

Formulación de grasas a través de redes neuronales: productos comerciales y producción en planta piloto

Por Jane Mara Block^a, Daniel Barrera-Arellano ^{*a}, Rodrigo Almeida^b, Fernando C. Gomide^b y Roberto Book Moretti^c

^a Laboratório de Óleos e Gorduras, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Caixa Postal 6091, UNICAMP, CEP 13081-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: daniel@fea.unicamp.br

^b Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, FEE - UNICAMP, Campinas, SP, and ^c Sadia S.A.

RESUMEN

Formulación de grasas a través de redes neuronales: productos comerciales y producción en planta piloto.

En el presente trabajo se realizaron pruebas para verificar la amplitud de aplicación de una red neuronal, construida para formular grasas a partir de 3 materias-primas derivadas de soja. Para la evaluación se utilizaron 17 productos comerciales seleccionados aleatoriamente y formulados originalmente con materias-primas desconocidas. Además de los productos comerciales, se formularon y se produjeron a escala piloto, otras tres margarinas de mesa por métodos convencionales y con la red neuronal. De acuerdo con los resultados obtenidos, la red neuronal presentó un índice de éxito de 64,7% en la formulación de productos comerciales. Con relación a los productos formulados y producidos a escala piloto, los resultados obtenidos por la red fueron similares a los obtenidos por los métodos convencionales de formulación.

PALABRAS-CLAVE: *Blending - Formulación - Grasas hidrogenadas - Grasas técnicas - Redes neuronales - Shortenings.*

SUMMARY

Formulation of fats using neural networks: commercial products and pilot-plant production.

In the present work, trials were carried out to verify the range of application of a neural network, designed to formulate fats from 3 raw materials from soybean. For evaluation, 17 randomly selected commercial products, originally formulated with unknown raw materials, were used. Apart from the commercial products, 3 different table margarines were formulated using conventional methods and the neural network, and produced in pilot-plant scale. According to the results obtained, the neural network presented a success index of 64.7% in the formulation of commercial products. With respect to the products formulated and produced in pilot-plant scale, the results obtained using the network were similar to those obtained using the conventional formulation methods.

KEY-WORDS: *Blending - Fat formulation -Hydrogenated fats - Neural networks -Shortenings.*

1. INTRODUCCIÓN

Las grasas hidrogenadas son ampliamente utilizadas en la industria de alimentos y debido al rápido desarrollo de esta actividad, cada día se exigen mejores productos con características físico-químicas bien defini-

das para cada aplicación. A través de la utilización de diferentes materias-primas y del control de los procesos de hidrogenación y "blending" es posible obtener grasas y margarinas para todo tipo de aplicación (Erickson y Ericksson, 1995; Reddy & Jeyarani, 2001).

A pesar del desarrollo observado en la industria de grasas hidrogenadas, los procedimientos de formulación son bastante complejos y poco divulgados en la literatura científica (Lefevre, 1983; Smallwood, 1989). Block et al. (1997 a,b; 1999) han propuesto un método alternativo de formulación de grasas basado en la teoría de las redes neuronales, una rama de la inteligencia artificial.

El presente trabajo describe pruebas realizadas para verificar la amplitud de la aplicación de una red neuronal anteriormente construida (Block, 1997 b). Esta red formula grasas con base en el perfil de sólidos deseado para el producto, indicando las proporciones de cada una de las materias-primas disponibles. Se formularon 17 productos comerciales seleccionados de forma aleatoria y se evaluó la eficiencia de la red en términos de soluciones correctas. También se evaluó la aplicación de la red en condiciones reales de procesamiento y se comparó con los productos formulados con los métodos convencionales usados en la industria de las margarinas.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1. Materias-primas

2 bases hidrogenadas y un aceite refinado de soja, gentilmente cedidos por Sadia S.A. (Parana-gua, PR. Brasil) con características físico-químicas descritas anteriormente (Block et al. 1999).

2.2. Productos comerciales

El perfil de sólidos de 17 productos, seleccionados aleatoriamente, formulados y producidos con materias-primas diferentes de aquellas utilizadas por la

red, sirvieron como referencia para la evaluación de la amplitud de aplicación de la red. Entre ellos se incluyen 2 grasas hidrogenadas de aplicación general (GH), 2 productos emulsificados de uso general (EM), 2 grasas para fritura (FR), 6 margarinas de diferente consistencia (MA), 2 grasas para panificación (PA), 1 grasa para chocolates (BO) y 1 grasa para helados (SO).

2.3. Formulación y producción en planta piloto

La fase grasa de las 3 margarinas fué formulada con las respuestas sugeridas por la red neuronal, a partir de la especificación del perfil de sólidos de los productos comercializados por una empresa del área. Los mismos productos también se elaboraron de acuerdo con los métodos utilizados por la empresa y los resultados se compararon con los obtenidos por la red neuronal.

2.4. Equipo

Planta piloto modelo Perfector 3 X 57 Gerstenberg & Agger A/S en lotes de 40 Kg.

2.5. Instrumentos

ISTRON, modelo 4301, célula de carga 100N y punta de prueba tipo T372-33. Espectómetro de resonancia magnética nuclear pulsante, marca Brüker, modelo Minispec PC 120.

2.6. Métodos analíticos

Contenido de grasa sólida: método AOCS Cd 16-81 (1989). Método serial. Temperaturas de lectura 10, 20, 25, 30, 35, 37,5°C. Determinación de consistencia : muestras enfriadas a 10°C por 24h.

2.7. Análisis sensorial y de consistencia

De acuerdo con los procedimientos de rutina de una industria productora de margarinas.

2.8. Red neuronal

Construida y entrenada de acuerdo con Block, et al. (1999).

2.9. Análisis estadístico y de especialistas

Como descrito en Block, et al. (1999)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Productos comerciales

Los resultados obtenidos para los productos comerciales formulados por la red se muestran en la

Tabla I, donde la denominación "solicitado" se refiere al perfil de sólidos del producto que deberá ser formulado. El término "respuesta de la red" se refiere al perfil teórico previsto por la red para la formulación sugerida y el término "determinado" al perfil de sólidos de la formulación propuesta, determinado experimentalmente.

De acuerdo con el análisis de variancia, no se encontró diferencia significativa para los resultados de la red entre los productos ($p = 0,46$) y entre las temperaturas estudiadas ($p = 0,25$). Entre los productos estudiados apenas el producto FR2 (grasa para fritura) fué considerado atípico (error medio relativo porcentual superior a 100%), con error medio relativo de 750,9%. En la formulación de este tipo de grasa es común la utilización de grasas duras derivadas de algodón, por ejemplo. En este caso la formulación por la red es más difícil, ya que la misma fué entrenada con grasas derivadas de soja.

Los especialistas consideraron 6 de los 17 productos (35,3%) fuera de la especificación (GH1, GH4, EM1, EM2, PA1, MA6), resultado totalmente diferente del indicado por el análisis estadístico.

El análisis de variancia aplicado a la red, sin los datos atípicos, no indicó diferencia entre los productos ($p = 0,55$). Entre las temperaturas se observaron diferencias entre las temperaturas de 35 y 37,5°C cuando se compararon con las demás ($p = 0,001$). En este caso, los resultados de la red para las temperaturas, en orden creciente de error fueron : 10, 25, 20, 30, 37,5 y 35 °C.

3.2. Formulación y producción de margarinas en planta piloto

En la Tabla II se muestran los perfiles de sólidos deseados en los productos a formular ("blends" 1 y 2), la respuesta sugerida por la red para la formulación (proporción de cada materia-prima) y el perfil previsto para la mezcla.

Con el "blend" 1, preparado por la empresa y formulado por la red, se elaboraron 2 margarinas. De la misma forma, con el "blend" 2, se fabricó otra margarina.

El perfil de sólidos de la fase grasa y la consistencia de los productos elaborados pueden ser observados en la Tabla III. Se observa que los perfiles de sólidos de los "blends" utilizados en las margarinas son los mismos, ya que la diferencia entre estos productos es la proporción de fase grasa.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible constatar que los perfiles de sólidos y los valores de consistencia, para las 3 fases grasas, formulados por la red, presentan poca variación en relación a los perfiles utilizados por la empresa, encontrándose estas variaciones dentro del intervalo de la especificación.

En las pruebas realizadas también se hizo una evaluación sensorial del atributo untabilidad. De

Tabla I
Amplitud de aplicación de la red

Producto		Contenido de grasa sólida (%)					
		10°C	20°C	25°C	30°C	35°C	37,5°C
GH1	Solicitado	43,24	24,14	18,52	12,66	5,08	2,83
	Respuesta de la Red	41,30	26,10	20,10	12,90	4,70	2,30
	Determinado	38,26	21,72	17,54	9,78	3,47	0,98
GH2	Solicitado	32,90	19,32	12,60	9,94	4,44	2,52
	Respuesta de la Red	32,90	19,60	14,40	8,50	2,80	1,30
	Determinado	31,38	18,44	14,58	7,87	2,93	1,28
GH4	Solicitado	26,23	17,29	11,82	7,22	3,16	1,23
	Respuesta de la Red	26,30	15,80	11,70	7,30	2,50	1,20
	Determinado	25,25	14,02	11,21	5,86	1,71	0,74
EM1	Solicitado	51,52	32,14	25,03	15,82	5,13	2,88
	Respuesta de la Red	49,30	32,20	25,70	17,30	7,00	3,50
	Determinado	47,32	28,93	22,91	13,36	5,15	2,29
EM2	Solicitado	54,70	30,39	25,58	17,42	6,51	3,55
	Respuesta de la Red	50,10	32,90	26,30	17,80	7,30	3,70
	Determinado	48,12	29,56	24,22	14,33	5,47	2,51
FR1	Solicitado	29,95	14,54	9,87	4,41	0,18	0,00
	Respuesta de la Red	29,70	15,13	9,90	4,60	1,30	0,50
	Determinado	30,12	15,20	10,41	4,61	0,97	0,00
FR2	Solicitado	35,29	15,87	10,04	3,17	0,00	0,00
	Respuesta de la Red	34,00	18,00	11,90	5,50	1,50	0,60
	Determinado	33,65	17,36	12,45	5,31	0,45	0,00
MA1	Solicitado	22,74	15,64	10,32	5,17	1,72	0,49
	Respuesta de la Red	23,40	13,70	10,00	6,20	2,10	1,00
	Determinado	22,60	12,21	9,31	5,09	1,59	0,46
MA2	Solicitado	22,80	14,26	8,98	4,62	1,89	1,38
	Respuesta da Rede	22,50	12,70	9,00	5,20	1,70	0,80
	Determinado	21,68	12,52	9,52	4,73	1,23	0,46
MA3	Solicitado	35,02	22,68	14,51	8,14	3,42	1,85
	Respuesta de la Red	34,80	21,10	15,60	9,50	3,20	1,50
	Determinado	33,17	18,34	14,20	7,67	2,05	0,58
MA4	Solicitado	23,94	15,22	9,07	3,57	0,79	0,08
	Respuesta de la Red	23,90	12,90	8,80	4,80	1,50	0,60
	Determinado	23,38	12,56	9,01	4,00	1,07	0,00

Tabla I (Cont.)

Producto		Contenido de grasa sólida (%)					
		10°C	20°C	25°C	30°C	35°C	37,5°C
MA5	Solicitado	20,76	12,61	7,22	2,95	0,99	0,68
	Respuesta de la Red	21,60	11,10	7,30	3,70	1,10	0,50
	Determinado	21,47	11,03	7,99	3,67	0,73	0,00
MA6	Solicitado	32,29	20,99	13,32	7,00	3,06	1,65
	Respuesta de la Red	32,50	19,30	14,10	8,30	2,70	1,20
	Determinado	30,62	15,59	11,41	5,29	0,71	0,00
PA1	Solicitado	37,52	22,60	18,23	10,60	4,01	1,98
	Respuesta de la Red	37,30	23,00	17,40	10,80	3,80	1,70
	Determinado	30,91	17,63	13,36	7,00	1,79	0,59
PA2	Solicitado	47,68	27,62	22,69	14,86	6,14	3,29
	Respuesta de la Red	45,20	29,00	22,80	14,90	5,70	2,80
	Determinado	44,87	28,85	23,62	14,55	5,38	2,93
BO1	Solicitado	65,24	45,41	38,00	30,08	12,58	7,62
	Respuesta de la Red	62,10	43,50	36,30	27,20	14,10	8,20
	Determinado	63,65	43,63	36,88	27,95	13,45	8,05
SO1	Solicitado	42,95	24,28	17,94	9,61	1,55	0,24
	Respuesta de la Red	41,50	25,00	18,40	10,60	3,40	1,60
	Determinado	41,28	24,24	18,79	10,04	3,20	0,83

Tabla II
Perfil de sólidos de los "blends" solicitados y formulados por la red

'Blend'	Contenido de la grasa sólida (%)					
	10°C	20°C	25°C	30°C	35°C	37.5°C
Deseado 1	15,58	6,75	4,00	1,55	0,12	0,00
Formulado por la Red - Prueba 1 (40,4: 5,8 :53,8)	14,90	6,80	4,20	1,90	0,60	0,30
Deseado 2	21,79	11,29	7,86	3,98	0,70	0,58
Formulado por la Red - Prueba 2 (35:20,1:44,9)	21,90	11,50	7,70	4,00	1,20	0,50

Tabla III

Perfil de sólidos y consistencia de los productos Padrón y Prueba

"Blend"	Contenido de grasa sólida(%)						Consistencia (N)
	10 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	37.5°C	
Margarina 1 - Patrón 1	15,50	6,85	4,28	1,76	0,0	-	4,0-4,8
Margarina 1 - Prueba 1	15,58	6,92	4,54	1,82	0,30	0,0	4,1-4,5
Margarina 2 - Patrón 2	15,50	6,85	4,28	1,76	0,0	-	4,0-4,8
Margarina 2 Prueba 2	15,58	6,92	4,54	1,82	0,30	0,0	4,1-4,5
Margarina 3 -Patrón 3	21,56	11,49	8,35	4,38	0,98	0,0	5,1-6,6
Margarina 3 - Prueba 3	21,41	11,54	6,89	3,09	0,27	0,0	5,3-6,6

acuerdo con los resultados obtenidos, los productos formulados por la red no presentaron diferencias significativas en relación a los fabricados y comercializados por la empresa.

4. CONCLUSIONES

Aunque el análisis estadístico haya indicado que la eficiencia de las redes en generalizar datos desconocidos es satisfactoria, en la opinión de los especialistas las redes neuronales presentaron algunas limitaciones. Teniendo en cuenta que la red fué entrenada con apenas 3 materias-primas, todas derivadas de soja, y que, los productos comerciales probados pudieron haber sido formulados con más de 3 materias-primas, inclusive de orígenes diversas (palma, algodón, palmiste, etc), los resultados alcanzados pueden considerarse satisfactorios o mejores de lo esperado.

En relación a las pruebas en la planta piloto, los resultados indicaron que la red fue capaz de formular productos con las mismas características que los productos formulados a través de los métodos convencionales.

BIBLIOGRAFÍA

- AOCS -Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society, 4th edn., American Oil Chemists' Society, Champaign, 1989.
- Block, J. (1997a). *Formulação de Gorduras Hidrogenadas Através de Redes Neurais*. Campinas, Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brasil.
- Block, J.M., Barrera-Arellano, D., Figueiredo, M. F. y Gomide, F.A.C. (1997b) Blending Process Optimization Into Special Fat Formulation by Neural Networks. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **74**: 1537-1541.
- Block, J.M., Barrera-Arellano, D., Figueiredo, M. F., Gomide, F.A.C. y Sauer, L. (1999) Formulation of special fats by neural networks: A statistical approach. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **76**: (11) 1357-1361
- Erickson, D.R., y Erickson, M.D. (1995) Hydrogenation and base stock formulation procedures en *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. p.218-238.. D.R. Erickson, (Ed.), AOCS Press, Champaign.
- Lefebvre, J. (1983) Finished product formulation. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **60**: 295-300.
- Reddy, S.Y. y Jeyarani, T. (2001) Trans-free bakery shortenings from mango kernel and mahua fats by fractionation and blending. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **78**: (6) 635-640
- Smallwood, N.J. (1989) Using computers for oil blending. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **66**: 644-648.

Recibido: Septiembre 2002
Aceptado: Diciembre 2002