

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ADIÇÃO DE TRANSGLUTAMINASE NA SINERESE E ATRIBUTOS REOLÓGICOS DO IOGURTE DE LEITE OVINO COM CALDA DE MAMÃO (*Carica papaya L.*)

E. RIGO¹, V. BADIA¹, D. CAVALHEIRO¹, B.P. MATUELA¹, V.V. MORIN¹, A.E. BIANCHI²

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Alimentos

² Discente do Programa de Pós Graduação em Zootecnia – UFPR – Curitiba, Brasil

E-mail para contato: vinciusbadia@hotmail.com

RESUMO – O iogurte de leite de ovelha apresenta características singulares, devido ao elevado teor de sólidos, além disso, possui moléculas de gordura menores e facilmente digeríveis. Buscando melhorar a aceitação desse produto, a adição de caldas com frutas frescas, como o mamão, é uma alternativa à agregação de valor a um produto. As propriedades tecnológicas do iogurte destaca-se a sinerese, característica desfavorável do produto, a qual pode ser controlada, entre várias formas, pela adição da enzima transglutaminase, pois esta possui a capacidade de unir quimicamente a matriz protéica do leite, evitando que o gel libere líquidos. Avaliou-se a adição da enzima transglutaminase (ACTIVA YG - Ajinomoto) ao iogurte de leite de ovelha com calda de mamão em duas concentrações: 1U/g e 3U/g de proteína de leite ovino, com o intuito de avaliar sua influência nas características físicas, químicas e reológicas no produto final. Os resultados indicaram que a concentração de 1U/g apresentou melhor controle da sinerese (7,64%) do iogurte de leite ovino com calda de mamão se comparado a amostra controle, sem adição da enzima (13,66%), indicando ser uma possível alternativa para a redução da sinerese no iogurte avaliado. Além disso, o tratamento com concentração de enzima de 1U/g apresentou resultados satisfatórios no quesito firmeza (205,0 g), comparados à amostra sem adição da enzima (112,5 g), a amostra com concentração de 3U/g (122,5 g).

Palavras-chave: iogurte, calda de mamão, sinerese, transglutaminase.

1. INTRODUÇÃO

O leite de ovelha apresenta, em geral, uma composição química favorável ao processamento e consumo humano. O iogurte do leite de ovelha apresenta características tecnológicas diferenciadas em relação ao de leite de bovino, devido em especial ao conteúdo de sólidos (HENRIQUES et al., 2011). Aliando a necessidade de inovação das indústrias lácticas e o

processamento de frutas, surge a adição de geleias de polpa de frutas ao iogurte natural, uma opção agradável a esta exigência mercadológica (QUEIROGA et al., 2011).

O mamão (*Caricapapaya L.*), por sua vez, é um fruto largamente produzido no Brasil, representando aproximadamente 32,1% da produção mundial (LEÃO et al., 2012). Além disso, é uma excelente fonte de cálcio, provitamina A e vitamina C, sendo muito utilizado em dietas alimentares (SERRANO et al., 2010).

Na produção de iogurte, uma característica física e reológica muito importante para a sua aceitação sensorial é a ausência de sinerese, ou seja, a camada de soro separada do gel. Neste sentido, algumas alternativas tecnológicas surgem (LORENZEN et al., 2002), entre elas a aplicação da enzima transglutaminase que é capaz de promover o aumento da viscosidade e redução da sinerese (DOMAGALA et al., 2013). Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a adição da transglutaminase em diferentes concentrações no iogurte de leite ovino com calda de mamão, buscando avaliar sua influência nas características reológicas do produto final.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O leite ovino foi submetido a um tratamento térmico a 85°C por 5 minutos em seguida foi homogeneizado e resfriado a 42°C segundo condições descritas em Gauche et al., (2009).

A enzima transglutaminase (ACTIVA ®YG - Ajinomoto) foi adicionada, considerando a concentração de proteína presente no leite ovino (6,0%), à temperatura de 42°C (BONISCH et al., 2007), nas concentrações diferentes de 1U/ g de proteína do leite e 3U/ g de proteína do leite seguindo a metodologia utilizada por Domagala et al. (2013), codificadas por TT2 e TT3, respectivamente, considerando que TT1 consistiu no ensaio sem a adição da enzima.

As três formulações foram incubadas a 40°C (LORENZEN et al., 2002) e após duas horas, submetidas ao tratamento térmico a 80 °C (TSEVDOU et al., 2013) e resfriadas a 42°C para a inoculação de 2,0% de fermento lácteo (FARIA, 2010).

A calda de mamão foi concentrada até 73,1° Brix (QUEIROGA et al., 2011). A calda foi adicionada (20 mL), em seguida, 80 mL de leite adicionado de cultura, tratado com e sem

enzima, incubados em estufa a 43°C até atingir o pH 4,6 (HENRIQUES et al., 2011), após foram resfriados à 5°C.

Para a determinação da sinerese, foi utilizado o método descrito por Faria et al., (2010), de sinerese espontânea, ou seja, esse método objetiva determinar a massa de soro separada do iogurte enquanto o mesmo encontra-se em repouso, ou seja, sem centrifugação.

Portanto, 100 mL da amostra foram adicionadas a um filtro específico para leite, colocado sobre um erlenmeyer e mantidos sob refrigeração (8°C) durante 2 horas. A massa de soro separada foi medida e calculada, em porcentagem, em relação à massa inicial do iogurte.

Para a determinação da textura dos iogurtes foi utilizado texturômetro (*BrookfieldTextureAnalyzer*, Modelo CT3) com sensor cilíndrico (TA3/100) com as dimensões: 25,4 mm de diâmetro e 35 mm de altura. A velocidade de penetração foi de 2 mms⁻¹, a profundidade de penetração foi de 20 mm e a força do trigger de 5 g (GAUCHE et al., 2009). As amostras foram analisadas em duplicata e os dados foram coletados pelo software *TexturePro CT V 1.2 Build 9*.

As análises estatísticas foram desenvolvidas no *software* STATISTICA® 12. As médias dos dados dos resultados das análises foram aplicadas em teste de Tukey com um nível de significância de $p \geq 0,05\%$, buscando verificar a existência de diferenças significativas entre os valores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento com adição de 1U/ g (TT2) resultou nos menores valores de sinerese nas amostras de iogurte frescas (tempo 0) (Tabela 1), assim como, o tratamento com 3U/ g (TT3) apresentou os maiores valores de sinerese neste período. Apenas no tempo de 20 dias de armazenamento o TT2 apresentou valores significativamente igual ($p \leq 0,05$) ao padrão, sem adição de enzima (TT1). Em seus estudos Domagala et al. (2013), observaram que os valores de sinerese dinâmica da amostra controle, no primeiro dia, foram maiores do que a dos iogurtes tratados com a enzima, acordando com os valores obtidos neste estudo. Comparativamente, Gauche et al. (2009) concluíram que o tratamento com a enzima (0,5U/g e 2U/g,

respectivamente) reduziu significativamente a sinerese das amostras comparadas a amostra controle.

Tabela 1 - Valores de Sinerese dos iogurtes de iogurte de leite ovino com calda mamão

SINERESE (%)			
Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	20	40
TT1 (Padrão)	13,33±0,47 ^{a,A}	18,13±0,18 ^{a,B}	21,24±0,34 ^{a,C}
TT2 (1U/g)	7,47±0,24 ^{b,A}	17,14±0,01 ^{a,B}	19,28±0,40 ^{b,C}
TT3 (3U/g)	11,18±0,20 ^{c,A}	19,27±0,39 ^{b,B}	25,57±0,47 ^{c,C}

Médias ± desvio padrão seguidas de letras minúsculas iguais em cada coluna não diferem significativamente ($p < 0,05$) em relação à sinerese entre os tratamentos em cada tempo de avaliação. Médias ± desvio padrão seguidas de letras maiúsculas iguais em cada linha não diferem significativamente ($p < 0,05$) em relação à sinerese entre o período de armazenamento em cada tratamento.

Pode-se observar que o tratamento com adição de 1U/ g resultou nos menores valores de sinerese nas amostras de iogurte frescas e durante o período de armazenamento. Assim como, o tratamento com 3U/ g apresentou os maiores valores de sinerese após o período de armazenamento.

Domagala et al. (2013), em seu estudo sobre a aplicação da transglutaminase em iogurte de leite de cabra, observaram que os valores de sinerese dinâmica da amostra controle, no primeiro dia, foram maiores do que a dos iogurtes tratados com a enzima, acordando com os valores obtidos neste estudo. Os autores afirmam ainda, que a quantidade de enzima e o tempo de armazenamento apresentaram resultados significativos para os valores de sinerese.

Comparativamente, Farnsworth et al. (2006) e Gauche et al. (2009) concluíram que o tratamento com a enzima (0,5U/g e 2U/g, respectivamente) reduziu significativamente a sinerese das amostras comparadas a amostra controle. Este fenômeno pode ser observado, no presente estudo, apenas para o tratamento com 1U/ g.

Como se pode observar, o tratamento com 3U/g apresentou valores contraditórios aos resultados de sinerese, pois durante o período de armazenamento apresentou resultados maiores do que os obtidos para a amostra sem tratamento. Segundo Bezerra (2010), a sinerese espontânea

está relacionada à instabilidade do gel, resultando na capacidade de atrair o soro na matriz proteica. Portanto, a firmeza do gel pode ser melhorada com o aumento das ligações cruzadas do mesmo.

A enzima transglutaminase tem a capacidade de aumentar o número destas ligações e, portanto, melhorar a força do gel. Em contrapartida, quando a enzima encontra-se em excesso no meio, esta pode ocasionar o efeito contrário, ou seja, o excesso de ligações cruzadas pode inibir a formação uniforme da rede proteica e reduzir a capacidade de retenção do soro (KURAISHI et al., 1996). Este fenômeno pode justificar o comportamento da formulação TT3 neste estudo.

Contudo o excesso de enzima no meio pode ocasionar o efeito contrário, ou seja, o excesso de ligações cruzadas pode inibir a formação uniforme da rede proteica e reduzir a capacidade de retenção do soro (KURAISHI et al., 1996). Este fenômeno pode justificar o comportamento da formulação TT3 neste estudo, sendo significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos em cada tempo avaliado. Cada tratamento apresentou aumento da sinerese no decorrer do tempo de armazenamento, com valores significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Quanto aos parâmetros de textura para os iogurtes desenvolvidos: firmeza e adesividade (Tabela 2) nas amostras frescas, o tratamento TT3 e a amostra padrão (TT1) não apresentaram diferença significativa no quesito firmeza, entretanto, o tratamento TT2, apresentou-se significativamente maior quando comparado às duas amostras (TT1 e TT3).

Para os períodos de armazenamento de 20 e 40 dias, as amostras tratadas com a enzima (TT2 e TT3) apresentaram valores de firmeza significativamente maiores do que às obtidas para as amostras frescas (0 dias), entretanto, estas não apresentaram diferença significativa entre si para este período. As amostras sem tratamento enzimático (TT1) não apresentaram diferença significativa entre si para 0, 20 e 40 dias de armazenamento. Comparativamente, o estudo realizado por Aloglu (2013) sobre características do iogurte grego de leite de cabra com aplicação de transglutaminase apresentaram os melhores resultados de firmeza para as amostras tratadas com 2 e 4U de enzima /g de proteína de leite.

Tabela 2 - Características de Textura: Firmeza e Adesividade para os iogurtes de leite ovino com calda mamão, durante o período de armazenamento de 0, 20 e 40 dias.

Armazenamento (dias)	Tratamentos	Firmeza (N)	Adesividade (mJ)
0	TT1	1,103 ^{aA} ± 0,074	0,00 ^{a.A} ± 0,01
	TT2	2,010 ^{bA} ± 0,049	3,15 ^{a.A} ± 3,15
	TT3	1,201 ^{aA} ± 0,074	3,35 ^{a.A} ± 3,35
20	TT1	2,059 ^{aA} ± 0,392	4,00 ^{a.A} ± 0,30
	TT2	2,942 ^{aB} ± 0,049	4,25 ^{a.A} ± 1,05
	TT3	2,206 ^{aB} ± 0,098	1,75 ^{a.A} ± 0,45
40	TT1	1,961 ^{aA} ± 0,147	3,25 ^{a.A} ± 1,75
	TT2	2,795 ^{bB} ± 0,147	4,50 ^{a.A} ± 1,60
	TT3	2,182 ^{a.BB} ± 0,074	1,05 ^{a.A} ± 1,05

Médias ± desvio padrão seguidas de letras minúsculas iguais em cada coluna não diferem significativamente ($p \geq 0,05$) em relação à firmeza e a adesividade entre os tratamentos em cada tempo de avaliação (Teste de Tukey). Médias ± desvio padrão seguidas de letras maiúsculas iguais em cada coluna não diferem significativamente ($p \geq 0,05$) em relação à firmeza e a adesividade entre o período de armazenamento em cada tratamento (Teste de Tukey).

Para o parâmetro firmeza, durante o período de armazenamento de 20 dias, as amostras não apresentaram diferença significativa entre si. Entretanto, para os 40 dias de armazenamento, a amostra com concentração de 1U/g de enzima (TT2) apresentou-se significativamente maior do que a amostra sem a adição da enzima (TT1). Já a amostra TT3 (3U/g) não apresentou diferença significativa se comparada às anteriores.

Para os períodos de armazenamento de 20 e 40 dias, as amostras tratadas com a enzima (TT2 e TT3) apresentaram valores de firmeza significativamente maiores do que às obtidas para as amostras frescas (0 dias), entretanto, estas não apresentaram diferença significativa entre si para este período de armazenamento (20 e 40 dias). As amostras sem tratamento enzimático (TT1) não apresentaram diferença significativa entre si para 0, 20 e 40 dias de armazenamento.

Para o parâmetro adesividade, definida pela força necessária para vencer as forças de atração entre a sonda e a superfície do iogurte (VIVAR-QUINTANA et al., 2006), as amostras não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (com e sem adição de enzima) em cada período de armazenamento (0, 20 e 40 dias), bem como entre o mesmo tratamento nos diferentes dias de avaliação.

Comparativamente, o estudo realizado por Aloglu e Öner (2013) sobre características do iogurte grego de leite de cabra com aplicação de transglutaminase apresentaram os melhores resultados de firmeza para as amostras tratadas com 2 e 4U de enzima /g de proteína de leite.

Domagala et al. (2013) em seu estudo sobre a aplicação de diferentes concentrações da enzima transglutaminase (1, 2 e 3U/g) em iogurte de leite de cabra constatou que as amostras, após 14 dias de armazenamento, apresentaram valores melhores de firmeza comparadas às amostras frescas, resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho. Além disso, o autor afirma que os melhores valores para a análise de textura, em geral, foram encontrados para as concentrações de 1U/g e 2U/g. No parâmetro adesividade, a amostra com concentração de 3U/g apresentou valores inferiores aos encontrados para o tratamento 2U/g, semelhante ao encontrado neste estudo.

Para o parâmetro adesividade, as amostras não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos em cada período de armazenamento. Domagala et al. (2013) indicaram quanto ao parâmetro adesividade, que a concentração de 3U/g apresentou valores inferiores aos encontrados para o tratamento 2U/g, semelhante ao encontrado neste estudo.

4. CONCLUSÃO

A aplicação da enzima transglutaminase na concentração de 1U de enzima/ g de proteína de leite ovino utilizado para a produção de iogurte com calda de mamão, indicou ser uma alternativa na diminuição da sinerese, sem alterar significativamente as características reológicas do produto.

Entretanto, a concentração de 3U de enzima/ g de proteína de leite ovino possivelmente causou um excesso de ligações nas proteínas do leite, resultando em valores de sinerese e textura inferiores aos obtidos pela formulação controle.

5. AGRADECIMENTOS

À UDESC pela concessão de bolsas e infra-estrutura disponibilizada. À Ajinomoto e o mundo da ovelha Bee pelo apoio na pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOGLU, H.S.; ONER, Z. The effect of treating goat's milk with transglutaminase on chemical, structural, and sensory properties of labneh. *Small Ruminant Research* 2013; 109, 31-37.
- BEZERRA, Maria de Fátima. Caracterização físico-química, reológica e sensorial de iogurte obtido pela mistura dos leites bubalino e caprino. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, 2010.
- BONISCH, MP.; HUSS, M.; LAUBER, S.; KULOZIK, U. Yoghurt gel formation by means of enzymatic protein cross-linking during microbial fermentation. *Food Hydrocolloids* 2007; 21, 585–595.
- DOMAGALA, J.; WAZOLEKA, M.; TANIME, A.; KUPIEC-TEAHAN B. The effect of transglutaminase concentration on the texture, syneresis and microstructure of set-type goat's milk yoghurt during the storage period. *Small Ruminant Research* 2013; 112, 154-16.
- FARIA, D. S. Estudos dos Efeitos da Aplicação de Transglutaminase em bebida Láctea Fermentada com Alto Teor de Soro. *Dissertação de Mestrado*. São Caetano do Sul, SP, 2010.
- FARNSWORTH, J.P.; LI, J.; HENDRICKS, G.M.; GUO, M.R. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*. 2006; 65, 113-121.
- GAUCHE, C.; TOMAZI, T.; BARRETO, P.; OGLIARI, P.; BORDIGNON-LUIZ, M. Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and Transglutaminase. *Food Science and Technology*. v. 42, p. 239-243, 2009.
- HENRIQUES, M.; GOMES, D.; RODRIGUES, D.; PEREIRA, C.; GIL, M. Performance of bovine and ovine liquid whey protein concentrate on functional properties of set yoghurts. *Procedia – Food Science*. 2011.
- KURAIISHI, C; SAKAMOTO, J; SOEDA, T. The usefulness of transglutaminase for food processing. In *Biotechnology for Improved Foods and Flavors* (G.R. Takeoka, R. Teranishi, P.J. Williams and A. Kobayashi, eds.) pp. 29–38, ACS Symposium Series 637, American Chemical Society, Columbus, OH, 1996.
- KURAIISHI, C.; YAMAZAKI, K.; SUZA, Y. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews International* 2001; 17, 221-246.
- LEÃO, K.; BOUDOU, F.; CASTRO, A.; FIGUEIREDO, A. Formulação e avaliação físico-química de geleia de mamão (*Caricapapaya L.*). *Scientia Plena* vol 8, num 3, SE, 2012.
- LORENZEN, P.; NEVE, H.; MAUTNER, A.; SCHLIMME, E. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*. Vol 55, No 3 August 2002.
- QUEIROGA, R.; SOUSA, Y.; SILVA, M.; OLIVEIRA, M.; SOUSA, H.; OLIVEIRA, C. Elaboração de iogurte com leite caprino e geleia de frutas tropicais. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 2011.
- SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v.32, n.3, 2010.

TSEVDOU, M.; ELEFThERIOU, E.G.; TAOUKIS, P.S. Transglutaminase treatment of thermally and high pressure processed milk: Effects on the properties and storage stability of set yoghurt. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2013; 17, 144-152.

VIVAR-QUINTANA, A.M.; BENEITEZ, D.L.M.; REVILLA, E. Relationship between somatic cell counts and the properties of yoghurt made from ewes milk. *International Dairy Journal* 2006, 16, 262-267.