

AVALIAÇÃO DO EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DO IOGURTE ATRAVÉS DA METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

Evaluation of the heat treatment effect on yoghurt water holding capacity by response surface methodology

Fabiola Veronez Davanço¹

Eitor Takashi Hara¹

Rafael Tamotsu Sato²

Kátia Sivieri³

Marcela de Rezende Costa³

Christiane Maciel Vasconcellos Barros De Rensis^{3}*

SUMÁRIO

Um iogurte de boa qualidade deve apresentar firmeza adequada e pouca ou nenhuma sinérese. Dentre os fatores conhecidos para melhorar a consistência do iogurte, destaca-se o tratamento térmico do leite. A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) permite que se faça a otimização de produtos ou processos através da modelagem das variáveis de interesse. O objetivo desse trabalho foi empregar a MSR para verificar o efeito do tratamento térmico na capacidade de retenção de água no iogurte firme. Onze combinações de tempo (12,95; 15; 20; 25 e 27,05 min) e temperatura (82,1; 83; 85; 87 e 87,82 °C) de tratamento térmico inicial do leite para a fabricação dos iogurtes foram testadas. Os iogurtes tiveram a capacidade de retenção de água mensurada em triplicata. Os tratamentos térmicos 85 °C por 20 min e 87 °C por 25 min foram os que apresentaram maiores valores para a capacidade de retenção de água, o que se relaciona com uma menor sinérese e, possivelmente, melhores características na consistência do produto.

Termos para indexação: iogurte firme; qualidade; capacidade de retenção de água; temperatura; tempo de aquecimento.

1 INTRODUÇÃO

O iogurte é um dos produtos lácteos mais importantes em todo o mundo e constitui uma rica fonte de proteínas, cálcio, fósforo, vitaminas e carboidratos. O consumo deste produto está relacionado à imagem positiva de alimento saudável e nutritivo, e também associado às suas características sensoriais (TEIXEIRA et al., 2000). Além do sabor característico e aroma ácido, a textura do iogurte é um importante aspecto de qualidade do produto, sendo afetada por algumas condições de processamento, como o tratamento térmico (SOUKOULIS et al., 2007).

No processo de fabricação do iogurte, a fermentação do leite diminui o pH gradualmente até cerca de 4,5, onde ocorre a desestabilização e

agregação das micelas formando uma rede tridimensional na qual o soro é aprisionado (JAROS et al., 2002). Segundo Dannenberg & Kessler (1988), os rearranjos na rede produzidos por forças atrativas entre as moléculas de caseína ou micelas agrupadas podem levar à formação de ligações intermoleculares adicionais e conseqüentemente à contração do gel e expulsão de líquido. Esse fenômeno de liberação espontânea de água do gel é chamado sinérese e, normalmente, é acompanhado pela redução do volume do gel, podendo ser intensificado por mudanças na temperatura, valor de pH e fatores mecânicos (RASIC & KURMANN, 1978). A sinérese é considerada como um defeito e afeta negativamente a percepção da aparência do produto pelos consumidores (SAVELLO & DARGAN, 1997). Dois fatores são de grande influência na

1 Alunos do Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina / PR

2 Aluno do Curso de Farmácia, Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina / PR

3 Professoras do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite, Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina / PR.

* Autor correspondente: christiane@unopar.br

capacidade de retenção de água do iogurte: a adição de sólidos e o tratamento térmico (RASIC & KURMANN, 1978).

A susceptibilidade à sinérese tende a diminuir com o aumento do teor de sólidos no iogurte e com a adição de estabilizantes (JAROS et al., 2002). Na etapa de pré tratamento para a fabricação do iogurte, o leite pode ter seus teores de gordura e de sólidos não-gordurosos ajustados para garantir uma composição padronizada e características sensoriais constantes (sabor, aroma, textura e aparência) no produto final. Além disso, podem ser acrescentados açúcar (10% a 12%) e leite em pó desnatado (2% a 4%) para dar sabor e aumentar o teor de extrato seco total, resultando em um produto mais firme e reduzindo a tendência de sinérese no produto final (KARDEL & ANTUNES, 1997; OLIVEIRA, 1997).

Na etapa de pré-tratamento também é feito o tratamento térmico do leite, com o objetivo de destruir os microrganismos patogênicos e outros que possam competir com as culturas do iogurte, além de promover a desnaturação das proteínas do soro que reduz a contração do coágulo da caseína do iogurte. Assim, o tratamento térmico do leite diminui a susceptibilidade a sinérese dos géis lácteos, o que é desejável para produção de iogurtes, mas desfavorável na manufatura de queijos. O tratamento térmico também favorece o início do crescimento da cultura láctica, por redução do conteúdo de oxigênio no leite, e influi no aumento da viscosidade do iogurte e na obtenção de uma boa textura (VARNAN & SUTHERLAND, 1994).

Durante o aquecimento do leite, ou preparações à base de leite, ocorre desnaturação da β -lactoglobulina e sua associação com a κ -caseína, presente primordialmente na superfície da micela, através de ligações dissulfídicas e, provavelmente, entre α -lactoalbumina e α_2 -caseína (DALGLEISH, 1997, FOX & McSWEENEY, 1998). A desnaturação das proteínas do soro e a conseqüente interação dessas proteínas com a caseína aumentam as propriedades hidrofílicas da caseína e a estabilidade do coágulo. O nível ótimo de desnaturação depende do iogurte que está sendo produzido. Uma mistura com baixo conteúdo de sólidos (9,5-12%) requer uma maior desnaturação das proteínas do que uma mistura com um teor mais elevado de sólidos.

Diversos trabalhos têm empregado a metodologia de superfície de resposta em seus estudos de desenvolvimento de produtos alimentícios, bem como na avaliação da interação entre os ingredientes e outros tratamentos aplicados. Com esta metodologia é possível encontrar uma região ótima para a obtenção de produtos com características otimizadas, melhorando a razão custo/ benefício (CASTRO et al., 1998; GIOIELLI & OLIVEIRA, 1998; PENNA et al., 1997; SIVIERI, 2002).

O objetivo desse trabalho foi empregar a metodologia de superfície resposta para verificar o efeito do tratamento térmico na capacidade de retenção de água no iogurte firme.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Fabricação dos iogurtes

Os iogurtes foram produzidos na Planta Piloto do curso de Engenharia de Alimentos da UNOPAR. Ao leite cru, proveniente da Fazenda Experimental da UNOPAR, foram adicionados 2% (m/v) de leite em pó desnatado MOLICO® para correção dos sólidos totais. O leite padronizado foi submetido ao tratamento térmico determinado no planejamento experimental e, em seguida, utilizado para a fabricação do iogurte de acordo com a metodologia descrita no fluxograma da Figura 1. A cultura láctica utilizada foi a YO-MIX 499 da DANISCO®, constituída de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, na proporção de 1% (m/v).

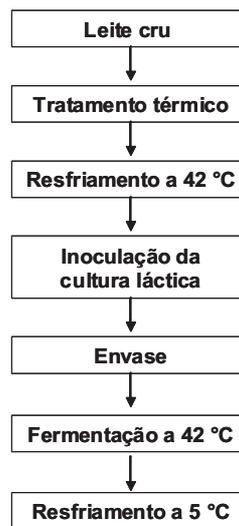


Figura 1 – Fluxograma de fabricação do iogurte firme.

2.2 Análise da capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada em triplicata segundo o método modificado de Parnell-Clunies et al. (1986). No quinto dia após o processamento, aproximadamente 20 g de iogurte foram centrifugados a 5000 rpm por 15 minutos a 10 °C (Eppendorf, modelo 5840). Após a centrifugação, o fluido

sobrenadante foi drenado por 10 minutos e pesado. A capacidade de retenção de água foi expressa em %, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{CRA (\%)} = 100 \times \frac{\text{massa inicial da amostra} - \text{massa do sobrenadante}}{\text{massa da amostra}} \quad (1)$$

2.3 Planejamento experimental e análise estatística

O planejamento experimental utilizado foi um fatorial completo do tipo 2^2 com três pontos centrais e quatro axiais, totalizando 11 ensaios, conforme descrito por Barros Neto et al. (2005). Foi avaliado o efeito das variáveis independentes temperatura (83, 85 e 87 °C) e tempo (15, 20 e 25 min) sobre a resposta de capacidade de retenção de água (Tabela 1).

Os pontos experimentais foram escolhidos com base na literatura que cita temperaturas de 80 a 90°C, tempos de aquecimento de 10 a 30 minutos e pH em torno de 4,6 para o final da fermentação de iogurtes (BHULLAR et al., 2002; JAROS et al., 2002; PARNELL-CLUNIES et al., 1985; TAMIME & ROBINSON 1991).

Os resultados do delineamento experimental foram analisados através da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) e a comparação das médias foi feita através do teste de Tukey ($P < 0,05$), ambos utilizando o programa Statistica for Windows versão 6.0 (StatSoft Inc, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos experimentalmente para a capacidade de retenção de água (CRA) dos iogurtes, resultantes da utilização dos diferentes tempos e temperaturas, podem ser observados na Tabela 2.

Os tratamentos 1, 2, 5, 7 e 8 apresentaram os menores valores de CRA e não diferiram estatisticamente entre si ($P < 0,05$). Por outro lado, os tratamentos 4, 6, 9 e 10 apresentaram os maiores valores de CRA e também não diferiram estatisticamente entre si ($P < 0,05$). Resultados semelhantes foram observados por Savello & Dagan (1997). Os autores avaliaram temperaturas de 85-110 °C e obtiveram menores sinéreses nos iogurtes utilizando as temperaturas mais baixas.

A resposta de capacidade de retenção de água foi descrita pelo modelo fatorial, onde: $Y = \text{CRA (\%)}$, $T = \text{temperatura (°C)}$ e $t = \text{tempo (min)}$. A superfície de resposta e a curva de contorno para a CRA foram geradas a partir da equação a seguir:

$$Y = 63,11922 + 5,79878[T] - 5,47032[t]^2 \quad R^2 = 0,80 \quad (2)$$

Os resultados indicam que o tratamento térmico do leite pode ter um efeito definitivo sobre a CRA e, conseqüentemente, a sinérese no iogurte. Observando as linhas de contorno é possível visualizar que maior capacidade de retenção de água (CRA) foi obtida quando a combinação 85° C por 20 minutos de aquecimento

Tabela 1 – Níveis codificados e não codificados das variáveis temperatura e tempo utilizados no tratamento térmico para a fabricação do iogurte firme

Ensaio	Variáveis Codificadas *		Variáveis Originais	
	X ₁	X ₂	Temperatura (°C)	Tempo (min)
1	-1	-1	83	15
2	-1	1	83	25
3	1	-1	87	15
4	1	1	87	25
5	-1,41	0	82,18	20
6	1,41	0	87,82	20
7	0	-1,41	85	12,95
8	0	1,41	85	27,05
9	0	0	85	20
10	0	0	85	20
11	0	0	85	20

*A passagem do nível da variável codificada para a original é dada pelas seguintes equações: $X_1 = (T - 85) / 2$ e $X_2 = (t - 20) / 5$

foi empregada (Figura 2). Porém, valores de CRA semelhantes também foram alcançados utilizando 87 °C por 25 minutos. De acordo com Ferreira (1996), o melhor tratamento térmico para o iogurte seria de 83 °C por 30 min. Outras combinações de tempo e temperatura, como 80 a 85 °C por 30 min e 90 a 95 °C por 5 min, também podem ser adequadas para a fabricação de iogurte com alta qualidade (LUCEY & SINGH, 1997).

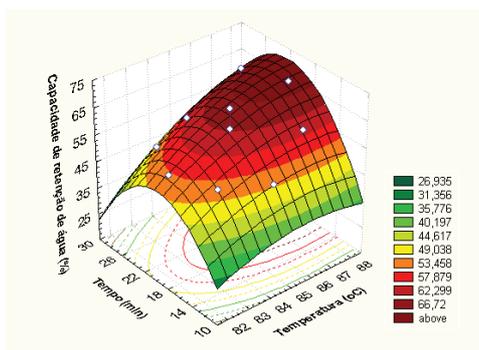


Figura 2 – Efeito das combinações de temperatura e tempo sobre a capacidade de retenção de água dos iogurtes.

Normalmente, o uso de altas temperaturas de aquecimentos está relacionado com alta viscosidade em leites pré-aquecidos, como encontrado por Shaker et al. (2000) utilizando 137 °C

por 2s. Segundo Mottar et al. (1989), o aumento da viscosidade do iogurte está associado com a formação de ligações entre as proteínas do soro e as caseínas quando um tratamento térmico mais severo é aplicado, o que leva à gelificação e desenvolvimento da textura.

4 CONCLUSÃO

A Metodologia de Superfície de Resposta se mostrou apropriada para a determinação da região que maximiza a capacidade de retenção de água do iogurte firme neste trabalho. O uso de aquecimento a 85 °C por 20 min e 87 °C por 25 min foram favoráveis para a obtenção de iogurte firme com menor sinérese, o que poderia melhorar sua textura e conseqüentemente a qualidade do produto. Os dados obtidos podem ser utilizados como base em futuros estudos para avaliação do efeito do aquecimento nas características físico-químicas e reológicas do iogurte após a fabricação e ao longo de sua vida de prateleira.

SUMMARY

Good quality yoghurts must have appropriate firmness and little or no syneresis. The milk thermal treatment is one of the most important known factors to improve the consistency of the yoghurt. Surface Response Methodology (SRM) allows optimizing products or processes through the modeling of the focused variable. The objective of

Tabela 2 – Influência do binômio temperatura x tempo sobre a capacidade de retenção de água dos iogurtes

Tratamento	Variáveis codificadas		Variáveis originais		Capacidade de retenção de água	
	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tempo (min)		
1	-1	-1	83	15	51,77 ^c	± 0,66
2	-1	1	83	25	52,60 ^c	± 0,17
3	1	-1	87	15	59,65 ^b	± 1,06
4	1	1	87	25	68,88 ^a	± 0,40
5	-1,41	0	82,18	20	52,41 ^c	± 0,24
6	+1,41	0	87,82	20	68,08 ^a	± 0,35
7	0	-1,41	85	12,95	49,38 ^c	± 1,19
8	0	+1,41	85	27,05	53,95 ^c	± 0,97
9	0	0	85	20	67,66 ^a	± 0,91
10	0	0	85	20	67,23 ^a	± 1,23
11	0	0	85	20	67,08 ^a	± 0,47

Em uma mesma coluna, médias com letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

this work was to use the SRM to verify the effect of the thermal treatment on the water holding capacity of set yoghurts. Eleven combinations of time (12.95; 15; 20; 25 and 27.05 min) and temperature (82.1; 83; 85; 87 and 87.82 °C) of initial thermal treatment of the milk for the yoghurts manufacture were tested. The yoghurts had the water holding capacity measured in triplicate. The thermal treatments 85 °C for 20 min and 87 °C for 25 min presented the highest water holding capacity value, what is related to lower syneresis and, probably, to better features in the product consistency.

Keywords: set yoghurt; quality; water holding capacity; temperature; heating time.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS NETO, B. B., SCARMINIO, I. S., BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de processos**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP (Série Manuais), 1995.
- BHULLAR, Y. S., UDDIN, M. A., SHAH, N. P. Effect of ingredients supplementation on textural characteristics and microstructure of yoghurt. *Milchwissenschaft*, v. 57, n. 6, p. 328-332, 2002.
- CASTRO, I. A., TIRAPEGUI, P., SILVA, R. S. S. F. Development of protein mixtures and evaluation of their sensory properties using the statistical response surface methodology. *International Journal of Food Science and Nutrition*, v. 49, p. 660-666, 1998.
- DALGLEISH, D. G. Structure-function relationship of caseins. In: DAMODARAN, S. PARAF, A. (Eds.) **Food proteins and their Applications**. New York: Marcel Dekker, 1997. p. 199-224.
- DANNENBERG, F., KESSLER, H. G. Effect of denaturation of b-lactoglobulin on texture properties of set-style nonfat yoghurt. 1. Syneresis. *Milchwissenschaft*, v. 43, n. 10, p. 632-635, 1988.
- FERREIRA, C. L. L. F. **Produtos lácteos fermentados: aspectos bioquímicos e tecnológicos**. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H. **Dairy chemistry and biochemistry**. London: Blackie Academic and Professional, 1998.
- GIOIELLI, L. A., OLIVEIRA, M. N. Interactions in binary and ternary mixtures of hydrogenated fats. *Journal Food Science*, v. 35, p. 67-73, 1998.
- JAROS, D., ROHM, H., HAQUE, A., BONAPARTE, C., KNEIFEL, W. Influence of the starter culture on the relationship between dry matter content and physical properties of set-style yogurt. *Milchwissenschaft*, v. 57, n. 6, p. 325-328, 2002.
- KARDEL, G.; ANTUNES, L. A. F. Culturas lácticas e probióticas empregadas na fabricação de leites fermentados: leites fermentados. In: LERAYER, A. L. S.; SALVA, T. J. G. **Leites fermentados e bebidas lácteas: tecnologia e mercado**. Campinas: ITAL, 1997. Cap. 2, p. 26-33.
- LUCEY, J. A., SINGH, H. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Research International*, v. 30, p. 529-542, 1997.
- MOTTAR, J., BASSIER, A.; JONIAOU, M.; BAERT, J. Effect of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture. *Journal of Dairy Science*, v. 72, p. 2247-2256, 1989.
- OLIVEIRA, A. F. A. Qualidade e organização na produção de leites fermentados. In: LERAYER, A. L. S.; SALVA, T. J. G. **Leites fermentados e bebidas lácteas: tecnologia e mercado**. Campinas: ITAL, 1997. Cap. 16, p. 1-14.
- PARNELL-CLUNIES, E. M., KAKUDA, Y., MULLEN, K., ARNOTT, D. R., DEMAN, J. M. Physical properties of yogurt: a comparison of vat versus continuous heating systems of milk. *Journal of Dairy Science*, v. 69, p. 2593-2603, 1986.
- PENNA, A. L. B., BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. Optimization of yogurt production using demineralized whey. *Journal of Food Science*, v. 62, p. 846-850, 1997.
- RASIC, J. L., KURMANN, J. A. **Yogurt: scientific grounds, technology, manufacture and preparations**. Copenhagen: Technical Dairy Publishing House, 1978. v.1.
- SHAKER, R. R., JUMAH, R. Y., ABU-JDAYIL, B. Rheology properties of plains yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. *Journal of Food Engineering*, v. 44, p. 175-180, 2000.
- SAVELLO, P. A., DARGAN, R. A. Reduced yogurt syneresis using ultrafiltration and very-high temperature heating. *Milchwissenschaft*, v. 52, p. 573-577, 1997.
- SIVIERI, K. **Utilização da metodologia de superfície resposta na otimização de bebidas lácteas com adição de Litesse e Dairy-lo**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2002.
- STATSOFT, INC. **STATISTICA for Windows** [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft Inc, 2001.
- SOUKOUKIS, C.; PANAGIOTIDIS, P.; KOURELI R.; TZIA, C. Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 2641-2654, 2007.
- TAMIME, A. Y. Culturas "starters" lácticas e probióticas. **Leites fermentados e bebidas lácteas: tecnologia e mercado**. Campinas: ITAL, 1997. p. 2.11-2.22.
- TAMIME, A. Y., ROBINSON, R. K. **Yogurt ciencia y tecnología**. Zaragoza: Acribia, 1991.
- TEIXEIRA, A. C. P.; MOURTHÉ, K.; ALEXANDRE, D. P.; SOUZA, M. R.; PENNA, C.F.A. M. Qualidade do iogurte comercializado em Belo Horizonte. **Leite & Derivados**, v. 1, n. 51, p. 32-39, 2000.
- VARNAM, A.H., SUTHERLAND, J.P. **Leche y productos lácteos: tecnología, química y microbiología**. Zaragoza: Acribia, 1994. p. 63-72.