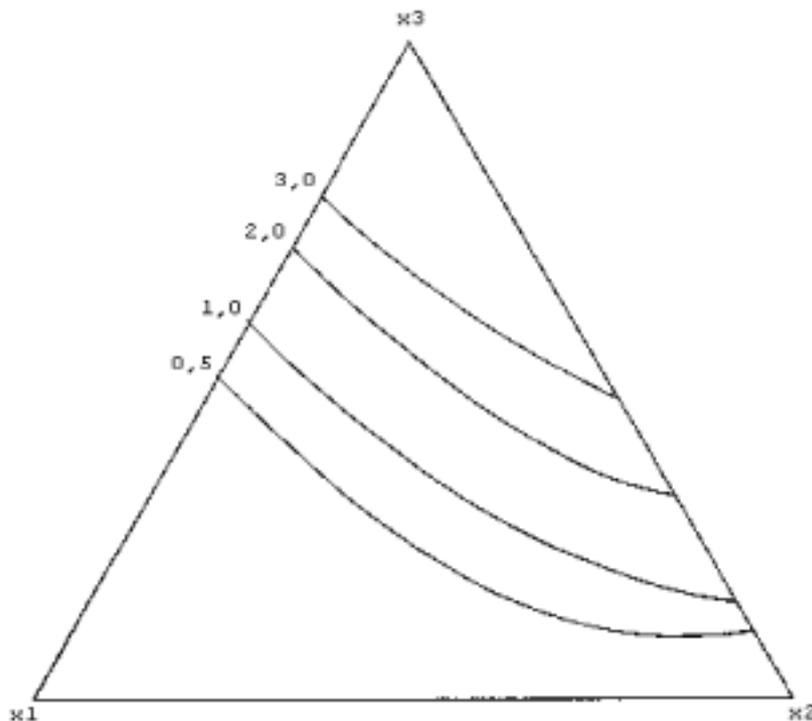


FIGURA 1. Diagrama triangular para dureza (kg) das gorduras hidrogenadas e óleo de soja, a 10°C.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

x3 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 42

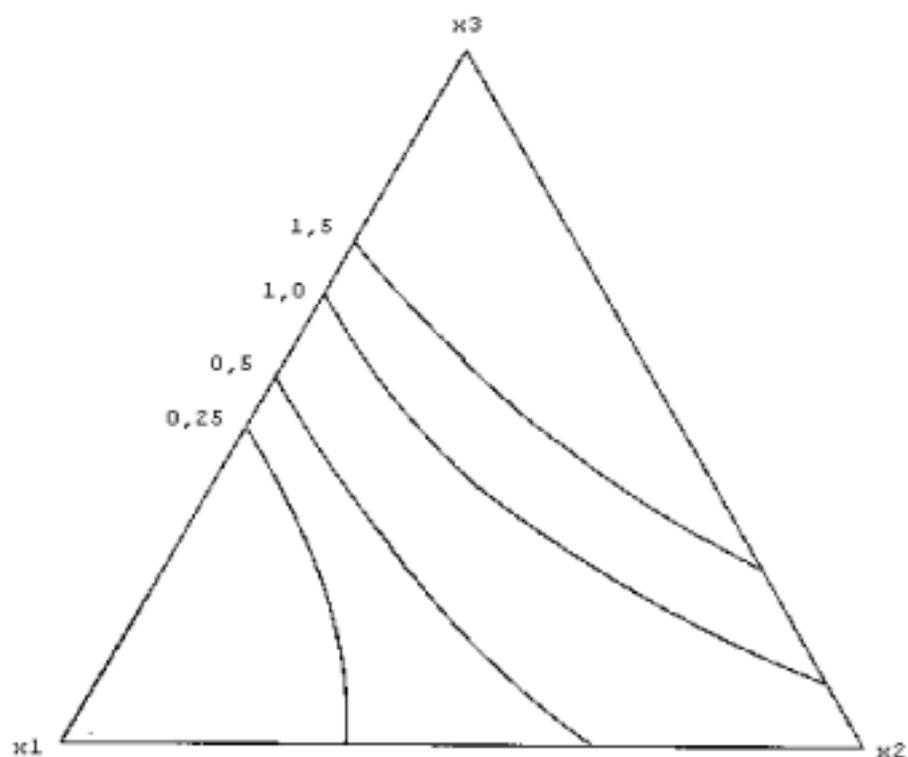


FIGURA 2. Diagrama triangular para dureza (kg) das gorduras hidrogenadas e óleo de soja, a 15°C.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

x3 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 42

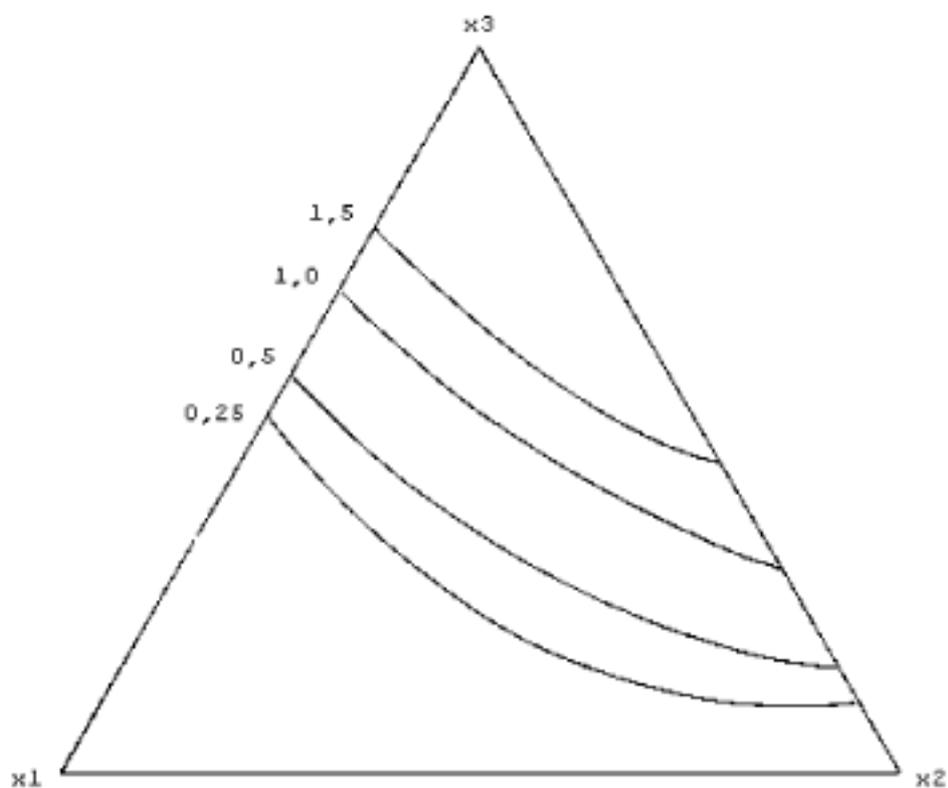


FIGURA 3. Diagrama triangular para dureza (kg) das gorduras hidrogenadas e óleo de soja, a 20°C.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

x3 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 42

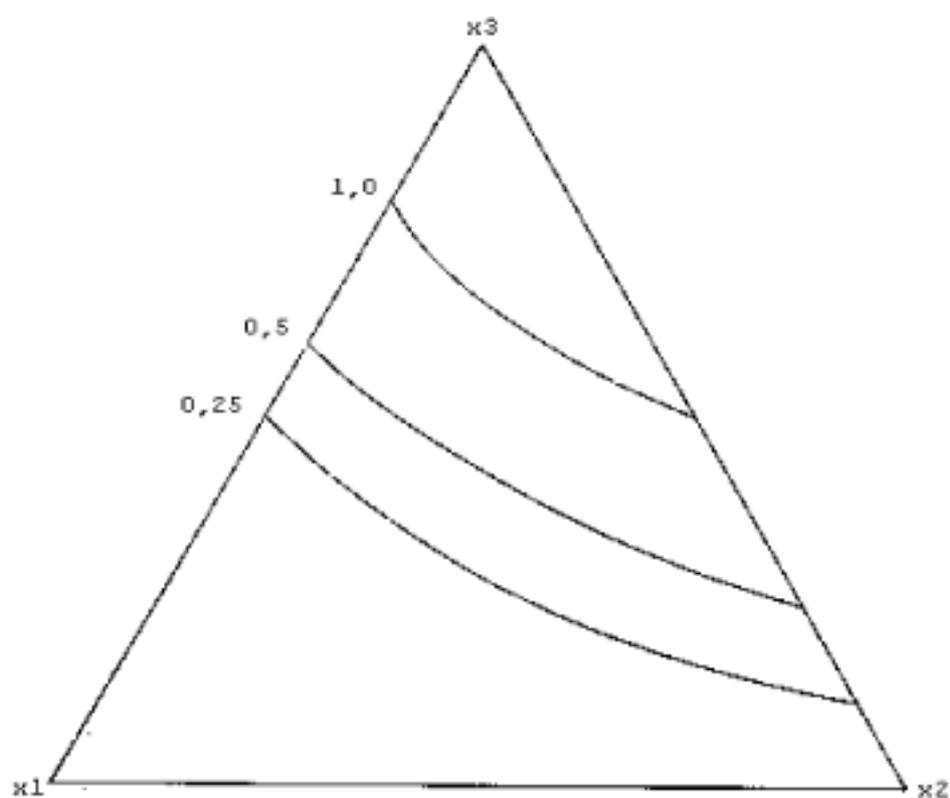


FIGURA 4. Diagrama triangular para dureza (kg) das gorduras hidrogenadas e óleo de soja, a 25°C.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

x3 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 42

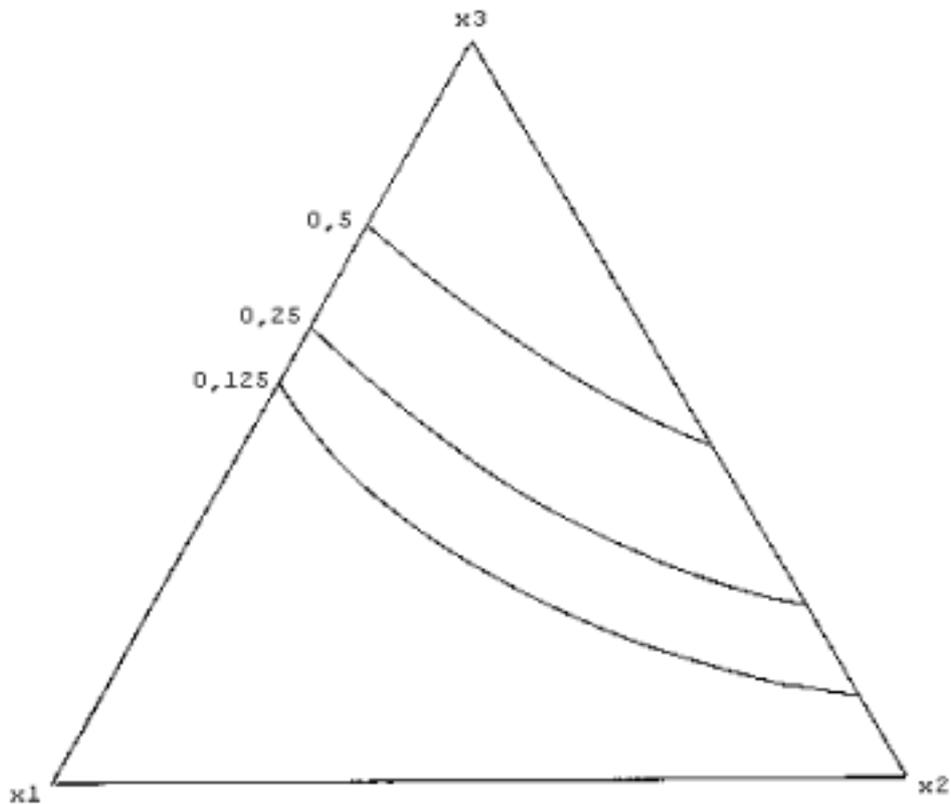


FIGURA 5. Diagrama triangular para dureza (kg) das gorduras hidrogenadas e óleo de soja, a 30°C.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

x3 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 42

Os diagramas triangulares permitem encontrar uma mistura ótima ou escolher entre misturas alternativas, dependendo de considerações econômicas ou de outra ordem, como disponibilidade das matérias-primas (18).

Pelo diagrama da *Figura 2*, para se obter uma mistura com dureza igual a 1kg a 15°C, pode-se utilizar as seguintes misturas:

	Proporção (%)						
x1	35	35	35	35	30	30	25
x2	0	5	10	15	25	30	40
x3	65	60	55	50	45	40	35
x1	25	20	15	10	5	5	0
x2	45	55	65	75	80	85	90
x3	30	25	20	15	15	10	10

Por outro lado, se o interesse for obter uma gordura com ponto de fusão igual a 35°C (*Figura 8*), as seguintes opções podem ser empregadas:

	Proporção (%)						
x1	15	15	15	15	10	10	10
x2	15	20	25	30	70	75	85
x3	70	60	60	55	20	15	5

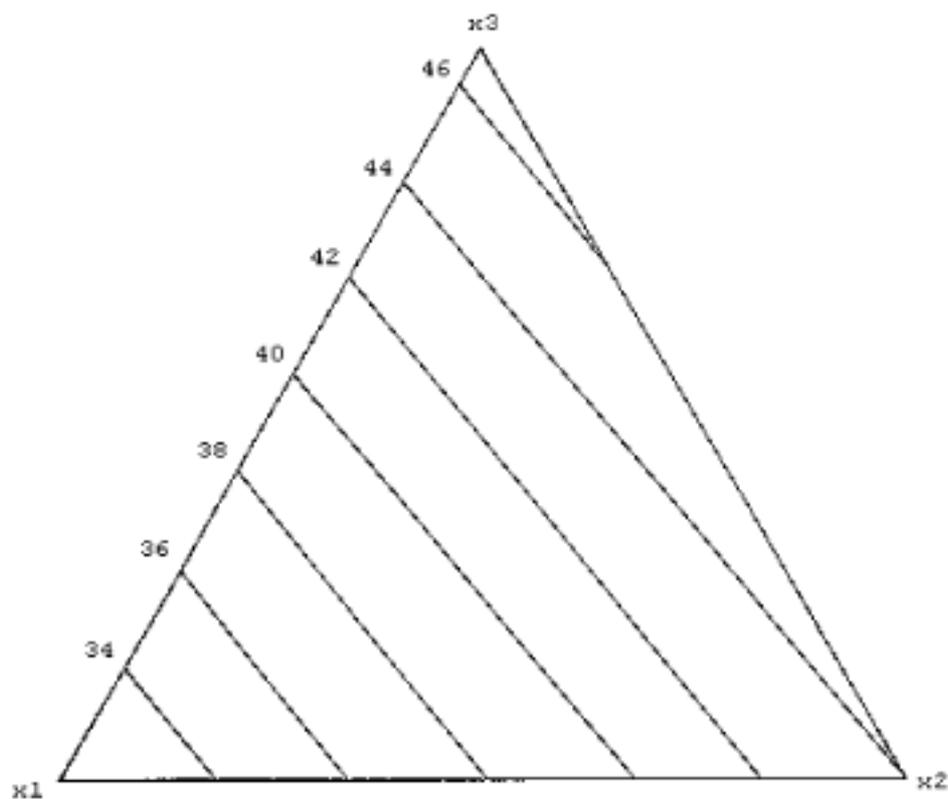


FIGURA 6. Diagrama triangular para viscosidade cinemática (cSt) a 50°C das gorduras hidrogenadas e óleo de soja.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

x3 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 42

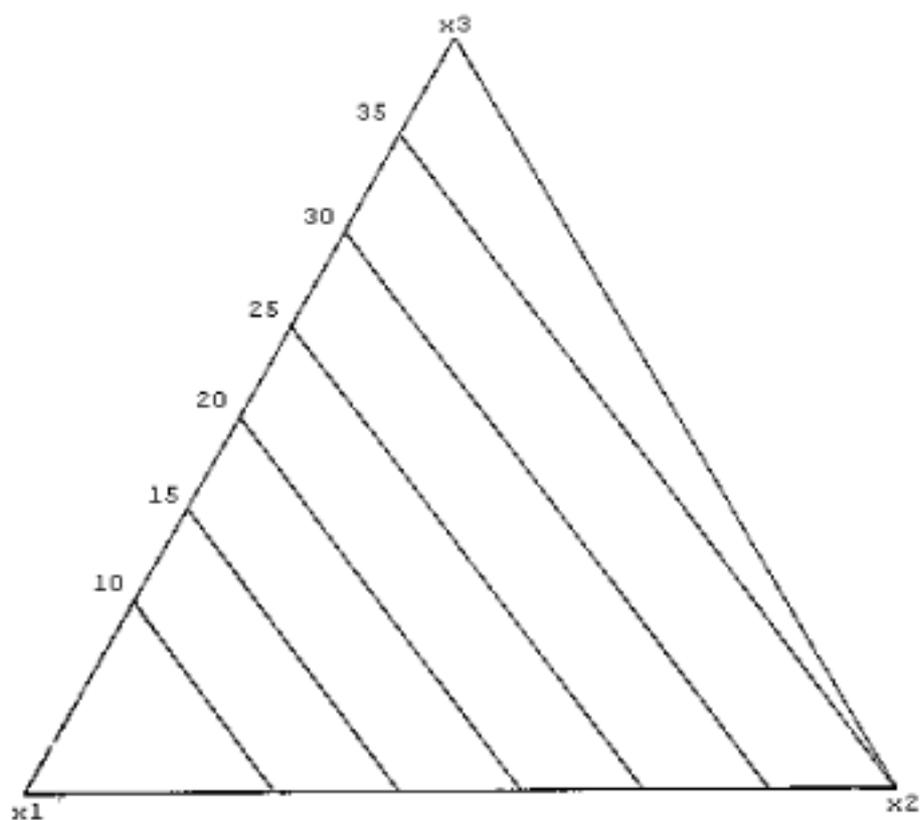


FIGURA 7. Diagrama triangular para ponto de amolecimento (°C) das gorduras hidrogenadas e óleo de soja.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

x3 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 42

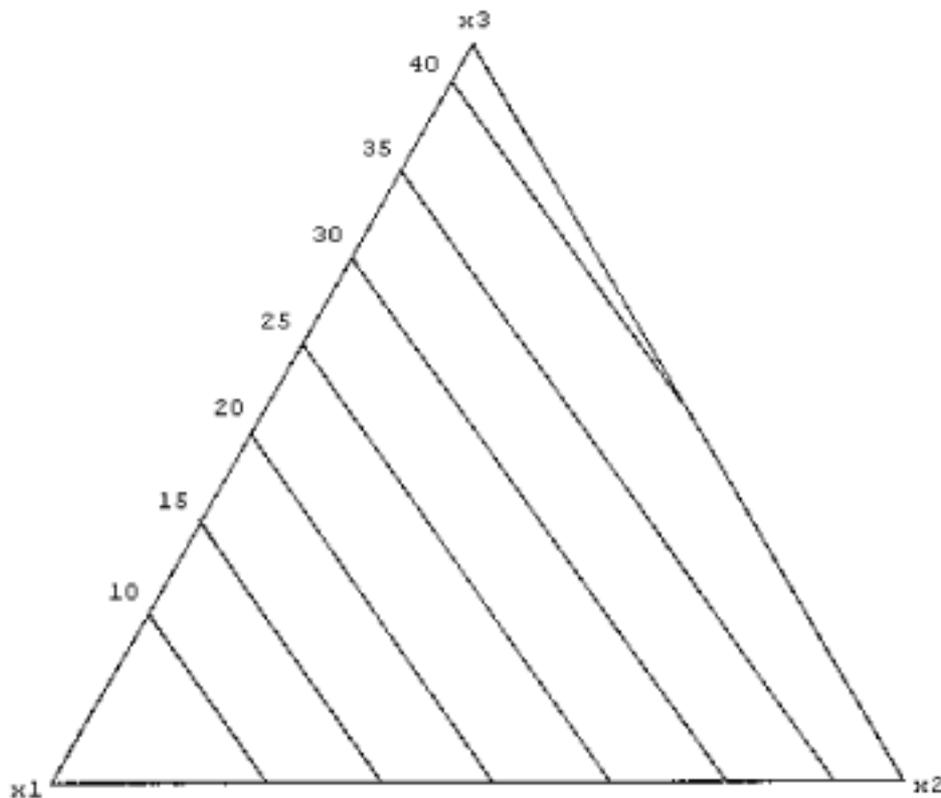


FIGURA 8. Diagrama triangular para ponto de fusão (°C) das gorduras hidrogenadas e óleo de soja.

x1 = óleo de soja refinado LIZA

x2 = gordura vegetal hidrogenada FATGILL PF 38

Assim, se houver necessidade simultânea de uma gordura com dureza igual a 1kg a 15°C e que apresente ponto de fusão 35°C, verifica-se que apenas uma opção pode ser utilizada: 10% de x1, 75% de x2 e 15% de x3. Uma maneira prática para se encontrar a combinação ideal é através da superposição dos diagramas (*Figuras 2 e 8*), definida pelo ponto de encontro das linhas de resposta tomadas como especificações (6).

Quando a propriedade tomada como resposta define um modelo perfeito de mistura, as linhas nos diagramas triangulares são retas paralelas e equidistantes, para mesmos

intervalos de variação (*Figuras 6, 7 e 8*). Isto significa que a propriedade é proporcional à quantidade de cada componente da mistura.

4 — CONCLUSÕES

A análise dos resultados indicou que as interações entre os três componentes não foram significativas. A dureza dependeu apenas da gordura hidrogenada FATGILL PF42. A viscosidade foi dependente dos três componentes, enquanto os pontos de fusão e amolecimento foram decorrentes das gorduras hidrogenadas. Os coeficientes negativos para a propriedade de dureza demonstraram um efeito antagônico, característico das interações eutéticas entre gorduras. Um modelo perfeito de mistura foi evidenciado para a viscosidade e pontos de amolecimento e fusão.

5 — REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY — **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 4. ed. Champaign, 1990.
- (2) AILEY, A.E. - **Melting and solidification of fats**. New York: Interscience, 1950. p.75-116; 181-238.
- (3) ELITZ, H.D., GROSCH, W. - **Food chemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. p.472-493.

(4) IRKER, P.J.M.W.L., PADLEY, F.B. - Physical properties of fats and oils. In: HAMILTON, R.J., BHATI, A., eds. - **Recent advances in chemistry and technology of fats and oils**. London: Elsevier, 1987. p.1-11.

(5) BLOCK, J.M., BARRERA-ARELLANO, D., FIGUEIREDO, M.F., GOMIDE, F.A.C. - Otimização do processo de "blending" na formulação de gorduras técnicas. In: Congreso y Exposición Latinoamericana sobre Procesamiento de Grasas y Aceites, 6., Campinas, 1995. **Memorias**, Campinas, Sociedade Brasileira de "leos e Gorduras, 1995. p.249-253.

(6) BRAGA NETO, J.A., SILVA, R.S.F., IDA, E.I. - Propriedades funcionais de ingredientes alimentares usando modelos para misturas. 2. Formação e estabilidade de espumas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.15, n.1, p.6-10, 1995.

(7) BRASIL. Leis, decretos, etc. Resolução n. 22/77 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. In: COMPÊNDIO da legislação de alimentos. Rev.3. São Paulo: ABIA, 1989. v.1/A, p.7.10-7.14.

(8) COENEN, J.W.E. - Modification of oils and fats. In: MORTON, I., RHODES, D.N., eds. - **The contribution of chemistry to food supplies**. London: Butterworths, 1974. p.15-54.

(9) CRUISE, D.R. - Plotting the composition of mixtures on simplex coordinates. **J. Chem. Educ.**, Washington: v.43, n.1, p.30-33, 1966.

(10) DEMAN, J.M., DEMAN, L., BLACKMAN, B. - Melting point determination of fat products. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v.60, n.1, p.91-94, 1983.

(11) DEMAN, J.M., BEERS, A.M. - Fat crystal networks: structure and rheological properties. **J. Texture Stud.**, Westport, v.18, n.4, p.303-318, 1988.

(12) DZIEZAK, J.D. - Taking the gamble out of product development. **Food Technol.**, Chicago: v.44, n.6, p.110-117, 1990.

(13) GILLATT, P. - Codex Alimentarius' role in world trade. **INFORM**, Champaign, v.5, n.9, p.981-986, 1994.

(14) GIOIELLI, L.A. - Misturas de óleos e gorduras na formulação de produtos gordurosos. **'leos e Grãos**, São Paulo, v.7, n.32, p.24-28, 1996.

(15) GOMIDE, R. - **Estequiometria industrial**. São Paulo: Cenpro, 1968. p.377-413.

(16) HAIGHTON, A.J. - The measurement of the hardness of margarine and fats with cone penetrometers. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v.36, n.8, p.345-348, 1959.

(17) HAIGHTON, A.J. - Blending, chilling, and tempering of margarines and shortenings. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v.53, n.6, p.397-399, 1976.

(18) HARE, L.B. - Mixture designs applied to food formulation. **Food Technol.**, Chicago: v.28, n.3, p.50-62, 1974.

- (19) INSTITUTE OF PETROLEUM - **IP standards for petroleum and its products**. 38. ed. London: Heyden, 1979. v.1, pt.1, p.71.1-71.15.
- (20) KRAWCZYK, G.R., BULIGA, G.S., BERTRAND, D.T., HUMPHREYS, W.M. - Reviewing the technology of low-fat spreads. **Inform**, Champaign, v.7, n.6, p.635-639, 1996.
- (21) ROSSELL, J.B. - Phase diagrams of triglyceride systems. **Adv. Lipid Res.**, New York, v.5, p.353-408, 1967.
- (22) SAMBUC, E., NAUDET, M. - Sur l'influence qu'exerce la composition de la phase grasse sur la consistance des margarines. **Rev. Fr. Corps Gras**, Paris, v.16, n.7, p.489-496, 1969.
- (23) SCHUCH, R., BARUFFALDI, R., GIOIELLI, L.A. - Fatty acid of brazilian plants. I. Stizolobium aterrimum Piper & Tracy and Lucuma caimito Roem. seed oils. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v.61, n.7, p.1207-1208, 1984.
- (24) SILVA, R.S.F., BRAGA NETO, J.A., IDA, E.I. - Propriedades funcionais de ingredientes alimentares usando modelos matemáticos para misturas: 1. Solubilidade e capacidade de absorção de água. **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, v.36, n.3, p.585-596, 1993.
[Lilacs]
- (25) SINGHAL, R.S., KULKARNY, P.R. - Effect of puffing on oil characteristics of amaranth (Rajgeera) seeds. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v.67, n.12, p.952-954, 1990.

(26) SMALLWOOD, N.J. - Using computers for oil blending. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v.66, n.5, p.644-648, 1989.

(27) TIMMS, R.E. - Phase behaviour of fats and their mixtures. **Prog. Lipid Res.**, Oxford, v.23, n.1, p.1-38, 1984.

(28) TIMMS, R.E. - Physical properties of oils and mixtures of oils. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v.62, n.2, p.241-248, 1985.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas.

¹ Recebido para publicação em 27/05/97. Aceito para publicação em 04/12/97. Trabalho de Iniciação Científica (PIBIC/USP) de I.S. Simões.

² Departamento de Tecnologia Bioquímico- Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP. Caixa Postal 66083, CEP 05315-970, São Paulo - SP.