

# Capítulo 5

## *Processamento térmico do leite: Termização, pasteurização e UHT*

*Cintia da Silva Araújo*

*Wallaf Costa Vimercati*

*Leandro Levate Macedo*

*Raquel Reis Lima*

*Cíntia Tomaz Sant'Ana*

*Solciaray Cardoso Soares Estefan de Paula*

*Magno Fonseca Santos*

*Hygor Lendell Silva de Souza*

*Pedro Henrique Alves Martins*

*Hugo Calixto Fonseca*

*Ramon Ramos de Paula*

**Resumo:** O leite é um alimento de elevado valor nutricional e sensorialmente agradável, sendo consumido por grande parcela da população, seja na forma fluida ou de seus derivados. Contudo, é um alimento de grande perecibilidade e que necessita da aplicação de métodos que garantam a sua conservação. Os métodos térmicos discutidos a seguir são amplamente aplicados ao leite e diferem, principalmente, em relação a severidade do tratamento. Como consequência disso, os prazos de validade e as características dos produtos obtidos por esses processos são distintos. A qualidade da matéria-prima é de fundamental importância, independentemente do método de tratamento térmico aplicado.

**Palavras-chave:** leite, processamento, conservação do leite, tratamento térmico.

## 1. TERMIZAÇÃO

De acordo com o Art. 254 do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), “entende-se por termização ou pré-aquecimento a aplicação de calor ao leite em aparelhagem própria com a finalidade de reduzir sua carga microbiana, sem alteração das características do leite cru” (BRASIL, 2017).

A termização é um tratamento térmico mais brando quando comparado a pasteurização e que, portanto, não inativa a fosfatase alcalina. Nesse caso, é empregado um binômio tempo/temperatura de 63 a 65 °C/15 segundos ou 60 a 69 °C/20 segundos, por exemplo (BYLUND, 1995; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). Esse tratamento é importante quando o leite não pode ser imediatamente processado e precisa ser armazenado. Neste caso, apenas o resfriamento poderia resultar em perda de qualidade da matéria-prima devido ao crescimento microbiano (BYLUND, 1995). O alvo desse tipo de tratamento é reduzir, consideravelmente, os microrganismos psicotróficos que podem produzir lipases e proteases resistentes ao tratamento térmico, e que tem efeito negativo na qualidade dos derivados de leite (FOX; MCSWEENEY, 1998; BENNETT; JOHNSTON, 2004; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). Após a aplicação da termização, o leite deve ser resfriado a cerca de 4 °C ou menos visando impedir o desenvolvimento de bactérias formadoras de esporos (BYLUND, 1995).

Um outro efeito decorrente da termização é a possível germinação de esporos. Neste caso, o microrganismo volta a seu estado vegetativo e pode ser inativado na etapa de pasteurização do leite (BYLUND, 1995; SHEEHAN, 2007).

Os microrganismos psicotróficos apresentam uma temperatura ótima de crescimento em torno de 20 a 30 °C, mas também crescem, embora mais lentamente, em temperaturas de refrigeração. A contaminação geralmente ocorre durante os processos de ordenha e armazenamento. A maioria desses microrganismos são gram-negativos e o mais comumente encontrado é o *Pseudomonas fluorescens*. Contudo, outros microrganismos como *Enterobacteriaceae*, *Flavobacterium* e *Acinetobacter* e cepas gram-positivas, em especial do gênero *Bacillus*, também são encontrados (BERESFORD, 2007).

A termização permite que o leite que chega a uma planta de processamento possa ser armazenado por um período de, aproximadamente, 72 horas e, desta forma, flexibiliza os cronogramas de processamento do leite. No entanto, a eficiência da termização e, conseqüentemente, o tempo em que o leite poderá ser mantido a baixa temperatura sem efeitos danosos à sua qualidade irá depender da qualidade microbiológica do leite cru, dos parâmetros de temperatura e tempo utilizados para a termização, do resfriamento subsequente do leite e da não recontaminação do produto (SHEEHAN, 2007).

A melhor maneira de se evitar problemas nos derivados de leite causados pelos microrganismos psicotróficos é a adesão às boas práticas durante a ordenha, armazenamento, transporte e fabricação dos derivados, além de reduzir o tempo de armazenamento do leite (BERESFORD, 2007). O leite, sempre que possível, deve ser processado em até 24 horas da chegada a planta de processamento e a termização aplicada quando isso não for possível (BYLUND, 1995).

## 2. PASTEURIZAÇÃO

De acordo com o Art. 255 do RIISPOA, “entende-se por pasteurização o tratamento térmico aplicado ao leite com objetivo de evitar perigos à saúde pública decorrentes de micro-organismos patogênicos eventualmente presentes, e que promove mínimas modificações químicas, físicas, sensoriais e nutricionais” (BRASIL, 2017).

A Instrução Normativa nº 76 de 26 de novembro de 2018, por meio dos Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade (RTIQ), estabelece as características de qualidade que o leite cru refrigerado, leite pasteurizado e leite pasteurizado tipo A devem apresentar (BRASIL, 2018).

De acordo com Art. 12 dessa Instrução Normativa, “leite pasteurizado é o leite fluido submetido a um dos processos de pasteurização previstos na legislação vigente, envasado automaticamente em circuito fechado e destinado a consumo humano direto” (BRASIL, 2018).

O leite pasteurizado tipo A é definido como o “leite fluido, produzido, beneficiado e envasado exclusivamente em Granja Leiteira, submetido a um dos processos de pasteurização previstos na legislação vigente e destinado ao consumo humano direto” (BRASIL, 2018).

O Art. 13 dessa Instrução Normativa diz ainda que “o leite pasteurizado, de acordo com o conteúdo da matéria gorda, é classificado e denominado como: leite pasteurizado integral, leite pasteurizado

semidesnatado ou leite pasteurizado desnatado". O teor de gordura deve ser no mínimo de 3,0g/100g para o leite integral, 0,6 a 2,9g/100g para o semidesnatado e no máximo de 0,5g/100g para o desnatado (BRASIL, 2018).

Conforme Art. 251 do RIISPOA, "o processamento do leite após a seleção e a recepção em qualquer estabelecimento compreende, entre outros processos aprovados pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, as seguintes operações: o pré-beneficiamento do leite, compreendidas, de forma isolada ou combinada, as etapas de filtração sob pressão, clarificação, bactofugação, microfiltração, padronização do teor de gordura, termização (pré-aquecimento), homogeneização e refrigeração" (BRASIL, 2017).

O leite pasteurizado apresenta vida útil de 3 a 6 dias, sob refrigeração. As etapas de produção do leite pasteurizado compreendem o controle da matéria-prima, eliminação de impurezas, pasteurização, refrigeração, acondicionamento, refrigeração e comercialização. A etapa de homogeneização pode estar presente ou não no processo (ORDÓNEZ et al., 2005).

A pasteurização é um tipo de tratamento térmico que pode ser realizado por um longo tempo a baixa temperatura (entre 63 e 65 °C/30 minutos) ou a mais alta temperatura por um período de tempo menor. Nesse caso, a temperatura deve ser elevada de 72 a 75 °C por 15 a 20 segundos, seguido de resfriamento em temperatura não superior à 4 °C (BRASIL, 2017). Esse processo tem sua eficiência determinada pela inativação da enzima fosfatase alcalina (BYLUND, 1995). Além da fosfatase alcalina inativa, o leite deve apresentar a enzima lactoperoxidase ativa. Essa enzima é mais termorresistente do que a fosfatase alcalina (85 °C/20 segundos) e assegura que o leite não foi submetido a uma pasteurização drástica (ORDÓNEZ et al., 2005).

O aquecimento do leite na pasteurização lenta pode ser do tipo direto, ou seja, o recipiente contendo o leite é colocado diretamente sobre uma chama. Indireto, quando é utilizado um trocador de calor, sendo este aquecido por água ou vapor. Injeção de vapor, em que o vapor aquecido é colocado em contato direto com o leite, e por fim, ejeção de vapor, nesse caso, além do aquecimento ocorre uma certa homogeneização do leite (ABREU, 2014).

A pasteurização rápida do leite é obtida a partir de equipamentos que possuem placas metálicas de alta condutividade térmica, os chamados pasteurizadores a placas. Nesse processo, o leite frio troca calor com a água quente por meio de contato indireto. Após ser aquecido, o leite permanece pelo tempo necessário à pasteurização, em uma seção chamada de retardamento. Ao sair do retardamento o leite pode ser considerado pasteurizado. Além disso, o próprio leite que passa pelo pasteurizador aquece o leite que ainda será pasteurizado, tornando o processo mais econômico. Após trocar calor entre o leite quente e o frio (que está entrando no sistema), o leite segue para o resfriamento, seção em que troca calor com água gelada (ABREU, 2014).

O leite pasteurizado é um produto com características de sabor e valor nutritivo semelhantes ao do leite cru. Quando empregado o processo tecnológico adequado, ocorre a destruição de microrganismos patogênicos não esporulados e redução do número de microrganismos deteriorantes (ORDÓNEZ et al., 2005).

Na pasteurização, o binômio tempo/temperatura é suficiente para tornar o produto microbiologicamente seguro por ser eficiente na eliminação de microrganismos patogênicos, como *Mycobacterium tuberculosis*, *Salmonella* spp., *E. coli*, *Campylobacter jejuni*, e *Listeria monocytogenes*. Além disso, microrganismos deteriorantes como coliformes, bactérias mesofílicas do ácido láctico e psicrotróficos presentes no leite cru são inativados. Alguns microrganismos podem sobreviver ao processo de pasteurização do leite, como os micrococos resistentes ao calor (*Microbacterium* spp.) e esporos bacterianos. Embora algumas cepas de *Staphylococcus aureus* também possam sobreviver ao tratamento térmico, elas não crescem a ponto de formar quantidades de toxinas que sejam um risco à saúde (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). Os esporos de *Bacillus cereus* são os principais patógenos que sobrevivem à pasteurização e conseguem crescer à baixa temperatura, podendo produzir sabor amargo e deterioração do leite. A intoxicação por esse patógeno, geralmente, não é observada pois neste nível o leite já estaria impróprio ao consumo (LEWIS, 2003).

Para garantir que o leite pasteurizado tenha as melhores propriedades possíveis, é preciso se observar a qualidade do leite cru, o tempo e a temperatura da pasteurização, impedir a recontaminação pós-pasteurização (o que ocorrer nas seções de regeneração ou refrigeração, em tanques de armazenamento e na embalagem final do devido à falta de práticas de higiene) e manter a temperatura de armazenamento refrigerado (LEWIS, 2003).

A etapa de homogeneização é importante para evitar a aglomeração de gordura na parte superior da embalagem, durante o armazenamento. A homogeneização, geralmente, é realizada antes da pasteurização para que não ocorra uma recontaminação do produto. Como uma maneira de reduzir os custos nesse processo, apenas a fração contendo a gordura do leite é submetida à homogeneização (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). Além disso, uma etapa crucial no processamento de leite pasteurizado é o resfriamento, visando tornar o meio desfavorável ao desenvolvimento dos microrganismos que restaram da pasteurização e também para interromper o processo de pasteurização (ABREU, 2014).

### 3. UHT

Conforme definido no Art. 256 do RIISPOA, “entende-se por processo de ultra-alta temperatura - UAT ou UHT o tratamento térmico aplicado ao leite a uma temperatura entre 130 °C (cento e trinta graus Celsius) e 150 °C (cento e cinquenta graus Celsius), pelo período de dois a quatro segundos, mediante processo de fluxo contínuo, imediatamente resfriado a temperatura inferior a 32 °C (trinta e dois graus Celsius) e envasado sob condições assépticas em embalagens esterilizadas e hermeticamente fechadas” (BRASIL, 2017).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite UAT “de acordo com o conteúdo da matéria gorda, o leite UHT (UAT) classifica-se em: leite UHT (UAT) integral, leite UHT (UAT) semi-desnatado ou parcialmente desnatado e leite UHT (UAT) desnatado”. O leite será considerado integral quando tiver em sua composição no mínimo 3% de gordura, semidesnatado, entre 0,6% e 2,9% e desnatado, no máximo 0,5% de gordura (BRASIL, 1996).

O citrato de sódio, monofosfato de sódio, difosfato de sódio, trifosfato de sódio, separados ou em combinação em uma quantidade não superior a 0,1g/100 ml podem ser adicionados ao leite UHT (BRASIL, 1996).

O processamento UHT é realizado a temperaturas acima de 135 °C por alguns segundos, visando esterilizar o leite, de forma que quando o produto é embalado em condições assépticas, se torna resistente à deterioração por períodos muito longos. O leite UHT é produzido em sistema fechado, onde o leite passa por processos de aquecimento e resfriamento de maneira muito rápida (BYLUND, 1995; KARLSSON et al., 2019).

A esterilização do leite foi implementada com base nos parâmetros térmicos dos esporos de *Bacillus stearothermophilis* e *Bacillus subtilis*. As etapas básicas do processamento UHT são o controle da matéria-prima, eliminação de impurezas, pré-aquecimento, UHT direto ou indireto, resfriamento rápido, acondicionamento asséptico, armazenamento e comercialização. A etapa de eliminação de impurezas pode ser realizada via centrifugação ou filtração, com o intuito de retirar partículas macroscópicas (ORDÓNEZ et al., 2005).

O pré-aquecimento tem como função estabilizar termicamente o leite para o processo UHT (FOX; MCSWEENEY, 1998). No processamento comercial de leite UHT, o leite cru é geralmente pré-aquecido de 80 a 95 °C por 30 a 60 segundos para estabilizar a  $\beta$ -lactoglobulina, antes do aquecimento em alta temperatura, de 135 a 150 °C, por alguns segundos. O pré-aquecimento é importante porque, quando a  $\beta$ -lactoglobulina desnatura a essas temperaturas mais baixas, ela permanece estável, de modo que não ocorra deposição na seção de aquecimento a alta temperatura (DATTA; DEETH, 2001).

Além desse efeito de estabilização das proteínas do soro, alguns estudos avaliaram diferentes temperaturas e tempos de pré-aquecimento do leite submetido ao tratamento UHT, com o intuito de torná-lo mais estável ao armazenamento. Segundo Stoeckel et al. (2016), o pré-aquecimento em temperaturas de 80 a 95 por um período de 30 a 180 segundos antes do processamento UHT pode reduzir a atividade da plasmina, aumentando a estabilidade do leite. O mesmo foi observado por Newstead et al. (2006), que concluíram que um pré-aquecimento em temperatura de 90 °C por 30 a 60 segundos foi eficiente em limitar a atividade da plasmina, desta forma, o leite UHT não apresentou gelificação ou sedimentação no prazo de 6 meses após a fabricação e a maior parte das amostras de leite permaneceu estável após 8 meses a 30 °C. Por outro lado, esses autores não recomendam a faixa de temperatura de 80 a 85 °C por 30 segundos, pois verificaram que nessas condições a atividade da plasmina foi aumentada, resultando em maior gelificação e sedimentação durante o armazenamento.

O aquecimento do leite pode ser realizado de forma indireta, por meio de trocadores de calor ou de forma direta por injeção de vapor ou infusão de leite no vapor seguido de resfriamento, por expansão a vácuo. Quando o vapor é injetado no leite, sua temperatura é elevada quase instantaneamente para 140 a 150 °C, o leite é mantido nessa temperatura de acordo com o tempo de tratamento UHT e, em seguida, ocorre o resfriamento instantâneo, em uma câmara de expansão em que um vácuo parcial é mantido por uma bomba.

O vácuo é controlado para garantir que a mesma quantidade de vapor colocada no leite seja retirada (BYLUND, 1995; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Em plantas de processamento de leite que utilizam trocadores de calor a placas, o leite inicialmente a 4 °C segue para a seção de regeneração do trocador a placas onde troca calor com o leite já processado (UHT), ocorrendo o pré-aquecimento do leite que entra e resfriamento do leite já tratado. Então, o leite pré-aquecido pode ser homogeneizado (18 a 25 Mpa). Outra opção é a homogeneização do produto após o tratamento UHT. Após essa etapa de pré-aquecimento/homogeneização, o leite é levado para a seção de aquecimento, em que a temperatura será elevada acima de 135 °C, por meio da troca de calor com água quente, sendo o produto mantido nessa temperatura no tubo de retenção pelo tempo necessário ao tratamento UHT, seguido de resfriamento e embalagem asséptica (BYLUND, 1995).

A etapa de embalagem é realizada em ambiente estéril, em embalagens pré-esterilizadas. A embalagem para leite esterilizado deve ser impermeável ao oxigênio e deve-se visar o preenchimento completo (sem espaço na cabeça). Além disso, o leite UHT é altamente suscetível a sabores desagradáveis causados pela luz, de modo que uma embalagem impermeável à luz deve ser preferida (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006).

Com relação às suas características, o produto resultante do processo UHT apresenta coloração mais branca, decorrente do processo de homogeneização e desnaturação das proteínas do soro. Com relação ao sabor, o produto recém produzido pode apresentar sabor sulfuroso, devido a formação de grupos SH livres, formados na desnaturação das  $\beta$ -lactoglobulinas e, além disso, um sabor cozido pode ser percebido devido a reação de Maillard (ORDÓNEZ et al., 2005).

Embora o leite UHT tenha uma extensa vida útil, o armazenamento por longos períodos pode resultar em muitas mudanças químicas e físicas no leite, e algumas delas podem acarretar em características inaceitáveis ou, em casos graves, encerrar abruptamente o prazo de validade (FOX; MCSWEENEY, 1998; ANEMA, 2019). Algumas modificações que ocorrem no armazenamento do leite UHT podem ser percebidas pelos consumidores e referem-se a cor, sabor e textura, principalmente (ORDÓNEZ et al., 2005).

As lipases e proteases são as principais responsáveis pela deterioração do sabor ao longo do armazenamento. Essas enzimas são termorresistentes e são produzidas por microrganismos psicotróficos durante o armazenamento refrigerado do leite cru. As lipases geram sabor de ranço ou sabão, pois clivam as ligações dos triglicerídeos e liberam ácidos graxos no meio. Por outro lado, as proteases rompem as ligações da k-caseína e da  $\beta$ -caseína, sendo responsáveis pelo sabor amargo e gelificação do leite (ORDÓNEZ et al., 2005). Essas enzimas apresentam certa instabilidade a temperaturas mais brandas, como a faixa de 50 a 65 °C. Desta forma, uma maneira de reduzir sua atividade é aplicar um tratamento térmico como 60 °C por 5 a 10 minutos, anterior ou posteriormente ao tratamento UHT (FOX; MCSWEENEY, 1998).

A gelificação do leite UHT é um processo irreversível, em que, ocorre a formação de uma rede proteica tridimensional, tornado o leite menos fluido. Esse processo tende a ocorrer inicialmente no fundo, mas com o tempo se estende por toda a embalagem. Um dos mecanismos envolvidos no processo de gelificação do leite está relacionado a proteases que não são inativadas durante o processamento UHT. Neste caso, essas proteases, que podem ser nativas como a plasmina ou exógenas, como aquelas produzidas por bactérias psicotróficas, hidrolisam as proteínas do leite, levando a uma desestabilização do sistema de proteínas e gerando peptídeos. Esse processo geralmente ocorre dentro do prazo de validade do leite UHT. Outro mecanismo proposto é chamado de gelificação por idade físico-química ou não-enzimática. Nesse processo não ocorre a degradação ou hidrólise das proteínas durante o armazenamento e geralmente, acontece após o prazo de validade do leite (DATTA; DEETH, 2001; ANEMA, 2019).

Pode ainda haver a separação da gordura na superfície do leite durante o armazenamento. Essa separação está intimamente correlacionada com o teor de gordura, a temperatura de armazenamento e o tamanho do glóbulo de gordura. A taxa de separação de gordura é afetada pela eficiência da homogeneização, desta forma, quanto maior for a eficiência do processo, menor será a taxa de separação (LU et al., 2013). Além disso, na homogeneização ocorre a desnaturação das crioglobulinas (imunoglobulinas), que são responsáveis por aglutinar a gordura do leite. Uma vez desnaturadas elas perdem o potencial de aglutinação (FOX; MCSWEENEY, 1998).

Karlsson et al. (2019) realizaram um estudo com leite UHT visando identificar as alterações sensoriais que limitam o prazo de validade do produto quando armazenado em diferentes temperaturas (4, 20, 30 e 37 °C). Para esse fim, parâmetros de qualidade, incluindo sabor, cor, separação de gordura, adesão de gordura, sedimentação e gelificação foram avaliados pelo período de um ano. Esses autores verificaram que a temperatura de armazenamento tem um grande impacto na estabilidade do leite UHT. O prazo de validade

diminuiu significativamente com o aumento da temperatura. O prazo de validade do leite UHT armazenado a 4 e 20 ° C foi limitado para 34 a 36 semanas devido a formação de sedimentos, seguido de um desvio de sabor no período de 40 a 52 semanas de armazenamento. Por outro lado, o prazo de validade do leite UHT armazenado a 30 e 37 ° C foi limitado por vários parâmetros de qualidade, incluindo sabor, cor e formação de sedimentos, reduzindo sua validade para 16 a 20 semanas.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABREU, L. R. Físico-química, qualidade e processamento de leite. Lavras: UFLA, 2014.
- [2] ANEMA, S. G. Age Gelation, Sedimentation, and Creaming in UHT Milk: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 18, n. 1, p. 140–166, 2019.
- [3] BENNETT, R. J.; JOHNSTON, K. A. General Aspects of Cheese Technology. In: FOX, P.F.; MCSWEENEY, P. L. H.; COGAN, T. M.; GUINEE, T. P. (Ed.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 3. ed. Academic Press, 2004.
- [4] BERESFORD, T. What problems are caused by psychrotrophs? In: MCSWEENEY, P.L.H (Ed.). *Cheese problems solved*. Cambridge: CRC press, 2007. p. 402.
- [5] BRASIL (1996). Ministério da Agricultura e Abastecimento. Portaria MAPA 146, de 07/03/1996. Regulamento técnico de identidade e qualidade de queijos. Disponível em: <[www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-146-de-07-03-1996,669.html](http://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-146-de-07-03-1996,669.html)>. Acesso em: 6 abr. 2020.
- [6] BRASIL (2017). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013/2017. Dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 març. 2017. Disponível em: <<https://alimentusconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/03/DECRETO-N%C2%BA-9.013-DE-29-DE-MAR%C3%87O-DE-2017-1.pdf>>. Acesso em: 21 de abril de 2020.
- [7] BRASIL (2018). Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Aprova os Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. Diário Oficial da União: seção 1. Brasília, DF, 30 nov. 2018. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 22 de maio de 2020.
- [8] BYLUND, G. Dairy processing handbook. Tetra Pak Processing Systems ABS-221 86 Lund, Sweden, 1995.
- [9] DATTA, N.; DEETH, H. C. Age gelation of UHT milk - A review. *Food and Bioproducts Processing: Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C*, v. 79, n. 4, p. 197–210, 2001.
- [10] FOX, P. F. et al. *Fundamentals of Cheese Science*. Gaithersburg, Maryland: Aspen, 2000.
- [11] FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic & Professional, 1998.
- [12] KARLSSON, M. A. et al. Changes in stability and shelf-life of ultra-high temperature treated milk during long term storage at different temperatures. *Heliyon*, v. 5, n. 9, 2019.
- [13] LEWIS, M. Improvements in the pasteurisation and sterilisation of milk. In: SMIT, G. (Ed.). *Dairy processing Improving quality*. Boca Raton: CRC press, 2003.
- [14] LU, C. et al. Effects of homogenisation pressures on physicochemical changes in different layers of ultra-high temperature whole milk during storage. *International Journal of Dairy Technology*, v. 66, n. 3, p. 325–332, 2013.
- [15] NEWSTEAD, D. F. et al. Plasmin activity in direct-steam-injection UHT-processed reconstituted milk: Effects of preheat treatment. *International Dairy Journal*, v. 16, n. 6, p. 573–579, 2006.
- [16] ORDÓNEZ, J. A. et al. *Tecnologia de Alimentos - Alimentos de Origem Animal*. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- [17] SHEEHAN, J. J. What is thermisation and why is it used? In: MCSWEENEY, P.L.H (Ed.). *Cheese problems solved*. CRC press, 2007. p. 402.
- [18] STOECKEL, M. et al. Heat stability of indigenous milk plasmin and proteases from *Pseudomonas*: A challenge in the production of ultra-high temperature milk products. *International Dairy Journal*, v. 61, p. 250–261, 2016.
- [19] WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. *Dairy Science and Technology*. 2 nd ed. Netherlands: CRC Press, 2006.