



CATÓLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

Estudo do desenvolvimento de um novo queijo fresco com
alto teor em proteína e baixo teor em gordura

Por:

Rute Adriana Dias Moreira

Janeiro, 2019



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da
Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Alimentar

por

Rute Adriana Dias Moreira

Local: Innolact S.L, Lugo, Espanha

Orientação: Sergio Martinez

Janeiro, 2019

Resumo

O objetivo da presente dissertação consiste em descrever o trabalho desenvolvido realizado na Innolact, no âmbito do tema: “Estudo do desenvolvimento de um novo queijo fresco com alto teor em proteína e baixo teor em gordura”. *Quescrem Proteína*, é um queijo fresco, com semelhanças entre um queijo quark e um creme de queijo, produzido à base de leite, contém cerca de 2% gordura e, aproximadamente, 12% de proteína, com vista à colocação do mesmo no mercado no segmento para desportistas.

A empresa, atualmente depara-se com um problema de textura no queijo, pois este evidencia uma granulidade e adstringência, que parecem resultar da proporção gordura/proteína. O tamanho das partículas afeta não apenas as propriedades microestruturais e reológicas, mas também a percepção sensorial (Lucey e Singh, 1997).

O trabalho desenvolvido ao longo do estágio, teve como objetivo colmatar o problema de textura e, por sua vez, permitir o lançamento de *Quescrem Proteína* no mercado. Foram feitas alterações no processo de obtenção da coalhada, no tipo de culturas, tratamento térmico, métodos de concentração do teor em proteína e no uso de hidrocolóides. Para cada coalhada obtida, foi feita a caracterização da textura, ao nível da dureza e adesividade, bem como, a caracterização físico-química (matéria gorda, acidez e pH) e reologia, de forma a estudar o impacto no produto final.

O queijo final foi obtido através de leite pré concentrado, fermentado com culturas e com adição de carboximetilcelulose antes do término da fermentação. Foi aplicado um tratamento térmico, após a fermentação, de forma a manter o pH constante durante a continuidade do processo até ao produto final. A textura era consistente e cremosa, sem evidências de granulidade. Para além do formato natural, foram concebidas mais duas formulações: gengibre e chá verde e stevia.

Palavras chave: Queijo fresco; baixo teor em gordura; alto teor em proteína; problema de textura; carboximetilcelulose.

Abstract

The main goal of this dissertation is to describe the work developed in internship at Innolact, S L, under the theme: "Study of the development of a new fresh cheese with high protein content and low-fat content". Quescrem Protein, is a fresh cheese, like a quark cheese and a cream cheese, made with buttermilk. It contains about 2% fat and approximately 12% protein. It aims to be launched on the market in the segment for sportists.

The company was facing a problem of texture in the cheese, as it showed a granularity and astringency, which seem to result from the fat / protein ratio. Particle size affects not only microstructural and rheological properties, but also sensory perception (Lucey and Singh, 1997).

The work developed throughout the internship, aimed to solve the texture problem and, in turn, to enable the release of Quescrem Protein in the market. Changes were made in the curding process, in the type of cultures, heat treatment, methods of concentration of the protein, and in the use of hydrocolloids. For each curd obtained, characterization of texture, in the level of hardness and adhesiveness, as well as the physical-chemical characterization (fat, acidity and pH), and rheology were done, to study the impact on the final product.

The final cheese was obtained through pre-concentrated buttermilk, fermented with cultures and with addition of carboxymethylcellulose before the end of the fermentation. After the fermentation, a heat treatment was applied to keep the pH constant throughout the process until the final product. The texture was consistent and creamy, with no evidence of granularity. In addition to the natural version, two more formulations were designed: with ginger and with green tea + stevia

Keywords: Fresh cheese; high protein content; low fat content; texture problem; carboxymethylcellulose.

Agradecimentos

Gostava de expressar o meu agradecimento para com todas as pessoas que me encorajaram durante a realização do presente trabalho e me mostraram o verdadeiro significado desta fase da minha vida. Em especial o ânimo que me foi dado em todos os momentos em que queria desistir, e me souberam dizer as palavras certas para que seguisse em frente.

Aos meus pais, pelo amor que me dão e pelo esforço que sempre fizeram para me proporcionar o melhor que tinham.

À minha tia Irene e à minha avó Alice, que sempre distribuíram palavras de coragem e força. Ao resto da minha família e amigos que me acompanharam ao longo do curso, por toda a ajuda e todos os bons momentos que passamos juntos.

Ao Professor João Paulo Ferreira, na qualidade de tutor pelo empenho demonstrado, pela transmissão de conhecimentos, pelo rigor científico, pela exigência, pela leitura crítica, orientação e correção do texto, que muito contribuiu para a evolução do trabalho.

Por fim, gostaria também de agradecer à INNOLACT, por me terem recebido e acolhido nas suas instalações e por esta oportunidade de me aproximar do ambiente industrial.

Índice

Resumo	iv
Abstract.....	vi
Agradecimentos	viii
1. Introdução	- 1 -
1.1 Contextualização	- 1 -
1.2 Objetivos e motivação	- 1 -
1.3 Estrutura da dissertação.....	- 2 -
2. Enquadramento teórico	- 4 -
2.1 Queijos Frescos	- 4 -
2.2 Aspetos relevantes do <i>Queijo Quark</i> e <i>Crema de queijo</i>	- 7 -
2.3 <i>Quescrem Proteína</i>	- 8 -
2.4 Processo do <i>Crema de queijo</i> , <i>Queijo quark</i> e variedades relacionadas ..	- 10 -
2.4.1 Estandarização, pasteurização e homogeneização	- 11 -
2.4.2 Fermentação	- 11 -
2.4.3 Tratamento térmico	- 12 -
2.4.4 Ultrafiltração	- 12 -
2.4.5 Procedimentos adicionais	- 13 -
2.5 Caracterização da matéria-prima e ingredientes do produto final	- 14 -
2.5.1 Leiteiro	- 14 -
2.5.2 Ingredientes	- 15 -
2.5.3 Aditivos	- 17 -
2.7 Características físico-químicas.....	- 19 -
3. Metodologia.....	- 22 -
3.1 Estudo do processo.....	- 22 -
3.1.1 Estandarização, pasteurização e homogeneização	- 23 -

3.1.2 Fermentação	- 24 -
3.1.3 Adição de CMC	- 25 -
3.2.4 Tratamento térmico	- 25 -
3.1.5 Ultrafiltração	- 25 -
3.1.6 Embalamento e armazenamento refrigerado.....	- 26 -
3.1.7 Tratamento da coalhada	- 27 -
3.2.1 Condições do processo obtenção da coalhada	- 29 -
3.2.2 Condições do tratamento da coalhada.....	- 29 -
3.3 Uso de leite pré concentrado vs adição de proteína em pó - Processo 2-	30 -
3.3.1 Determinação do tratamento térmico	- 30 -
3.3.2 Condições do processo obtenção da coalhada	- 31 -
3.3.3 Aditivos tratamento da coalhada.....	- 32 -
3.3.4 Avaliação dos sabores	- 33 -
3.4 Avaliação do impacto da adição de CMC - Processo 3	- 33 -
3.4.1 Determinação da aplicação de CMC.....	- 33 -
3.4.2 Condições do processo obtenção da coalhada	- 34 -
3.4.3 Avaliação dos sabores	- 34 -
3.4.4 Determinação de aplicações com o produto final	- 35 -
3.5 Caracterização físico-química.....	- 36 -
3.5.1 Medição da textura.....	- 36 -
3.5.2 Reologia	- 37 -
3.5.3 Teor de matéria gorda da coalhada	- 38 -
3.4.4 Determinação da acidez e pH.....	- 39 -
3.4.5 Teor em humidade.....	- 40 -
3.5.6 Provas comentadas	- 40 -
4. Apresentação e discussão dos resultados	- 42 -
4.1 Estudo das culturas mesófilas e termófilas - Processo 1	- 42 -

4.1.1 Controlo do processo obtenção da coalhada	- 42 -
4.1.2 Caracterização físico-química	- 44 -
4.2 Leiteiro pré concentrado vs adição de proteína em pó - Processo 2	- 50 -
4.2.1 Determinação do tratamento térmico	- 50 -
4.2.2 Controlo da obtenção da coalhada	- 52 -
4.2.3 Caracterização química das coalhadas	- 54 -
4.3 Avaliação do impacto da adição de CMC - Processo 3	- 58 -
4.2.2 Controlo da obtenção da coalhada	- 58 -
4.2.3 Caracterização físico-química da coalhada NM com CMC.....	- 59 -
4.2.4 Determinação de aplicações com o produto final	- 65 -
4.2.5 Fluxograma final de <i>Quescrem Proteína</i>	- 66 -
5. Conclusão	- 68 -
6. Bibliografia.....	- 69 -

Índice de figuras

- Capítulo 2 -

Figura 2.1 Variedades de queijos frescos, organizados pelo tipo de coagulação: ácida, ácida com adição de coalho e ácida com temperatura. Adaptado de: Fox, et al., 2004. - 5 -

Figura 2.2 Fluxograma de processo do queijo Quark, Skyr entre outras variedades; Sobremesas tipo Quark, Creme de queijo com embalagem a quente e a frio. Adaptado de: Fox, et al., 2004; Guinee et al., 1993; Ottosen, 1996. - 10 -

- Capítulo 3 -

Figura 3.1 Fluxogramas dos processos 1, 2 e 3 utilizados na obtenção da coalhada. - 23 -

Figura 3.2 Fermentador agitado com camisa de aquecimento. - 24 -

Figura 3.3 Ultrafiltração por membranas Aula de productos lácteos da Universidade de Santiago de Compostela. - 26 -

Figura 3.4 Etapas que constituem o tratamento da coalhada - 27 -

Figura 3.5 - Esquema dos procedimentos necessários ao tratamento da coalhada: Medição da matéria prima e ingredientes; Mistura e pasteurização; Homogeneização; Embalamento. - 28 -

- Capítulo 4 -

Figura 4.1 Evolução da acidez ao longo da fermentação e ultrafiltração com as culturas XQ - 42 -

Figura 4.2 Evolução da acidez ao longo da fermentação e ultrafiltração com culturas AB - 43 -

Figura 4.3 Evolução do fluxo de permeado, L/hm^2 e do fator de concentração volumétrico, à pressão submetida, em bar, ao longo da ultrafiltração da coalhada XQ. - 43 -

Figura 4.4 Evolução do fluxo de permeado, L/hm ² e do fator de concentração volumétrico, à pressão submetida, em bar, ao longo da ultrafiltração da coalhada AB.	-
44 -	
Figura 4.5 Dureza média dos queijos com culturas XQ e com AB do processo 1, (sem adição de ingredientes, inulina, kefir, carragenato, inulina+pecina e pectina) e respectivos desvios padrão.	- 45 - 45
Figura 4.6 Adesividade média dos queijos com culturas XQ e com AB do processo 1, (sem adição de ingredientes, inulina, kefir, carragenato, inulina+pecina e pectina) e respectivos desvios padrão	-
46 -	
Figura 4.7 Evolução do pH, verificada na coalhada AB, ao longo do tempo após tratamento térmico	-
51 -	
Figura 4.8 Evolução do pH, verificada na coalhada NM, ao longo do tempo após tratamento térmico.	- 51 -
Figura 4.9 Evolução da acidez ao longo da fermentação e ultrafiltração das coalhadas AB e NM.	-
52 - Figura 4.10 Evolução do fluxo de permeado, L/hm ² e do fator de concentração volumétrico, à pressão submetida, em bar, ao longo da ultrafiltração da coalhada AB.-	53
- Figura 4.11 - Evolução do fluxo de permeado, L/hm ² e do fator de concentração volumétrico, à pressão submetida, em bar, ao longo da ultrafiltração da coalhada NM-	53
- Figura 4.12 - Dureza média dos queijos com culturas AB e com NM do processo 2, (sem adição de ingredientes pasteurizados às temperaturas T2 e T3, amido modificado, amido nativo e pectina) e respectivos desvios padrão -	55 -
Figura 4.13 - Comportamento reológico das amostras da coalhada AB, pasteurizada a T2 e T3 sem ingredientes e das amostras com adição de amido nativo, amido modificado e pectina.	-
56 -	
Figura 4.14 - Comportamento reológico das amostras da coalhada NM, pasteurizada a T2 e T3 sem ingredientes e das amostras com adição de amido nativo, amido modificado e pectina.	- 57 -
Figura 4.15 - Evolução da acidez ao longo da fermentação, adição de CMC e ultrafiltração da coalhada NM com CMC.	56

Figura 4.16 - Evolução do fluxo de permeado, L/hm² e do fator de concentração volumétrico, à pressão submetida, em bar, ao longo da ultrafiltração da coalhada AB.

55

Figura 4.17 - Dureza média dos queijos com cultura NM e com adição de CMC do processo 3 e respetivos desvios padrão, pasteurizados às temperaturas T2 e T3. - 61 -

56

Figura 4.18 – Adesividade média dos queijos da coalha NM com CMC, pasteurizados a T2 e T3. - 62 -

Figura 4.19 Comportamento reológico da coalhada NM com CMC pasteurizada a T2 e T3. - 63 -

Figura 4.22 Granizado de *Quescrem Proteína* Chá verde e stevia e Parfait com *Quescrem Proteína* natural. -

65 -

Figura 4.23 Barra e cestas de cereais com *Quescrem Proteína* gengibre -

65 -

Figura 4.24 Pudim de chia com *Quescrem Proteína* natural. - 66 -

Figura 4.25 Fluxograma final de *Quescrem Proteína*, com os respetivos -

67 -

1. Introdução

A presente dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia Alimentar. Neste primeiro capítulo será apresentada a contextualização do tema, apresentados os objetivos, motivação para o desenvolvimento deste trabalho, assim como a sua estrutura.

1.1 Contextualização

Desde o início do século XXI, a sociedade tem vindo a testemunhar um aumento contínuo da expectativa de vida e, ao mesmo tempo, uma maior atenção à sua qualidade. Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a saúde e concedem mais atenção ao seu estilo de vida e à sua dieta (Szakály et al., 2012). Estas tendências trazem novos desafios e obrigam as empresas a trabalhar com maior agilidade e eficiência no lançamento de novos produtos.

A empresa Innolact, localizada na zona industrial de Castro Riberas de Lea, que pertence a Castro de Rei (Lugo, Espanha), nasceu como uma subsidiária formada por um grupo de investigadores da Aula de Productos Lácteos (APL) da Universidade de Santiago de Compostela (USC). A empresa posicionou-se no mercado através de um projeto de produção de creme de queijo. O processo de fabrico diferencia-se dos restantes devido ao uso combinado de leite e de leiteiro como ingredientes principais. Atualmente, é detentora de três marcas distintas: Quescrem, respeitante a *Crema de queijos*, *Arquega*, a marca associada aos queijos frescos e, por último, Nutrilea, que diz respeito à alimentação para animais de quinta.

1.2 Objetivos e motivação

O objetivo da presente dissertação, que deriva do estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar, descreve o trabalho desenvolvido na Innolact, no departamento de Investigação e Desenvolvimento, sob a orientação do diretor do Departamento, Sergio Martinez, no âmbito do tema: “Desenvolvimento de Um Novo

Produto: *Quescrem¹ Proteína*". De forma a dar resposta às novas tendências da população, visando também potenciar as vendas do canal *Retail*, surgiu o interesse por parte da Innolact em desenvolver este produto. *Quescrem Proteína* é um queijo fresco, com características entre um queijo quark e um creme de queijo, produzido à base de leite, contendo cerca de 2% gordura e aproximadamente 12% de proteína. A empresa deparava-se com um problema de textura no queijo, pois este evidencia uma granulosidade e adstringência, que parecem resultar da proporção gordura/proteína. A granulosidade refere-se à presença de grandes agregados proteicos, que variam de 1 a 5 mm no iogurte ou no queijo fresco. O tamanho das partículas afeta não apenas as propriedades de microestrutura e reológicas, mas também a percepção sensorial (Lucey e Singh, 1997). Esta situação leva, facilmente, a uma rejeição do produto pelos consumidores, pois os queijos *Quark* são caracterizados por terem um corpo liso, cremoso e uniforme (Fox et al., 2004).

O trabalho desenvolvido ao longo do estágio teve como objetivo colmatar o problema de textura e, por sua vez, permitir o lançamento de *Quescrem Proteína* no mercado. Para que seja possível ultrapassar este problema, foi necessário conhecer os fatores físico-químicos, com a intenção de determinar as medidas a implementar no processo, modificando as suas propriedades (Machado, 2003). Assim, foram feitas alterações no processo de obtenção da coalhada, no tipo de culturas, tratamento térmico, métodos de concentração do teor em proteína e no uso de hidrocolóides², nomeadamente, pectina, inulina, amido e carboximetilcelulose. Para cada coalhada obtida, foi feita a caracterização de textura, ao nível da dureza e adesividade, bem como a caracterização físico-química (matéria gorda, acidez e pH) e reológica, de forma a estudar o impacto no produto final.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo é introduzido o tema e são apresentados a motivação, os objetivos e a estrutura.

¹ Quescrem Proteína – nome fictício atribuído ao queijo desenvolvido, de forma a manter em sigilo a identidade do produto final.

² Hidrocolóides - Polissacáridos que se caracterizam por terem a propriedade de formar dispersões e/ou géis viscosos quando dispersos em água. Estes têm uma grande variedade de propriedades funcionais nos alimentos, incluindo espessamento, gelificação, emulsionante, de estabilização e de revestimento. (Milani e Maleki, 2012).

O segundo capítulo diz respeito à revisão bibliográfica, onde são focados os aspetos teóricos pertinentes a este tema, tais como: breve descrição dos queijos frescos, aspetos relevantes do *queijo Quark* e *Crema de queijo*, assim como o seu processo. Também foi feita a descrição de *Quescrem Proteína* e por fim, as características físico-química em estudo ao longo deste trabalho.

No terceiro capítulo encontram-se os métodos que permitiram a obtenção do produto final, incluindo os três processos utilizados. Para cada processo é feita a descrição das etapas que o constituem, parâmetros de controlo e equipamentos necessários. Também é possível encontrar a descrição dos métodos de caracterização físico-química.

O quarto capítulo é feita a exposição dos resultados e a sua discussão para cada processo. Por fim, o último capítulo diz respeito à conclusão dos resultados, assim como a experiência formativa adquirida ao longo deste estágio.

2. Enquadramento teórico

Este capítulo tem como objetivo relatar os aspetos gerais dos queijos frescos, com especial enfoque na produção do creme de queijo e do queijo quark, uma vez que estes produtos são a referência de *Quescrem Proteína*.

Os aspetos gerais sobre a matéria-prima, bem como ingredientes e aditivos estudados ao longo deste projeto, também se encontram disponíveis neste capítulo. Por fim, é feita uma exposição das características físico-químicas estudadas ao longo do desenvolvimento deste queijo.

2.1 Queijos Frescos

Os queijos frescos referem-se às variedades de queijo produzidas pela coagulação do leite, nata ou soro via acidificação, acidificação juntamente com adição de uma pequena quantidade de coalho, ou uma combinação de ácido e calor e que estão prontos para consumo no final do processamento, sem etapa de maturação³ (Fox, et al., 2017).

Com o aumento da globalização e do turismo, os vários tipos de queijo fresco regionais começaram a propagar-se fora das suas origens. Entre os tipos mais conhecidos estão o *Crema de queijo* ou *Queijo Fresco*, *Cottage*, *Quark* ou *Tvorog*, *Fromage frais* e *Ricota* (Fox, et al., 2004). Na Figura 2.1 é possível observar a variedade de queijos frescos, distribuídos de acordo com o método de coagulação, consistência e tipo de matéria-prima.

³ Maturação - etapa após o processamento, na qual o queijo é mantido, durante certo tempo, em condições determinadas de temperatura, humidade e ventilação, que permitam modificações físicas e químicas pretendidas. O tempo de maturação é variável, podendo ser um mês, como o queijo Brie, ou um ano ou mais, como no caso do queijo Cheddar (Kapoor, R., Metzger, L.E, 2008).

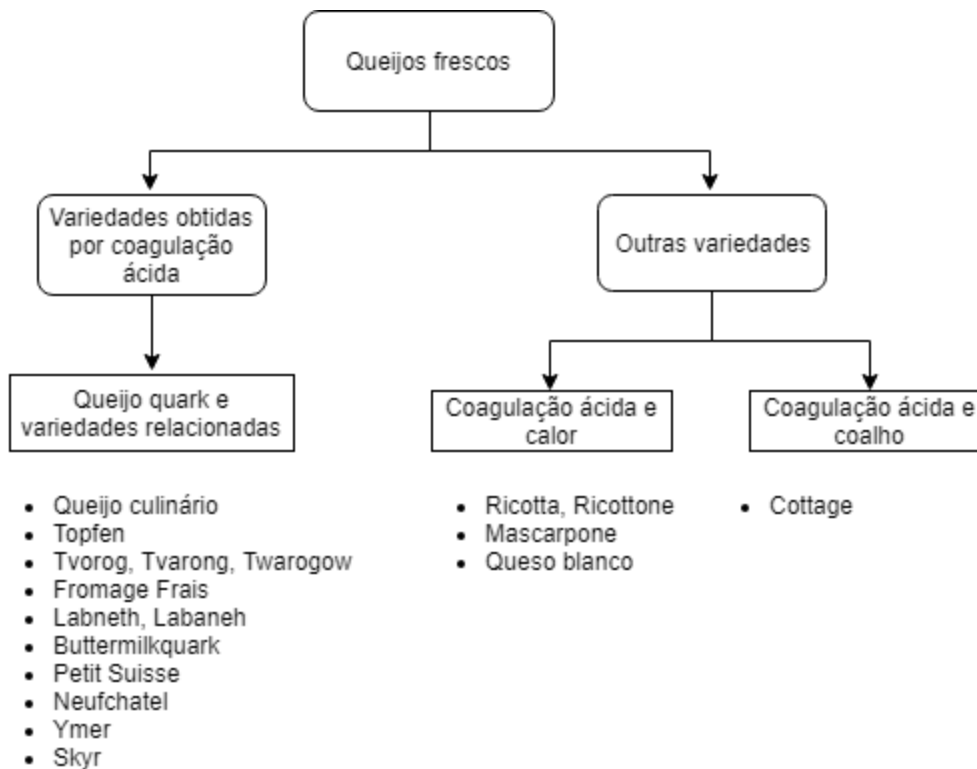


Figura 2.1 - Variedades de queijos frescos, organizados pelo tipo de coagulação: ácida, ácida com adição de coalho e ácida com temperatura. Adaptado de: Fox, et al., 2004.

A produção mundial de queijo é aproximadamente $21,3 \times 10^6$ toneladas por ano (OECD / FAO 2014). Estima-se que o queijo fresco represente cerca de 30% do queijo total. Os fatores que contribuem para a popularidade do queijo fresco (Fox, 2002) incluem:

- A sua consistência macia e cremosa;
- A percepção saudável desses produtos por consumidores preocupados com a dieta;
- A versatilidade que oferecem em termos de consistência e sabor, possibilidade de adição de açúcar, purés de frutas e condimentos;
- A variedade de embalagens atraentes e convenientes.

Na Tabela 2.1 lista-se o conteúdo em matéria seca, gordura, proteína, lactose e o pH para alguns exemplos de queijo fresco, de acordo com o respetivo tipo de coagulação. No que diz respeito aos tipos de queijo de coagulação ácida, é importante destacar o quark alemão e o quark de leiteiro, devido ao seu conteúdo em gordura, (<2%, p/p) e proteína (entre 10 e 16%, p/p). A composição idealizada para o Quescrem Proteína encontra-se próxima destes intervalos para os mesmos parâmetros. Deste modo, serão estudados os aspetos gerais do *Queijo Quark* e do *Crema de Queijo*.

No queijo *Cottage* 1%, embora apresente uma composição semelhante aos queijos anteriormente mencionados, a sua coagulação é complementada pelo coalho. Ainda que uma quantidade muito pequena de coalho possa ser utilizada na produção de Quark para formar coágulos mais firmes e minimizar as perdas de caseína durante a separação subsequente do soro, a sua adição não é essencial (Fox et al., 2017).

Tabela 2.1 - Composição nutricional de acordo com o tipo de queijo fresco

Tipo	Extrato seco (p/p)	Gordura (p/p)	Proteína (p/p)	Lactose (p/p)	pH
Coagulação ácida					
Quark – magro	>18	<1,8	>12	3-4	4,6
Creme de queijo – gordo	44	26,4-38,3	8-9	2-3	4,6
Creme de queijo (EUA)	>45	>33	5-7	2-3	4,6
Neufchatel	>35	30-33	8-9	2-3	4,0- 4,2
Skyr	18,5 - 20,5	0,2-0,4	12,5-16	3,6-3,8	4,6
Quark de leitelho	15	0,75-0,95	9-10	3,5-3,6	4,5- 4,7
Coagulação ácida/coalho					
Cottage	21	4,5	12,5	2,6	<5,2
Cottage 1%	17,5	1,0	12,4	-	4,8

Fontes: Anon, 1986; Tamime and Robinson, 1988; Jelen and Renz-Schauen, 1989; Modler and Emmons, 1989; Lehmann et al., 1991; Guinee et al., 1993; Kessler, 1996; Kosikowski and Mistry, 1997; Ozer et al., 1999; Boone, 2001; Fernández-Albalat et al., 2001.

2.2 Aspectos relevantes do *Queijo Quark* e *Creme de queijo*

O queijo *Quark* (nos países de língua alemã) ou *Tvorog* (nos países da Europa Oriental) é essencialmente uma pasta de proteína de leite. A sua cor é branca amarelada, com um ligeiro aspeto leitoso, suave, homogéneo e macio, corpo elástico e sabor levemente ácido. Devido ao alto teor em humidade ($\approx 82\%$, p / p), a vida de prateleira é limitada a 2-4 semanas. Não se deve observar a presença de soro, secura ou granulosidade, deterioração bacteriana, acidificação, ou desenvolvimento de sabor amargo durante o armazenamento (Kroger, 1980; Siggelkow, 1984; Guinee et al., 1993).

Por outro lado, o *creme de queijo* (*Queijo de pasta mole* no Reino Unido; *Queijo Fresco* na Alemanha) é um produto branco-cremoso, ligeiramente ácido, com um leve sabor diacetílico⁴.

Tabela 2.2 - Classificação do queijo quanto ao teor em matéria gorda. Fonte: Portaria n.º. 73/90, de 1 de fevereiro

Classificação	Matéria gorda em extrato seco
Muito gordo	>60%
Gordo	45% a 60%
Pouco Gordo	25% a 45%
Magro	Máximo 10%

Em termos de teor em gordura, os queijos podem ser classificados segundo a Tabela 2.2. A sua consistência pode ser quebradiça, especialmente no creme de queijo pouco gordo, ou suave e amanteigado, no caso do creme de queijo gordo (Guinee et al., 1993). Os queijos magros são referidos por muitos investigadores como pouco vantajosos. Os defeitos de textura, como dificuldade ao ser barrado, granulosidade e falta de cremosidade, têm sido preocupações importantes na produção de queijos magros (Phadungath, 2005).

⁴ O diacetil é um composto volátil, presente no iogurte e outros produtos lácteos fermentados, contribuindo com uma nota amanteigada no sabor (Eskin, M, 2015).

2.3 *Quescrem Proteína*

O queijo Quescrem é um queijo fresco, com características entre um queijo quark e um creme de queijo, elaborado através da acidificação de leite e com posterior separação do soro. Foram estabelecidas as proporções dos ingredientes e os passos de elaboração adequados para a obtenção de um produto que seja vendido comercialmente, com aparência de queijo batido, com cor branca, sabor lácteo e ácido ($\text{pH} \approx 4,75$), que deve conservar-se sob refrigeração até ao momento do consumo, por um prazo de 5 meses. O produto deve possuir uma textura cremosa e fluída, sendo ideal para misturar com outros ingredientes. Relativamente à sua composição, apresenta um teor em proteína de 12% (p/p), e um teor em gordura cerca de 2% (p/p).

Os atributos e fatores distintivos que caracterizam o queijo em desenvolvimento vão ao encontro dos estilos de vida de consumidores que valorizam a saúde e o bem-estar (Nielsen, 2017), marcando as atuais tendências de mercado. Este tema é de particular interesse para os consumidores que sejam praticantes ativos de desporto, uma vez que um dos principais objetivos é maximizar a síntese de proteínas contrácteis, permitindo maiores níveis de força e resistência. Neste campo, a proteína tem um papel fundamental, uma vez que, após o exercício, o balanço proteico continua negativo até haver ingestão proteica (Tipton et al., 1999).

Em termos de quantidade, o Colégio Americano de Medicina Desportiva, em conjunto com a Associação Americana de Dietética e os Dietistas do Canadá, recomendam a ingestão diária, para os atletas, de 1,2 a 2,0 g de proteína/kg de peso corporal (Thomas et al., 2016). Estas recomendações são superiores às apontadas para a população em geral (0,8 g/kg/dia). Desta forma, Quescrem Proteína surge no sentido se proporcionar uma fonte de proteína de fácil ingestão, num formato prático e versátil, à população em geral, mas particularmente aos consumidores que praticam desporto.

2.3.1 Defeitos na textura

Alimentos lácteos com baixo teor de gordura são uma boa opção para os consumidores interessados em problemas relacionados com a saúde ou na manutenção do peso corporal adequado. Contudo, a eliminação ou redução de gordura tem um forte impacto na estrutura dos produtos lácteos, bem como nas interações esperadas entre os componentes, muitas vezes gerando mudanças visíveis na cor, sabor e textura (Bayarri e Costell, 2009). Essas mudanças podem influenciar a aceitação pelo consumidor do produto final.

As primeiras abordagens do projeto de Quescrem Proteína, revelaram uma textura final granulada, muito ácida e adstringente. A textura granulada é um defeito geralmente detetado como partículas finas no produto mastigado (Bodyfelt et al, 1988). De forma a avaliar e entender melhor o problema de textura, foi necessário primeiro investigar as possíveis causas. Até agora, foram publicados alguns trabalhos que descrevem fatores que promovem o crescimento de grânulos em produtos lácteos durante o processamento, tais como:

- Diminuição do teor de gordura e um aumento do teor de proteína (Ciron et al., 2010; Janhøj et al., 2009; Johansen Et al., 2008; Rasmussen et al., 2007);
- Diminuição da matéria seca do leite (Küçükçetin et al., 2008);
- Diminuição da temperatura de aquecimento e uma redução da relação entre a caseína e a proteína do soro de leite (Küçükçetin, 2008; Lucey e Singh, 1997; Puvanenthiran et al., 2002);
- Escolha das culturas (Küçükçetin et al. 2009; Sodini et al., 2005);
- Condições de fermentação (Aichinger et al., 2003; Lucey e Singh, 1997); pH final (Johansen et al., 2008).

Com a intenção de colmatar o problema de textura, foram estudadas medidas para chegar a um processo que permitisse obter um queijo com as características predefinidas. Foi efetuada uma análise ao processo de fabrico do creme de queijo e do queijo quark, uma vez que estes produtos são a referência de *Quescrem Proteína*.

2.4 Processo do *Creme de queijo*, *Queijo quark* e variedades relacionadas

Os tipos de queijo fresco de coagulação ácida incluem o creme de queijo, Quark e outros queijos onde a coagulação do leite ocorre pela ação do ácido láctico produzido durante a fermentação, como referido na secção 2.1 Queijos Frescos. A Figura 3.1 diz respeito ao fluxograma do processo de queijo quark, creme de queijo e, ainda, algumas variedades relacionadas.

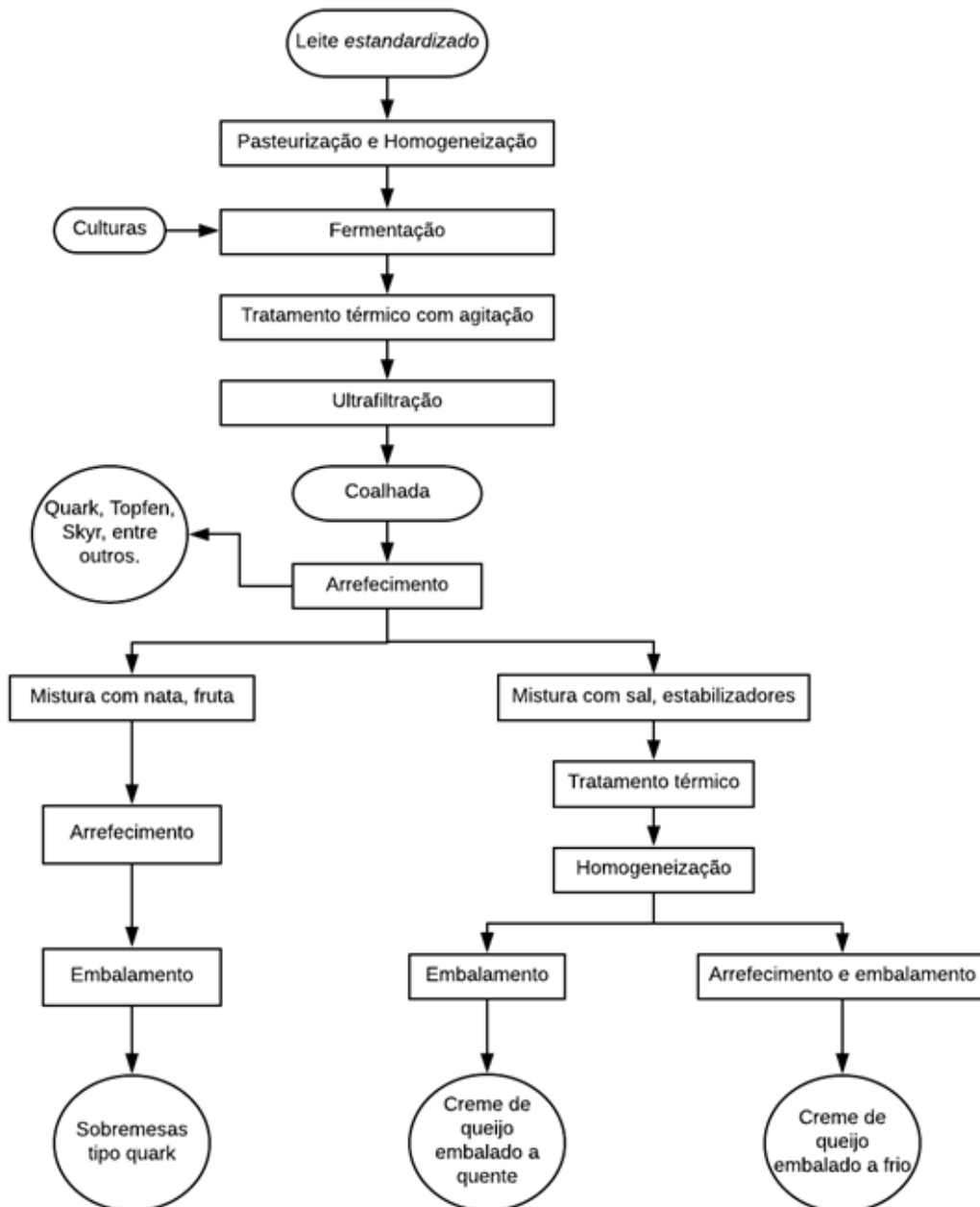


Figura 2.2 - Fluxograma de processo de Sobremesas tipo Quark e de Creme de queijo com embalagem a quente e a frio. Adaptado de: Fox, et al., 2004; Guinee et al., 1993; Ottosen, 1996.

2.4.1 Estandarização, pasteurização e homogeneização

Segundo Henson et.al. (1972), o queijo quark e o creme de queijo são produtos obtidos por cultura de leite ou de um produto lácteo líquido, tal como leite desnatado ou leite em pó reconstituído ou, no caso do produto em desenvolvimento, leiteiro. A matéria-prima utilizada é submetida a uma estandarização, sendo ajustado a quantidade de sólidos à concentração pretendida, seguida de uma pasteurização, bem como, homogeneização.

2.4.2 Fermentação

A cultura de arranque é adicionada e cultivada por um período predeterminado para desenvolver um sabor agradavelmente ácido e, ao mesmo tempo, conferir algum grau de estabilidade bacteriana ao produto (Schulz-Collins e Senge, 2004). As micelas de caseína nativas perdem sucessivamente forças de repulsão, agregam-se e formam uma rede tridimensional (Van Vliet et al., 2004). A sua coagulação dá-se no ponto isoelétrico⁵, pela ação do ácido láctico produzido pela cultura bacteriana.

Davis (1965) considerou a cultura de arranque como o “coração da produção de queijos”. As bactérias lácticas são essencialmente mesófilas, com algumas linhagens termófilas, sendo capazes de crescer num intervalo de temperatura de 5 a 45 °C. Têm a capacidade de crescer até pH do meio 3,8. Produzem grande número de enzimas glicolíticas, lipolíticas e proteolíticas, que transformam os nutrientes do leite e do queijo em compostos que conferem propriedades sensoriais desejáveis (Lima et al., 2009).

Algumas bactérias do ácido láctico secretam exopolissacáridos (EPS), influenciando positivamente a textura dos alimentos (Chammas et al., 2006). Estes polímeros aumentam a viscosidade do leite, diminuem a suscetibilidade à sinérese (Cerning et al., 1992), contribuem para a textura, para a percepção do sabor e para a estabilidade do produto final. A composição em monossacáridos, a carga elétrica e o tamanho determinam as propriedades intrínsecas do EPS e suas interações com outros constituintes do leite (Jolly et al., 2002).

A maior parte das bactérias que produzem exopolissacarídeos pertencem aos gêneros *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus*. A produção de

⁵ O ponto isoelétrico é uma característica específica das proteínas. Este corresponde ao valor de pH para o qual as interações electrostáticas proteína-proteína se intensificam e as interações proteína-água são mais limitadas, levando à precipitação das proteínas.

EPS também foi relatada no género *Bifidobacterium* (Patel e Prajapati, 2013). Para superar os defeitos nos queijos com baixo teor de gordura, os fabricantes de queijo têm usado culturas que promovem a textura (Patel e Prajapati, 2013). Os EPS são amplamente utilizados para melhorar o corpo e a textura do iogurte e outros produtos lácteos fermentados, como dahi (Broadbent, et al., 2003; Faber, et al., 2001). Dahi é um popular produto de leite fermentado da Índia, com 3,5-8% de gordura, semelhante ao iogurte. Dahi com baixo teor de gordura e produzido usando diferentes culturas produtoras de exopolissacáridos mostraram ser mais aceitáveis em termos de corpo, textura e sabor, em comparação com os dahi feitos com cultura não produtora de EPS (Behare, et al., 2009).

2.4.3 Tratamento térmico

A coalhada resultante é suavemente agitada e aquecida (para uma separação mais eficaz do soro) a 50-70 °C num tanque de agitação ou em permutadores de calor, para um processo contínuo. Este procedimento aumenta muito o tempo de vida de prateleira, particularmente impedindo desenvolvimentos de sabores estranhos, como amargor, ou sabor excessivamente ácido. A produção de ácido láctico é interrompida e a atividade proteolítica é reduzida (Bäurle et al., 1984; Zakrzewski et al., 1991; Sachdeva et al., 1993; Rogenhofer et al., 1994; Mara e Kelly, 1998).

2.4.4 Ultrafiltração

O soro é separado da coalhada por vários métodos. O método tradicional envolve transferir a coalhada quente (75-90 °C) para sacos de pano e deixar escorrer durante a noite; os métodos modernos usam ultrafiltração a 50-55 °C. Uma vez que a concentração final em proteína e gordura são características importantes deste tipo de queijo, a ultrafiltração é uma operação que merece alguma atenção, de forma a assegurar a composição final desejada.

A ultrafiltração permite o fracionamento e concentração dos componentes e, ao mesmo tempo, mantém as propriedades químicas e físicas desejáveis dos produtos (D'Souza e Mawson, 2005).

O sucesso da ultrafiltração pode ser caracterizado em função de dois parâmetros: o fluxo de permeado e a capacidade seletiva da membrana. O fluxo de permeado J_p é definido como a quantidade de matéria que flui através da membrana por unidade de área e de

tempo, sendo normalmente expresso em L/ (h m²) ou kg/ (h m²) (Mulder 1996). O coeficiente de rejeição aparente, f_A , avalia a capacidade de separação da membrana. Este é obtido a partir das concentrações de soluto no seio da alimentação e no permeado, C_r e C_p , respetivamente (Aptel & Clifton 1983).

$$f_A = \frac{C_r - C_p}{C_r} \quad (2.4.4) \text{ Equação}$$

O fator de concentração volumétrico (FCV) é também um parâmetro determinante do processo, uma vez que está diretamente ligado ao fluxo de permeado. Durante o processo de separação por membrana, a concentração da coalhada vai variar em função do volume de permeado recolhido, assim como em função da retenção de soluto pela membrana. O FCV é então definido por:

$$FCV = \frac{V_0}{V_f} = \frac{V_0}{(V_0 - V_p)} \quad (2.4.4) \text{ Equação}$$

Onde V_0 é o volume inicial da solução de alimentação, V_f o volume final da solução concentrada e V_p o volume de permeado recolhido.

2.4.5 Procedimentos adicionais

Após a separação do soro, a coalhada pode ser arrefecida a 10-20 °C e embalada, no caso do queijo quark, skyr, entre outros queijos frescos, como mostra o fluxograma da Figura 2. No caso de sobremesas do tipo Quark e creme de queijo, a coalhada é submetida a um novo processamento após o arrefecimento. Para obter uma sobremesa do tipo Quark, a coalhada é misturada, por exemplo, com frutas ou outros ingredientes de interesse, e depois arrefecida e embalada.

A coalhada de creme de queijo pode ser misturada com sal (0,5-1 %) e não mais de 0,5 % de estabilizantes (geralmente uma combinação de alguns dos seguintes: goma de alfarroba, goma guar, goma xantana, alginato de sódio e carragenina), num tanque com agitação. Frutas, ou outros ingredientes de interesse, também podem ser adicionados, como é o caso, por exemplo, das sobremesas tipo quark. De seguida, a mistura é submetida a um tratamento térmico e homogeneizada. O grau de calor e cisalhamento e a duração do cozimento têm uma grande influência na consistência do produto final (Fox et al., 2017). O aquecimento da coalhada do creme de queijo, a uma temperatura, por exemplo, 75-85 °C para promover uma maior separação de soro, e subsequente homogeneização do produto quente antes do enchimento, reduz o risco de defeitos como granulosidade e promove a cremosidade sensorial (Fox et al., 2017). Após a

homogeneização, o produto é arrefecido e, posteriormente, embalado. Este tipo de produto tem um prazo de validade de cerca de 2 a 3 semanas.

Por outro lado, a coalhada quente é bombeada para o dispositivo de embalagem e embalada enquanto quente. O prazo de validade do hot-pack é de cerca de 3 meses, a 4 - 8 °C (Singh e Tewari, 1990; Singh e Tewari, 1991; Guinee et al., 1993; Kosikowski e Mistry, 1999; Lucey, 2003).

2.5 Caracterização da matéria-prima e ingredientes do produto final

2.5.1 Leitelho

A Quescrem usa leitelho na formulação de alguns dos seus produtos, como alternativa ou complemento ao leite magro, como mencionado anteriormente. O leitelho assemelha-se ao leite desnatado em termos de composição, mas possui um teor de gordura ligeiramente superior. Uma vez que a gordura desempenha um papel importante na textura final do queijo, o leitelho surge como uma matéria-prima alternativa na elaboração de Quescrem Proteína.

Do processo que culmina com a produção da manteiga a partir da nata do leite, liberta-se o leitelho que contém todos os componentes solúveis da fase aquosa da nata original, como proteínas, lactose e minerais, além de material derivado da membrana dos glóbulos de gordura do leite, que é libertado durante a centrifugação da manteiga (Corredig e Dalglish, 1997). O desenvolvimento de técnicas tais como a ultrafiltração possibilitaram a produção comercial de leitelho, que é atualmente um ingrediente lácteo bastante utilizado na indústria alimentar (Heiler e Schieberle, 1997). De uma forma geral, o leitelho e o leite desnatado têm uma composição semelhante. As diferenças mais evidentes, para além do teor em matéria gorda, são ao nível da acidez e o conteúdo em fosfolípidos, como é possível verificar na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Comparação da composição do leitelho e leite desnatado (Martins 1978; Remini et al., 1988)

Componentes	Leitelho (%)	Leite Desnatado (%)
--------------------	---------------------	----------------------------

Água	91,0	90,9
Extrato seco	9,0	9,1
Matéria gorda	0,2 – 0,6	<0,5
Proteínas	3,2	3,4
Lactose	3,9	4,75
Ácido Láctico	0,6	-
Citratos	0,2	0,4
Outros sais	0,7	0,7
Densidade a 20°C	1,029	1,033
Acidez (°D)	50 – 70	16-18
Fosfolípidos	0,12 – 0,18	0,015 – 0,020

O leitelho contém mais fosfolípidos do que o leite, em consequência da migração dos fosfolípidos da membrana dos glóbulos de gordura e constituem cerca de um terço do peso seco (Mulder e Walstra, 1974). O alto teor de fosfolípidos no leitelho torna este ingrediente lácteo interessante para uso como ingrediente funcional devido às suas propriedades emulsionantes (Elling et al., 1996, Corredig e Dalgleish, 1998a, Wong e Kitts, 2003). Além disso, demonstrou-se que os fosfolípidos possuem atividade biológica. Alguns estudos demonstraram o potencial anticancerígeno dos fosfolípidos, especialmente contra o cancro do cólon (Dillehay et al., 1994, Schmelz et al., 1996, 1998), bem como o seu efeito protetor contra toxinas bacterianas (Rueda et al., 1998; Sprong et al., 2002). O uso de leitelho como matéria-prima dá origem a produtos de alto valor nutricional e valor funcional, com alta aceitabilidade do consumidor (Castro e Gerla, 2005; Rosenberg, 1995).

2.5.2 Ingredientes

Quescrem proteína, inicialmente foi idealizado para ser comercializado com sabor natural. Todavia, ao longo do projeto surgiu o interesse de testar outro tipo de sabores. Com o intuito de saber quais as combinações de sabores que poderiam acrescentar valor final ao produto, realizaram-se experiências em cada coalhada obtida com alguns ingredientes. Tendo em conta o conceito do produto desenvolvido e a fusão de sabores entre os ingredientes e o queijo, duas entre todas as combinações testadas apresentaram

resultados unânimes durante as provas comentadas. As duas versões mais apreciadas foram: gengibre; e chá verde matcha com stévia.

- Gengibre

A raiz do gengibre (*Zingiber officinale Roscoe, Zingiberaceae*) é uma das substâncias dietéticas mais consumidas (Surh, 1998). Bandyopadhyay et al. (2007) descobriram que o extrato de rizoma de gengibre exibiu grande atividade antioxidante, sendo uma boa alternativa aos antioxidantes comerciais. O gengibre pode, também melhorar a vida útil do alimento ao qual foi introduzido, devido à sua natureza antimicrobiana.

Um estudo levado a cabo por Mahmoud et al. (2012) demonstrou que a fortificação de queijo creme com gengibre causou aumento da firmeza, que se reflete numa maior suavidade. Em relação às propriedades sensoriais, o queijo creme com fortificação de extrato de gengibre tornou-se mais aceitável durante todo o armazenamento. O extrato de gengibre teve um impacto efetivo na preservação do queijo.

A utilização de gengibre como ingrediente na indústria de laticínios pode ser valiosa, não só devido às suas propriedades funcionais e organolépticas, mas também devido ao seu impacto nas propriedades tecnológicas do produto final.

- Chá verde matcha e stévia

O chá verde (produzido a partir de *Camellia sinensis*) é uma folha popular geralmente consumida como infusão com sabor agradável e com efeito positivo na saúde geral (Chacko et al., 2010). Os efeitos benéficos do consumo de chá verde estão associados a compostos polifenólicos que despertaram o interesse na indústria de alimentos. As folhas de chá verde são ricas em compostos bioativos, particularmente compostos fenólicos com atividade antioxidante.

O chá verde matcha é obtido a partir das folhas mais jovens, originadas de plantações protegidas da exposição solar. Após recolha, as folhas são trituradas muito lentamente num moinho de pedra, até que estejam reduzidas a pó. Este é mais concentrado que os outros chás provenientes da *Camellia sinensis*. Para além de ajudar no emagrecimento, o matcha tem outros efeitos positivos no organismo, como na redução dos níveis de colesterol, na prevenção do cancro, entre outros.

A stévia é um composto que ocorre naturalmente derivado do arbusto *Stevia rebaudiana Bertoni* da família *Asteraceae* (Tavarini et al., 2010). As folhas de stévia contêm os extratos de glicósido de steviol, steviosídeos e rebaudiosídeos (Jeppesen et al., 2006;

Tavarini et al., 2010). Atualmente, os laticínios de baixas calorias no mercado são geralmente adoçados artificialmente, por exemplo, com aspartame e acesulfame-k (Agri-Food Canada, 2011). No sentido de ir ao encontro de um conceito de produto final saudável e com ingredientes naturais, surge a ideia de incorporar stevia juntamente com o chá verde matcha, visando a obtenção de um produto com propriedades antioxidantes e com baixas calorias.

2.5.3 Aditivos

De forma a compensar o conteúdo em gordura do *Quescrem Proteína*, recorreu-se a uma das estratégias mais comuns, os substitutos de gordura (Sandrou e Arvanitoyannis, 2000). O uso de compostos substituintes da gordura tem sido crescentemente explorado com o intuito de resolver/melhorar as propriedades organolépticas e físicas do queijo. São produtos que visam reduzir o teor calórico dos queijos sendo estes diferenciados em substituintes e miméticos. Os substituintes de gordura são produtos com base lipídica contendo menos de 9 kcal/g, podendo mesmo chegar a 0 kcal/g no caso de não serem absorvidos; e os miméticos de gordura, que são ingredientes com base glucídica ou proteica que imitam as propriedades físicas e sensoriais dos óleos e gorduras, apresentando baixo teor energético (Bostany et al., 2011).

Na

Tabela 2.4 encontram-se alguns exemplos de polissacarídeos utilizados na indústria alimentar, com a respetiva fonte de extração.

Tabela 2.4 - Principais polissacáridos utilizados na indústria alimentar (Gomes de Castro, 2003; CAC, 1995)

Origem	Tipo	Nº E
Extratos de cereais ou tubérculos	Amidos	-
	amidos modificados	-
Extratos de subprodutos vegetais	Pectinas	E440
	goma xantana	E415
Exudados de microrganismos	goma gelana	E418
	Dextranos	-
Celulose	metilcelulose	E461
	carboximetilcelulose	E466
	hidroxipropilmetilcelulose	E464

Os amidos modificados são agentes espessantes e texturizantes. Estes produtos podem ser de milho, batata, tapioca ou arroz, cada um apresentando propriedades diferentes e indicados para produtos diferentes. Embora se possa utilizar o amido nativo como substituto de gordura, o amido modificado por hidrólise ácida ou enzimática é o mais utilizado para se obter as propriedades funcionais e sensoriais desejadas (Taggart, 2009).

Dentro dos miméticos de gorduras encontram-se compostos de base glucídica e proteica. Os imitadores de base glucídica são compostos derivados de cereais, grãos e plantas, incluindo complexos metabolizáveis e não metabolizáveis.

As gomas são moléculas de elevado peso molecular e carregadas negativamente, sendo utilizadas para aumentar a viscosidade a concentrações de 0,1 a 0,5 %, mas também são usadas como agentes estabilizantes e gelificantes. Em sistemas com substituição de gordura as gomas mais utilizadas são a goma guar, xantana, arábica e de alfarroba e ainda carragenanas (Taggart, 2009; Omayma, 2007)

Tendo em conta que o queijo em questão se trata de um queijo com um posicionamento dietético, a carboximetilcelulose de sódio (CMC) demonstrou ser a hipótese a considerar, por não ser metabolizada pelo organismo humano, não atuando como fonte de hidratos de carbono.

A CMC tende a ser usada como agente gelificante em produtos lácteos como o iogurte, pois este hidrocoloide pode reagir com a caseína perto do ponto isoelétrico, produzindo um complexo solúvel (Soukoulis et al., 2010). O ponto isoelétrico da caseína é próximo de 4,6 e para as proteínas do soro de leite, está entre pH 4,2 e 5,1. Devido à sua natureza aniônica, a CMC pode interagir com caseínas em sistemas de leite ácido a pH entre 3,5 e 5,5, formando complexos solúveis que permanecem estáveis durante o tratamento térmico e o armazenamento. Em água e sob forte agitação, forma uma rede tridimensional extremamente estável composta por milhões de partículas insolúveis, aumentando a estabilidade dos alimentos

Consequentemente, este polímero encontra possível uso em produtos como o iogurte com um nível de uso recomendado de 0,2 % a 0,5 % e quando o pH se encontre no intervalo 5 a 4,6. Estas condições exigem que o estabilizador seja adicionado no estágio final da fermentação. Se adicionado antes da fermentação, a aglomeração de proteínas, a separação do soro e outros defeitos são mais prováveis de ocorrer (Imeson, 1997).

Esta goma é compatível com uma grande variedade de outros ingredientes alimentares, particularmente proteínas, açúcares e outros hidrocolóides, onde a interação sinérgica pode ocorrer (Keller, 1986; Zhang, 2001).

2.7 Características físico-químicas

➤ Acidez e pH

O índice de acidez corresponde à quantidade de hidróxido de sódio necessário para neutralizar uma determinada solução. Este parâmetro, num alimento, influencia o seu sabor, odor, cor, estabilidade e manutenção da sua qualidade. Pelo que a sua caracterização é fundamental para o estabelecimento do seu prazo de validade e fatores de alteração do produto.

➤ Humidade

Esta determinação é fundamental para avaliar a quantidade de água num determinado produto, já que a presença de água em quantidades indesejáveis poderá ser um fator de alteração do alimento. A quantidade de água no produto afeta a sua segurança, qualidade, estrutura e deterioração do alimento.

➤ Textura

A textura é uma propriedade extremamente complexa, determinada por diferentes parâmetros inter-relacionados. Nos alimentos, os atributos de textura desempenham um papel importante nas decisões de compra e consumo, sendo assim um dos atributos dominantes na preferência dos consumidores (Gunasekaran e Ak, 2003).

A Organização Internacional de Normalização (ISO, 1992) define textura como o conjunto das propriedades reológicas e atributos estruturais de um alimento, percebidos por meios mecânicos, tácteis e, quando apropriados, os recetores auditivos e visuais (Alvarenga, 2000; Gunasekaran e Ak, 2003).

As propriedades do queijo que contribuem para a sua textura são divididas em três categorias:

- Mecânicas: relacionadas com a reação do produto a uma pressão, que compreendem a dureza, viscosidade, elasticidade e aderência;
- Geométricas: relacionadas com a forma e arranjo das partículas no queijo;
- De superfície: relacionada com as sensações, tais como as que são produzidas na cavidade bucal por água e/ou gorduras (Alvarenga, 2000; Fox et al.; 2000; Gunasekaran e Ak, 2003).

A textura do queijo depende da composição química e da força das interações entre os elementos estruturais que compõem a sua micro e macroestrutura. As propriedades texturais dos alimentos são a dureza, adesividade, coesividade, elasticidade, gomosidade

e mastigabilidade. No entanto, apenas a dureza, a adesividade e a coesividade foram avaliadas na formulação do processo de obtenção do Quescrem Proteína. A definição resumida destes três parâmetros encontra-se na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Descrição resumida dos parâmetros do teste de perfil de textura (TPA) utilizados

Propriedades texturais	Definição
Dureza	Força necessária para obter uma dada deformação (expresso em Newton, neste caso em MPa. $\text{MPa} = 1 \times 10^6 \text{ N} \times \text{m}^{-2}$)
Adesividade	Trabalho necessário para vencer as forças de atracão entre a superfície do alimento e as superfícies com as quais entra em contacto

➤ Reologia

O principal foco deste projeto é, de facto, a modificação da textura do queijo através de ajustes no processo e através de adição de CMC, como atrás descrito. Com o intuito de compreender estes fenómenos, tem sido feito um relacionamento dos elementos tácteis e mecânicos obtidos por análise sensorial com elementos alcançados por meios instrumentais. O uso de métodos reológicos tem sido fulcral para a avaliação dos elementos mecânicos da textura, uma vez que estes podem ser associados a teorias explicativas à escala molecular. A reologia é o estudo da relação entre forças exercidas sobre um material e a deformação deste, ao longo do tempo. A força externa por unidade de área aplicada a um material é designada de tensão (expressa em $\text{Pa} \equiv \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$).

No que toca à deformação, esta é medida pela alteração de um tamanho característico do material, como o comprimento (Rosenthal, 1999). Quando a tensão é aplicada a um material mecanicamente não homogéneo, que é o caso de muitos produtos alimentares, a sua deformação pode variar em diferentes partes do produto. Como tal, a deformação de produtos alimentares é determinada a partir da alteração da distância entre dois pontos relativos à distância original, após a aplicação da tensão.

De acordo com as propriedades reológicas, estes tipos de queijo podem ser considerados como redes de gel fracos (Lucey et al., 1997, van Vliet et al., 1991).

3. Metodologia

Neste capítulo será feita uma exposição dos métodos que permitiram a confeção de Quescrem Proteína. A primeira secção diz respeito ao processo de obtenção do produto final, onde se pode encontrar o fluxograma das três experiências realizadas, bem como a descrição detalhada das etapas que o constituem.

De seguida, foi elaborada uma exposição dos diferentes processos utilizados, salientando-se os objetivos e medidas para os atingir. A última secção é dedicada aos métodos físico-químicos utilizados.

3.1 Estudo do processo

O processo escolhido para a confeção de Quescrem Proteína trata-se de adaptação do processo do queijo quark, e do creme de queijo, ilustrado anteriormente na Figura 2.2. Na Figura 3.1 encontram-se esquematizados os três processos que deram origem ao processo final. Nas próximas secções serão discutidas as principais diferenças entre os processos aplicados, bem como as medidas que lhes deram origem.

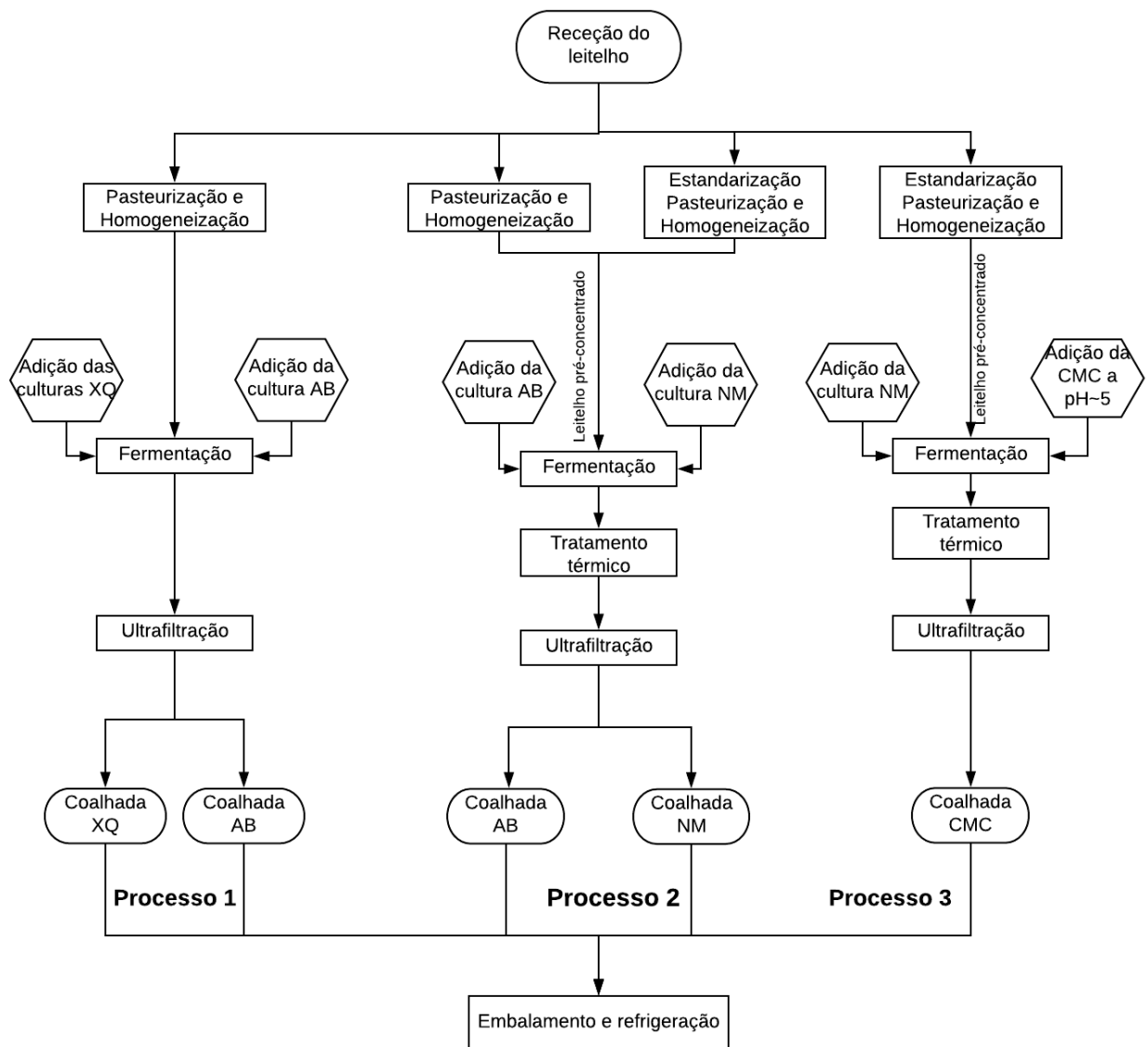


Figura 3.1 - Fluxogramas dos processos 1, 2 e 3 utilizados na obtenção da coalhada.

3.1.1 Estandarização, pasteurização e homogeneização

O processo para a obtenção da coalhada, inicia-se com a receção do leiteiro, que é transportado em camiões com temperatura e humidade controlada. Após a sua receção, ele é armazenado na câmara frigorífica até que se inicie o processo. O leiteiro sofre estandarização, pasteurização e homogeneização, num circuito fechado na planta da INNOLACT. As três operações foram aplicadas ao Processo 2, no caso da coalhada NM, e ao Processo 3. No caso do Processo 1 e da coalhada AB do Processo 2, não houve pré-concentração do leiteiro, tendo sido aplicados apenas a pasteurização e homogeneização.

Na standardização, o leite flui, sob pressão, através da membrana, a qual retém parte das proteínas e gorduras por apresentarem pesos moleculares muito superiores aos da lactose e dos sais minerais (compostos permeados através da membrana), sofrendo um processo de concentração.

Antes que o leite prossiga para a pasteurização, são retiradas três amostras, que são analisadas no lactoscópio e é também medido o extrato seco. Desta forma, é possível garantir que o fator de concentração da ultrafiltração está a ser, corretamente, cumprido. Uma vez confirmados os parâmetros previamente estabelecidos, o leite pré-concentrado será pasteurizado e, de seguida, homogeneizado. Terminado o processo, o leite resultante é transferido para recipientes de 10 L e estes transportados para a câmara frigorífica.

3.1.2 Fermentação

Na manhã seguinte, os recipientes contendo o leite são transportados para a Aula de Productos Lácteos y Tecnologías Alimentarias, Universidade de Santiago de Compostela. O leite é transferido para o fermentador, ilustrado na Figura 3.2, e é aquecido até estar pronto para adicionar a cultura de arranque. Esta vai produzir ácido láctico, diminuindo o pH consecutivamente. O pH e respetiva acidez são controlados durante toda a fermentação, recolhendo-se amostras para avaliar o seu estado de evolução.



Figura 3.2 - Fermentador agitado com camisa de aquecimento, com capacidade de 1000 L.

3.1.3 Adição de CMC

Esta etapa é exclusiva do processo 3, sendo este o processo que se revelou mais adequado ao tipo de produto pretendido. Quando se atinge $\text{pH} \approx 5$, são retirados alguns litros de coalhada para um misturador, ao qual também a CMC é adicionada, sem aquecimento. De seguida, essa solução é transferida para o fermentador e é acionada a agitação do mesmo, para que a restante coalhada se misture com a solução de CMC. É necessário que se garanta uma mistura perfeitamente homogénea, pois, caso contrário, é possível que haja depósito de fragmentos de CMC no fundo do fermentador.

3.2.4 Tratamento térmico

Como é possível observar na Figura 3.1, nos processos 2 e 3 foi aplicado um tratamento térmico após a fermentação. Uma vez que o valor de pH final foi inferior ao pH objetivo, para as amostras obtidas no processo 1, houve a necessidade de determinar um tratamento térmico para aplicar após a fermentação nas restantes abordagens.

O tratamento térmico foi aplicado assim que o pH atinge um valor próximo de $4,75 \pm 0,5$. Toda a coalhada é submetida a $60\text{ }^\circ\text{C}$ durante 10 min e com agitação, de forma a inativar a cultura bacteriana e, por sua vez, estabilizar o valor de pH, sendo depois arrefecida até $50\text{ }^\circ\text{C}$.

3.1.5 Ultrafiltração

De seguida, a coalhada é retirada do fermentador e transferida para a ultrafiltração que se encontra ilustrada pela Figura 3.3, onde irá sofrer a última concentração e consequente libertação do soro. Utilizou-se uma membrana mineral de 50 nm de tamanho de poros.



Figura 3.3 - Ultrafiltração por membranas da Aula de Productos Lácteos Tecnologías Alimentarias da Universidade de Santiago de Compostela

3.1.6 Embalamento e armazenamento refrigerado

As embalagens contendo a coalhada são transportados da Aula de Productos Lácteos y Tecnologías Alimentarias para as instalações da Innolact e armazenadas à temperatura de refrigeração.

3.1.7 Tratamento da coalhada

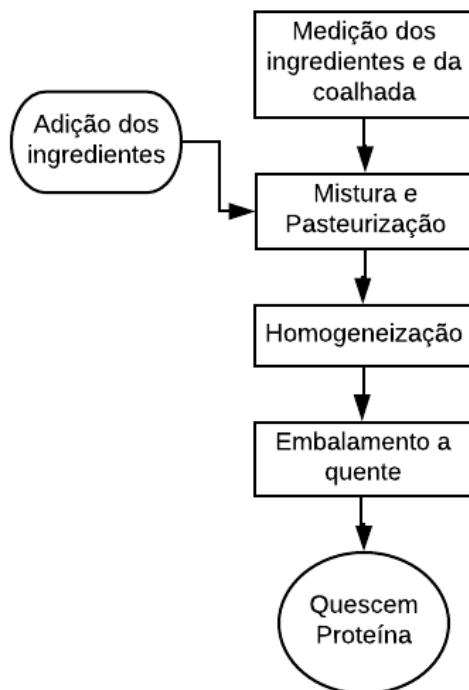


Figura 3.4 - Etapas que constituem o tratamento da coalhada

A coalhada é medida diretamente para um robot de cozinha, com auxílio de uma balança previamente tarada. Os ingredientes são igualmente medidos. A Figura 3. esquematiza o processo. A coalhada é aquecida, com agitação de 40 rotações por minuto (rpm) até aproximadamente 40 °C. Atingida esta temperatura, são adicionados os ingredientes e toda a mistura é aquecida, durante 1 minuto, à temperatura de pasteurização (ver de seguida), com a mesma agitação. Esta etapa teve lugar num robot de cozinha como o apresentado na Figura 3.5.

Foram testados diferentes intervalos de temperatura de pasteurização, que se encontram na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Intervalos de temperatura de pasteurização utilizados

Temperatura (°C)	Código
65-68	T1
68-70	T2
70-72	T3

Assim que toda a coalhada seja pasteurizada à temperatura definida é transferida para um homogeneizador. Toda a coalhada é, então, homogeneizada entre 90 a 100 bar.

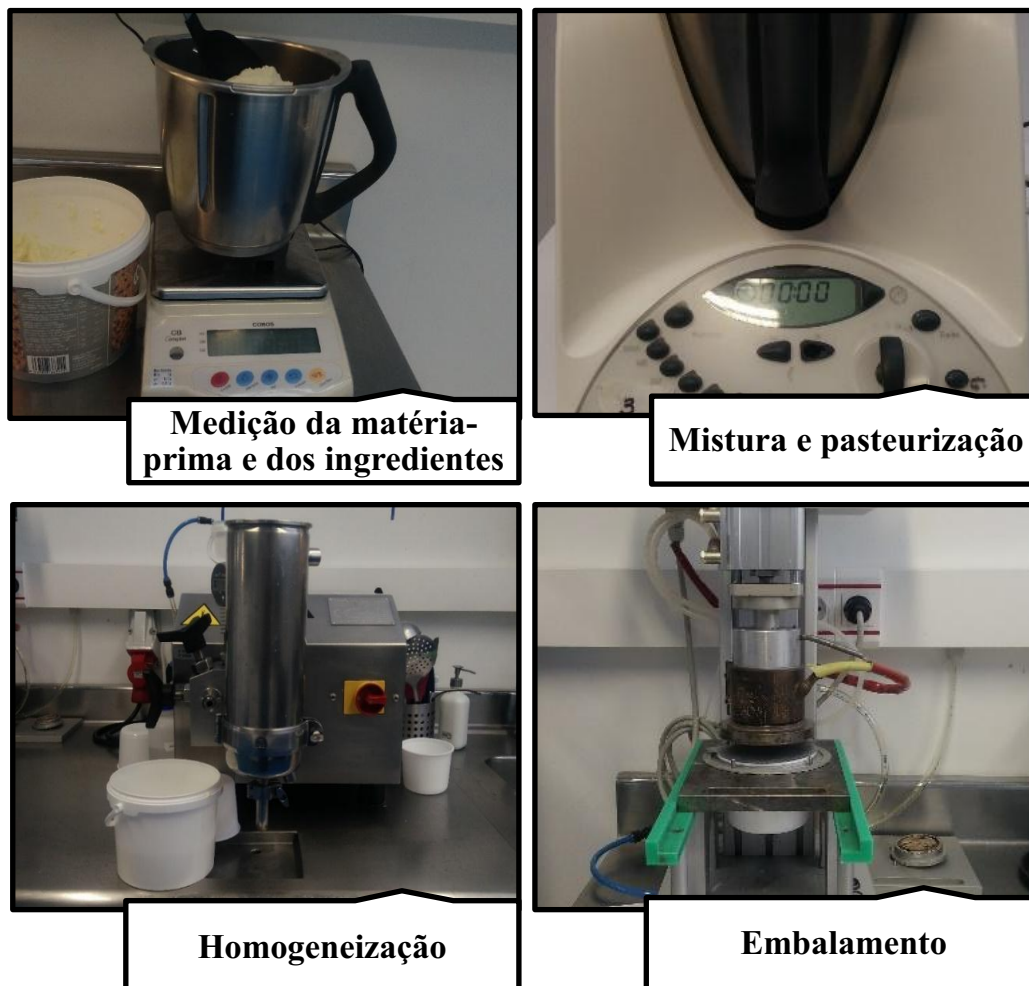


Figura 3.5 - Esquema dos procedimentos necessários ao tratamento da coalhada: Medição da matéria prima e ingredientes; Mistura e pasteurização; Homogeneização; Embalamento.

A coalhada é recolhida à saída do homogeneizador e embalada, ainda quente. A última imagem da Figura 3. ilustra o momento de selagem das embalagens. De seguida, as embalagens são deixadas à temperatura ambiente até que a sua temperatura seja próxima dos 15 °C, e de seguida são refrigeradas.

3.2 Estudo das culturas mesófilas e termófilas - Processo 1

Objetivos:

- Averiguar qual o tipo de cultura mais adequada ao queijo em estudo;
- Estudar o impacto da adição de kefir, inulina, pectina, carragenato e inulina + pectina na textura final.

3.2.1 Condições do processo obtenção da coalhada

Na primeira abordagem à conceção deste produto, foram elaborados dois tipos de coalhada. O processo seguiu o esquema da Figura 3.1, nomeadamente o processo 1. A coalhada XQ foi fermentada através de uma cultura de microrganismos mesófilos, constituída por uma mistura de bactérias dos géneros *Lactococcus* e *Leuconostoc*. Por sua vez, na coalhada AB recorreu-se a uma cultura termófila mista, contendo bactérias do género *Bifidobacterium*, *Streptococcus* e *Lactobacillus*. As condições de fermentação iniciais e finais encontram-se na Tabela 3.2, bem como as condições de ultrafiltração, com fator de concentração calculado de forma a obter $12 \pm 0,5$ % em proteína.

Tabela 3.2 - Condições do processo de obtenção das coalhadas XQ e AB pelo
Processo 1

	Condições de Fermentação	Fim da fermentação	Ultrafiltração
Cultura			
mesófilos	T = 23-24 °C	pH = $4,80 \pm 0,05$	T = 40°C
XQ	t = 12-14 h	Acidez = 75 ± 5 °D	FCV estimado = 4,6
Cultura			
termófilos	T = 42-43 °C	pH = $4,80 \pm 0,05$	T = 40 °C
AB	t = 4-6 h	Acidez = 75 ± 5 °D	FCV estimado = 4,6

3.2.2 Condições do tratamento da coalhada

Após a obtenção das coalhadas XQ e AB do processo 1, procedeu-se ao seu tratamento, segundo o esquema da Figura 3.4.

Os ingredientes testados nas coalhadas XQ e AB encontram-se na Tabela 3.3. Após a adição dos ingredientes, a mistura foi pasteurizada no intervalo de temperatura T1, de acordo com a Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Ingredientes testados em cada tipo de coalhada

Amostras	Ingredientes
XQ T1	Sem ingredientes
XQ T1	Inulina
XQ T1	Inulina+Pectina
XQ T1	Carragenato
AB T1	Sem ingredientes
AB T1	Inulina
AB T1	Inulina+Pectina
AB T1	Carragenato

3.3 Uso de leite pré concentrado vs adição de proteína em pó -Processo 2

Objetivos:

- Avaliar qual o método de incremento da concentração em proteína mais adequado;
- Averiguar qual o tipo de cultura mais adequada, ao queijo em estudo, entre duas culturas termófilas;
- Estudo do impacto da adição de pectina, amido nativo e amido modificado na textura.

3.3.1 Determinação do tratamento térmico

Antes de pôr em prática o processo 2 da Figura 3.1, realizaram-se dois testes à escala laboratorial com as culturas AB e NM, de forma a simular a etapa de fermentação, como é possível observar na Figura 3.6. A intenção passava por verificar o conjunto de tempo-temperatura mais eficaz a aplicar após a fermentação, de forma a inativar as bactérias e, conseqüentemente, manter o pH constante.

Cerca de 2 L de leite homogeneizado foram aquecidos e inoculados com culturas AB, no primeiro ensaio, e com cultura NM no segundo ensaio, de acordo com a Figura 3. De seguida, o recipiente foi mantido numa estufa, sob a temperatura de crescimento apropriada. Assim que atingiu $\text{pH } 4,75 \pm 0,05$, aqueceu-se o leite fermentado a $60\text{ }^\circ\text{C}$ durante 5, 10 e 15 minutos. Cada amostra foi transferida para uma estufa a $50\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura utilizada na ultrafiltração, e o pH foi medido e registado de 15 em 15 minutos, durante as seis horas seguintes.

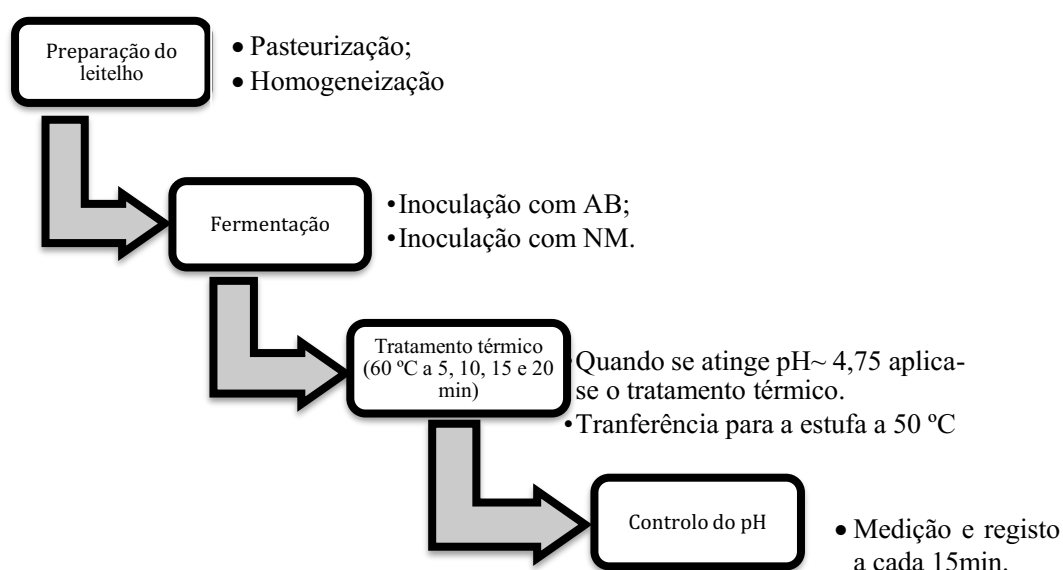


Figura 3.6 - Esquema do ensaio laboratorial para determinar o tratamento térmico após a fermentação.

3.3.2 Condições do processo obtenção da coalhada

A segunda abordagem à conceção deste queijo seguiu o esquema do processo 2 da Figura 3.1. Numa das coalhadas, utilizou-se uma cultura NM constituída por uma mistura de bactérias dos géneros *Lactococcus* e *Leuconostoc*. Por sua vez, uma segunda coalhada controlo foi obtida por inoculação com culturas AB, já referida na secção 3.2.

Na coalhada AB, adicionou-se uma proteína em pó especial para iogurte, enquanto que, na coalhada NM fez-se uma pré concentração do leite. Após a fermentação, ambas as coalhadas foram submetidas a ultrafiltração de forma a obter a concentração final de 12% em proteína.

As condições de fermentação iniciais e finais encontram-se na Tabela 3.4, bem como as condições de ultrafiltração.

Tabela 3.4 - Condições do processo de obtenção das coalhadas AB e NM pelo

Processo 2

	Condições de Fermentação	Fim da fermentação	Ultrafiltração
Cultura termófilos	T= 39-42 °C	pH = 4,80 ± 0,05 Acidez = 75 ± 5 °D	T = 50 °C.
AB + Proteína em pó	t = 5-6 h	Aplicação do tratamento térmico (60 °C durante 20 min)	FCV estimado = 2,54
Cultura termófilos	T= 42-43 °C.	pH = 4,80 ± 0,05 Acidez = 75 ± 5 °D	T = 50 °C.
NM com leiteiro pré concentrado	t = 4-5 h	Aplicação do tratamento térmico (60 °C durante 15min)	FCV estimado = 2,54

3.3.3 Aditivos tratamento da coalhada

Após a obtenção das coalhadas e seguindo o esquema da Figura 3.4, testou-se os seguintes aditivos nas coalhadas AB e NM de acordo com a Tabela 3.5. Novamente, todas as amostras com ingredientes foram submetidas à pasteurização T1.

Tabela 3.5 - Ingredientes testados em cada tipo de coalhada AB e NM.

Amostras	Ingredientes
AB-T2	Sem ingredientes
AB T3	Sem ingredientes
AB-T1	Amido de milho nativo
AB-T1	Amido de milho modificado
AB-T1	Pectina
NM-T1	Sem ingredientes
NM-T3	Sem ingredientes
NM-T1	Amido de milho nativo
NM-T1	Amido de milho modificado
NM-T1	Pectina

3.3.4 Avaliação dos sabores

Por último, esta abordagem também teve como objetivo identificar os sabores mais apropriados ao conceito em desenvolvimento. O processo utilizado no teste com ingredientes foi em concordância com o esquema da Figura 3.4. Os ingredientes utilizados nesta abordagem experimental são os seguintes:

- Preparado de baunilha;
- Gengibre;
- Chá verde macha;
- Stévia;
- Aromas: chá; maçã verde; chocolate; chocolate branco; baunilha e menta.

3.4 Avaliação do impacto da adição de CMC - Processo 3

Objetivos:

- Avaliar o impacto da adição de CMC;
- Continuação do estudo de sabores do produto final;
- Estudar aplicações para o produto final.

3.4.1 Determinação da aplicação de CMC

Para perceber como aplicar CMC no processo, efetuou-se um teste à escala laboratorial, inoculando-se 2 L de leite, previamente pasteurizado e homogeneizado, com uma cultura NM, de acordo com a Figura 3.7.

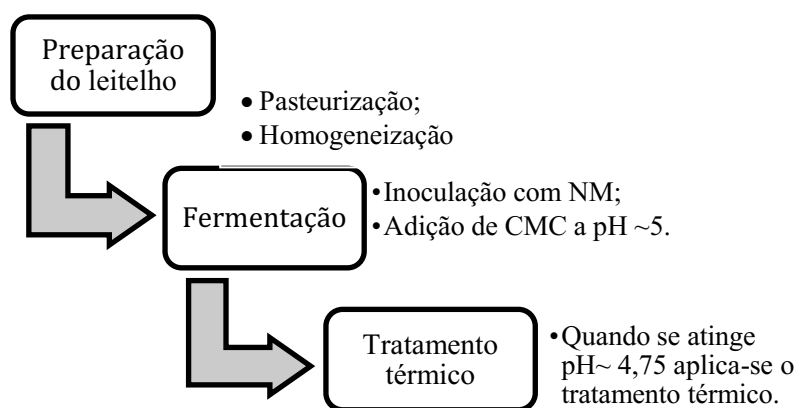


Figura 3.7 - Esquema do ensaio laboratorial com CMC.

3.4.2 Condições do processo obtenção da coalhada

A terceira abordagem à conceção deste queijo seguiu o esquema da Figura 3.1, nomeadamente o processo 3. Utilizou-se leite pré concentrado que foi fermentado com as culturas NM. Quando se atingiu pH 5, 3 L de coalhada foram retirados, misturados com CMC e novamente adicionados ao fermentador. A coalhada resultante foi submetida a ultrafiltração de forma a obter a concentração final de 12% em proteína.

As condições de fermentação iniciais e finais encontram-se na Tabela 3.6, bem como as condições de ultrafiltração.

Tabela 3.6 - Condições do processo de obtenção da coalhada NM+CMC pelo
Processo 3

	Condições de Fermentação	Fim da fermentação	Ultrafiltração
Cultura	T= 39-42 °C.	pH = 4,85 ± 0,05	T = 40 °C.
termófilos	t = 3-4 h	Acidez = 75 ± 5 °D	FCV estimado =
AB +	Quando pH ≈5, retirar	Aplicação do tratamento	2,54
Proteína em	3L da coalhada,	térmico (60 °C durante 15	
pó	misturar com CMC e voltar a adicionar no fermentador	min)	

3.4.3 Avaliação dos sabores

Pretendeu-se continuar o estudo dos sabores. O processo utilizado no teste com ingredientes foi em concordância com o esquema da Figura 3.. Utilizou-se a seguinte lista de ingredientes:

- Preparado de baunilha;
- Aloé Vera;
- Gengibre;
- Chá verde macha com stevia;

3.4.4 Determinação de aplicações com o produto final

Efetou-se um levantamento de possíveis aplicações culinárias nutritivas com Quescrem Proteína, de forma a avaliar a sua versatilidade. Na tabela 3.7 encontram-se as receitas selecionadas e realizadas.

Tabela 3.7 - Aplicações com os vários sabores de *Quescrem Proteína*, com a respetiva formulação.²

Produto	Ingredientes	Formulação
Parfait de morangos	1 <i>Quescrem Proteína</i> natural; Granola a gosto; 50 g de morangos.	Cortar os morangos e adiciona-los numa taça juntamente com o queijo, em camadas.
Pudim de chia	1 <i>Quescrem Proteína</i> natural; 2 colheres de chia 1 colher de sumo de limão; Meia taça de framboesas.	Misturar todos os ingredientes numa taça e deixar no congelador por 1h. Posteriormente, cobrir com framboesas.
Granizado	1 <i>Quescrem Proteína</i> chá verde e stevia (200g); 50 ml de chá verde; 90 g morangos; 150 g gelo.	Misturar todos os ingredientes numa trituradora na velocidade máxima por até que se crie espuma na superfície.
Cestas e barras de cereais	1 <i>Quescrem Proteína</i> gengibre; 12 g mel; 40 g de granola; 20 g de frutos secos; 20 g de aveia; 30cg de manteiga; 10 g chia; 10 g linhaça	Adicionar todos os ingredientes numa panela, aquecida a temperatura média e mexer até formar uma pasta. Numa forma de cupcake ou num tabuleiro colocar a mistura e repousar no frigorífico durante 30 minutos.

3.5. Caracterização físico-química

3.5.1 Medição da textura

As amostras foram retiradas do frigorífico, após 12 horas de estabilização. As medições foram feitas em duplicado para cada amostra, à temperatura de 10 °C. Efetuou-se um teste de penetração com o equipamento Brookfield CT-3 Texture Analyzer que se encontra na Figura 3.8, com o uso da sonda em forma de dente “Voled Jaws”, fixando uma penetração parcial da amostra correspondente a 15 mm da altura, durante 1 s resultando numa velocidade 15 mm/s. O valor de trigger point de 10 g. As variáveis registradas foram a firmeza e adesividade, a partir das curvas obtidas mediante o TexturePro CT Software.



Figura 3.8 - Equipamento Brookfield CT-3 Texture Analyzer

As forças são aplicadas ao produto de forma controlada e é feito o registo da sua resposta na forma de força, deformação e tempo. A firmeza representa a resistência máxima

oferecida pelo material à sonda nas condições mencionadas, o que no gráfico da Figura 3.9, corresponde à força máxima correspondente ao primeiro pico.

A adesividade é uma propriedade característica de determinados materiais aderentes e poderá ser definida como a resistência do material ao retrocesso da sonda. Este parâmetro é dado pela área negativa do gráfico (N x m), como é possível observar na Figura 3.8, que representa o trabalho necessário para remover a sonda do interior da amostra (Raymundo, 2003). Este parâmetro é calculado por integração da área negativa.

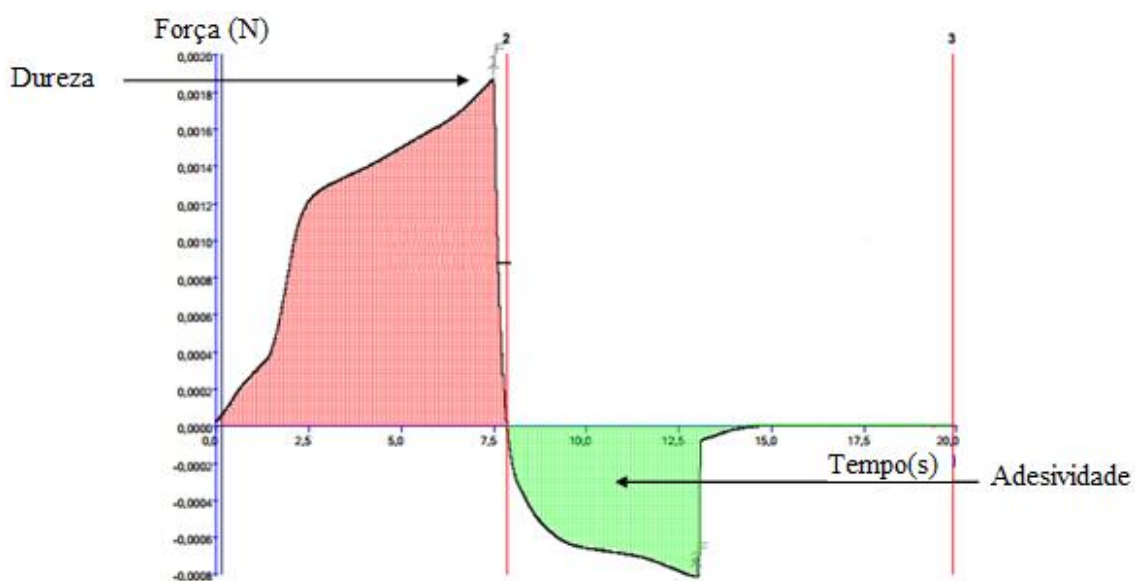


Figura 3. 9- Gráfico do teste de perfil de textura (TPA), dado pela força (N) aplicada ao longo do tempo (s).

3.5.2 Reologia

As propriedades reológicas foram avaliadas num reômetro (Rheostress 1, Thermo Haake™) no modo oscilatório. O sistema de medição foi efetuado em um cone e prato geométrico, C60 / Ti - 0,052 mm (35 mm de diâmetro e 1° de ângulo).

A amplitude do teste deve ser pequena o suficiente para que o material não seja alterado pela força aplicada, o que significa que o teste é realizado na faixa viscoelástica linear (LVR). A abordagem padrão para encontrar a LVR é executar uma varredura de torque e identificar a área linear na curva. Uma vez que a LVR é estabelecida, uma varredura de frequência pode ser executada usando uma força que não irá quebrar a estrutura.

3.4.2 Composição da coalhada

A caracterização da coalhada é feita através espectroscopia de Infravermelhos próximo (Near-infrared spectroscopy NIR). Este método é caracterizado por uma análise rápida (1 minuto ou menos por amostra), não destrutiva, não invasiva, com alta penetração do feixe de radiação, adequada para uso em linha, aplicação quase universal (qualquer molécula contendo ligações C-H, N-H, S-H ou O-H). Para executar a análise, é necessário misturar bem a amostra, a 10 °C, na cápsula apropriada, que por sua vez é introduzida é introduzida no equipamento, que se encontra a Figura 3.10.

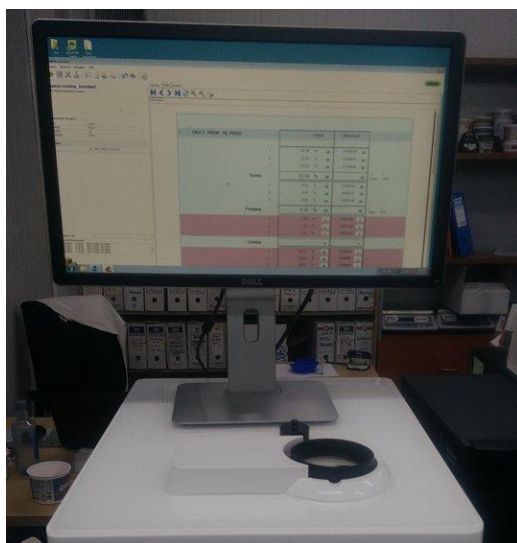


Figura 3.10 - Espectroscopia de Infravermelhos próximo

3.5.3 Teor de matéria gorda da coalhada

O teor em matéria gorda foi determinado segundo a técnica de Van Guilik (NP-2105, 1983). Esta técnica consiste num processo de separação da matéria gorda da amostra por centrifugação no butirómetro. A separação da matéria gorda é facilitada pela adição de uma pequena quantidade de álcool isoamílico. Os resultados são expressos em percentagem. Para a determinação de teor de matéria gorda, usou-se 3 g de amostra, quantidade necessária para representar o queijo em estudo. A Figura 3.11 ilustra os butirómetros após centrifugação.



Figura 3.11- Representação da Técnica de Van Gulik NP-2105,1983

3.4.4 Determinação da acidez e pH

A determinação da acidez foi efetuada pelo método titulométrico. Assim, uma amostra de 10 g de queijo diluída em 10 mL de água, é titulada com uma solução de NaOH 0,1 M, sendo o resultado expresso em percentagem de ácido láctico. Na Figura 3.12 encontra-se o material utilizado.

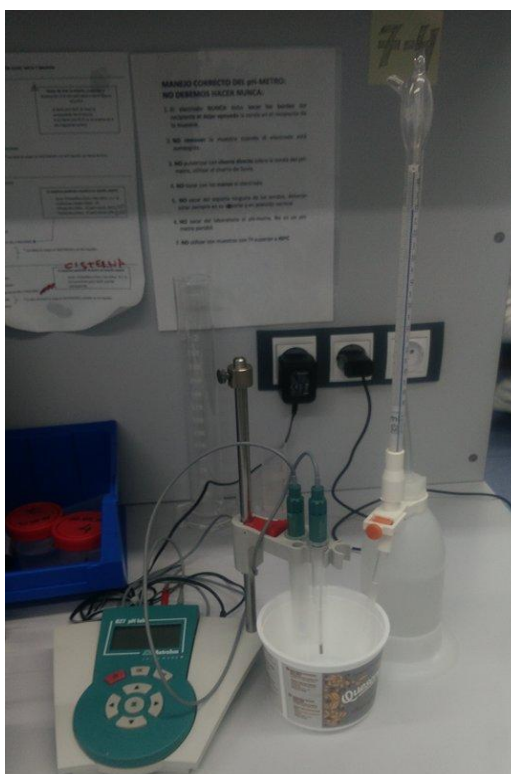


Figura 3.12 – Medidor de pH e bureta com solução de NaOH para medir a acidez.

3.4.5 Teor em humidade

Os medidores de extrato seco, tal como o ilustrado na Figura 3.13, estão concebidos para determinar a quantidade de matéria seca que fica após um processo de secagem com energia infravermelha da substância total previamente pesada. Durante o processo de secagem pode seguir-se no ecrã do medidor de extrato seco, a diminuição do conteúdo em humidade.



Figura 3.13 - Medidor de extrato seco.

3.5.6 Provas comentadas

No final de todas as experiências no laboratório de I+D, cada amostra era avaliada e comparada pelo painel de provadores do Departamento. Todos provavam cada amostra e davam o seu parecer em termos de sabor, textura e consistência, dizendo, também, a sua preferência entre as amostras. É importante salientar que estas provas não têm validade em termos de análise sensorial. Porém, todos os participantes nestas provas são membros do painel de provadores da Quescrem.

Os comentários de cada membro eram registados e, juntamente com os dados laboratoriais, procedia-se a uma pesquisa de possíveis ações que pudessem contornar os

problemas sensoriais encontrados. Essas ações eram, então, discutidas em conjunto, nas reuniões que antecedia um novo ensaio.

4. Apresentação e discussão dos resultados

Este capítulo diz respeito aos resultados e discussão das medições efetuadas nos três processos estudados. Para cada coalhada obtida, foi feita a caracterização de textura, ao nível da dureza e adesividade, bem como a caracterização físico-química (matéria gorda, acidez e pH) e reológica, de forma a encontrar o processo que produzisse melhor impacto no produto final.

4.1 Estudo das culturas mesófilas e termófilas - Processo 1

4.1.1 Controlo do processo obtenção da coalhada

➤ Controlo pH e acidez

Os resultados de acidez alcançados durante a fermentação e a ultrafiltração do Processo 1 com culturas XQ e AB, encontram-se nas Figuras 4.1 e 4.2, respetivamente, sob a forma de gráficos.

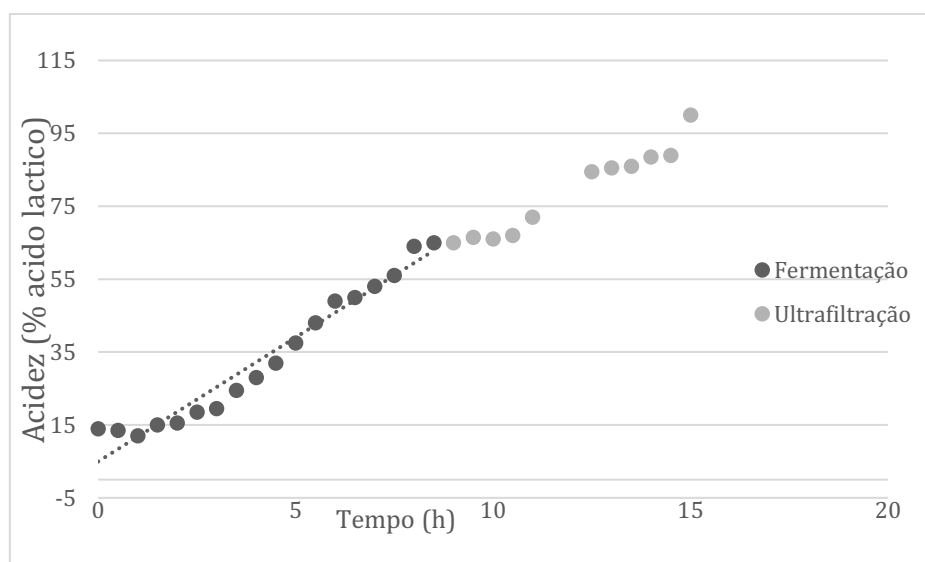


Figura 4.1 Evolução da acidez ao longo da fermentação e ultrafiltração com as culturas XQ.

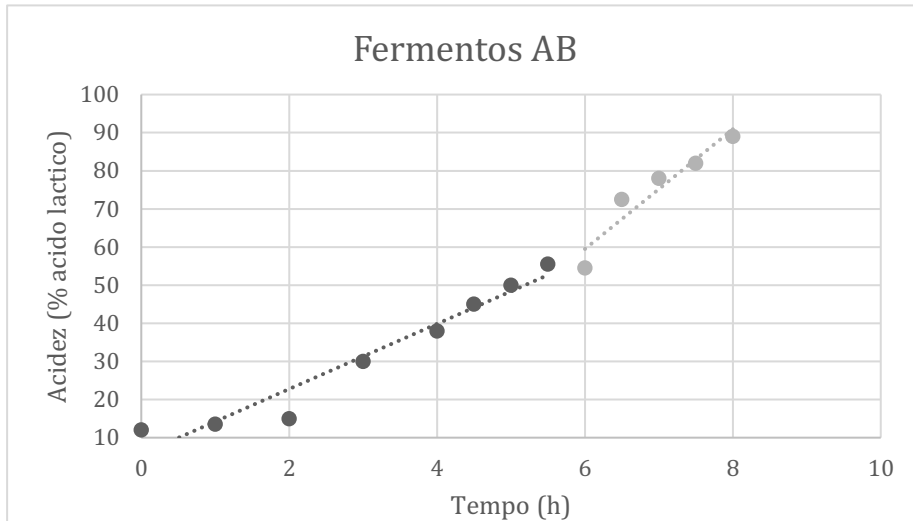


Figura 4.2 - Evolução da acidez ao longo da fermentação e ultrafiltração com culturas AB.

➤ Monitorização da Ultrafiltração

A evolução do fluxo do permeado e do fator de concentração volumétrico à pressão submetida ao longo da ultrafiltração da coalhada XQ e da coalhada AB podem ser observadas na Figura 4.3 e Figura 4.4, respetivamente.

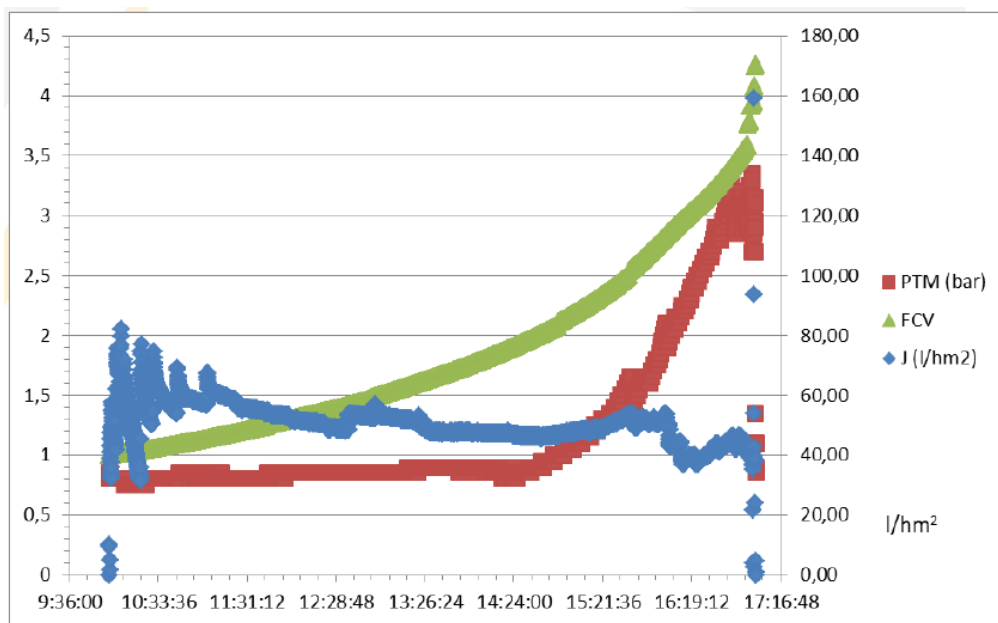


Figura 4.3 – Evolução do fluxo de permeado, L/hm² (◆) e do fator de concentração volumétrico (▲), à pressão submetida, em bar, (■), ao longo da ultrafiltração da coalhada XQ.

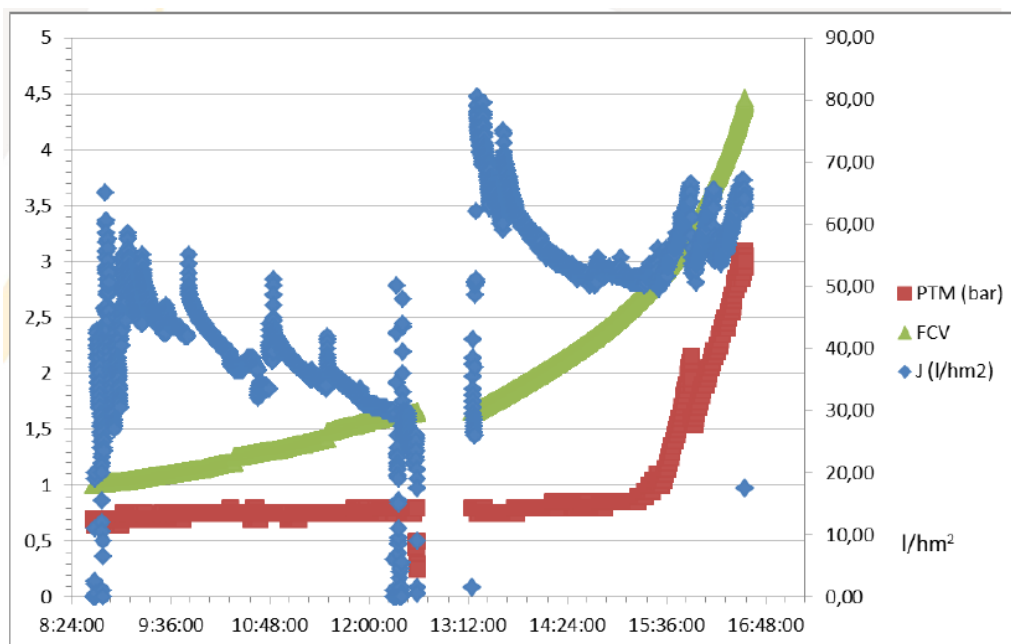


Figura 4.4 - Evolução do fluxo de permeado, L/hm² (◆) e do fator de concentração volumétrico (▲), à pressão submetida, em bar, (■), ao longo da ultrafiltração da coalhada AB.

Na ultrafiltração da coalhada AB foi necessário realizar uma limpeza intermédia a meio da concentração, devido ao caudal de permeado obtido na primeira parte da concentração ser anormalmente baixo. Depois da limpeza, o caudal aumentou ligeiramente o que permitiu finalizar a filtração com o fator de concentração volumétrico desejado.

4.1.2 Caracterização físico-química

➤ Caracterização química das coalhadas

Foi realizada a caracterização química das coalhadas XQ e AB, obtidas pelo processo 1, os seus resultados encontram-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Caracterização química das coalhadas XQ e AB

Coalhada	pH	Acidez	Composição	Extrato seco
XQ	4,59±0,05	127,79±2,0	Gordura = 2,61% Proteína = 11,87%	17,30%
AB	4,11±0,06	141,63±2,0	Gordura = 2,21% Proteína = 12,45%	17,24%

Os dois tipos de coalhada apresentam composições semelhantes. Contudo, os valores de pH registados na coalhada AB são inferiores aos da coalhada XQ, consideravelmente. Consequentemente, a coalhada AB apresenta resultados de acidez superiores à coalhada XQ.

➤ Textura

Para analisar a textura do queijo, foram efetuadas três medições aos queijos com culturas XQ e com AB do processo 1. Para cada queijo foram determinadas duas das características que permitem avaliar a textura do queijo: a dureza e adesividade. A média das medições realizadas para cada tipo de queijo (sem adição de ingredientes, inulina, kefir, carragenato, inulina+pectina e pectina) e respetivos desvios padrão, são apresentados na Figura 4.5.

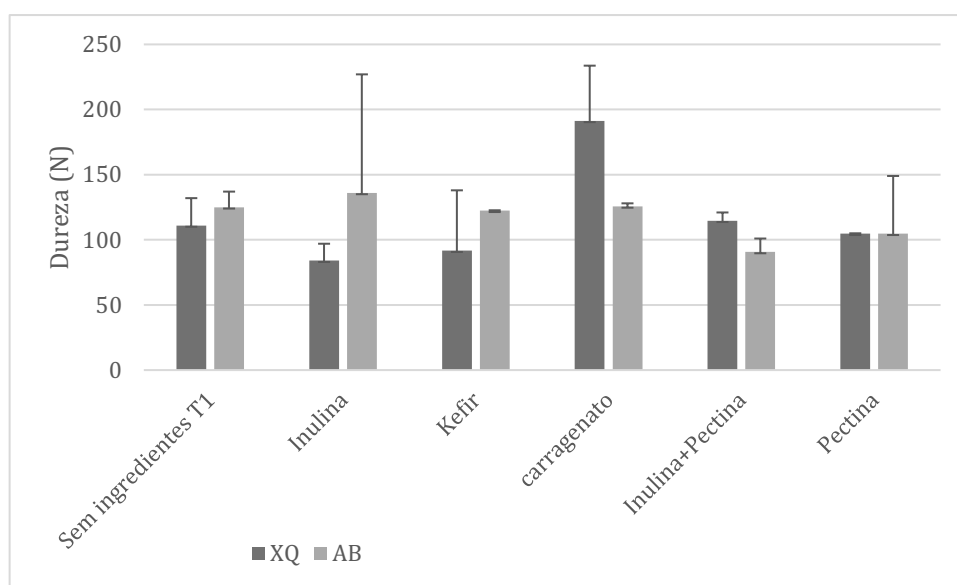


Figura 4.5 – Dureza média dos queijos com culturas XQ e com AB do processo 1, (sem adição de ingredientes, inulina, kefir, carragenato, inulina+pectina e pectina) e respetivos desvios padrão.

Observando a Figura 4.5, pode-se verificar que a coalhada AB apresenta valores médios de dureza superiores à coalhada XQ para as amostras sem ingredientes, com inulina e com kefir. A dureza da coalhada XQ foi mais afetada pela adição do carragenato e pela adição de inulina + pectina. Por último, a adição de pectina influenciou praticamente da mesma forma os dois tipos de coalhada.

A coalhada AB apresenta valores de dureza superiores aos de XQ, nas amostras dos queijos sem ingredientes. Esta diferença pode ser resultado do valor de pH, uma vez que, a coalhada AB apresentou um valor inferior ($\text{pH} = 4,1075 \pm 0,06$) ao da coalhada XQ ($\text{pH} = 4,589 \pm 0,05$). Uma maior acidificação resulta em maiores concentrações de iões H^+ , e assim as forças repulsivas existentes entre as micelas de caseína diminuem, o que provoca uma maior agregação, tornando o queijo mais firme (FOX et al., 2000).

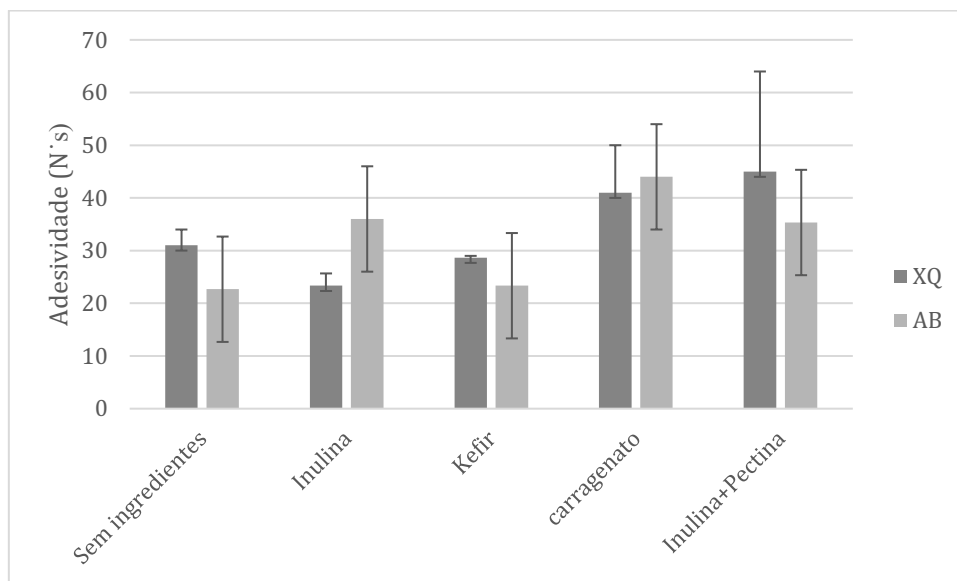


Figura 4.6 - Adesividade média dos queijos com culturas XQ e com AB do processo 1, (sem adição de ingredientes, inulina, kefir, carragenato, inulina + pectina) e respetivos desvios padrão

Os queijos da coalhada XQ apresentaram valores superiores de adesividade, com a exceção dos queijos com adição de carragenato e inulina, que tomam valores superiores nos queijos AB, como mostra a Figura 4.6.

Como mencionado na secção 4.1, a coalhada XQ foi fermentada através de uma cultura de microrganismos mesófilos, constituída por bactérias dos géneros *Lactococcus* e *Leuconostoc*, e na coalhada AB recorreu-se a uma cultura termófila mista, contendo bactérias do género *Bifidobacterium*, *Streptococcus* e *Lactobacillus*.

Um estudo realizado por Oliveira (2015), observou que a cultura utilizada composta por *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* proporcionou ao queijo uma menor adesividade, enquanto a cultura termófila composta de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Lactobacillus helveticus* e a cultura mista composta de *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e

Lactococcus lactis subsp. cremoris proporcionaram queijos petit suisse com maior adesividade.

Maruyama et al. (2006) também constataram que queijos com maior dureza apresentaram maior adesividade. Contudo, como é possível observar na Figura 4.6, a coalhada XQ apresentou uma média de adesividade superior à média obtida na coalhada AB. Silva (2013) afirma que a adesividade apresenta alta variabilidade, não sendo possível mensurá-la com precisão. Como tal, é possível que possa ter havido algum desvio nos resultados.

➤ Reologia

Os resultados obtidos pela análise da reologia, para cada coalhada XQ e AB, encontram-se representados nos gráficos das Figura 4.7 e Figura 4.8. Também se encontram representados nos mesmos gráficos os resultados de reologia dos ingredientes para cada coalhada.

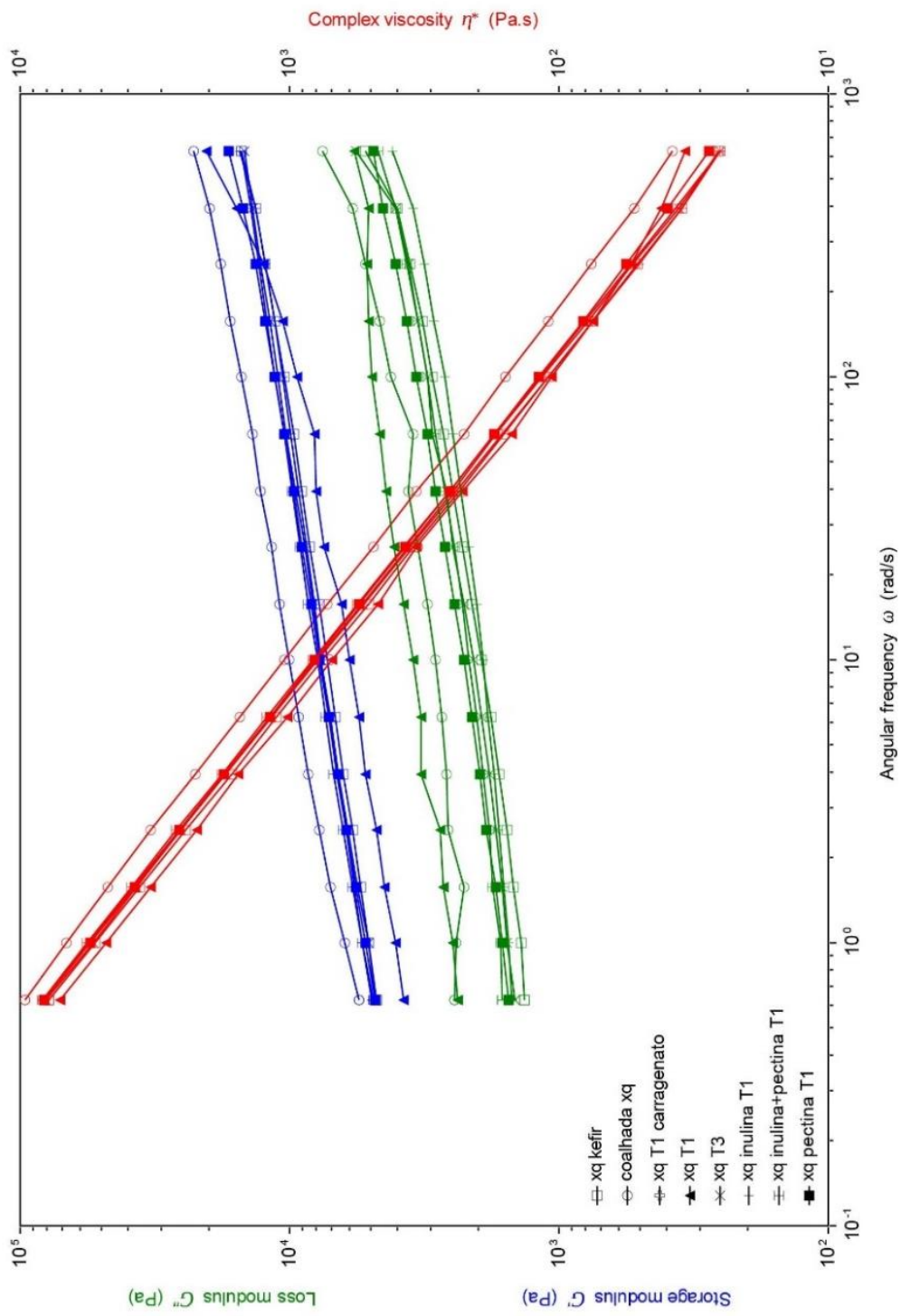


Figura 4.7 - Comportamento reológico das amostras da coalhada XQ

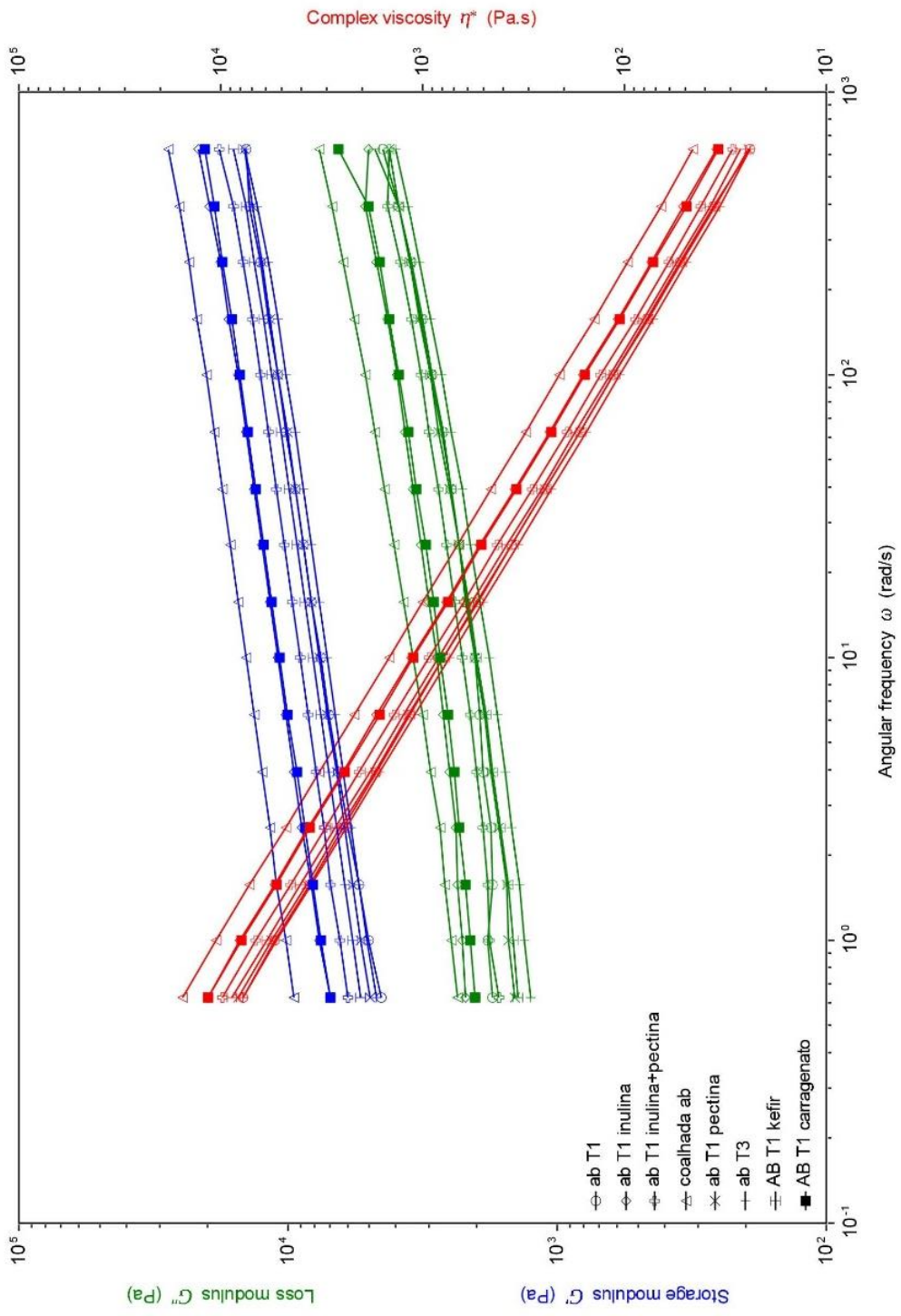


Figura 4.8 - Comportamento viscoelástico das amostras da coalhada AB

Observando a Figura 4.7 e a Figura 4.8 é possível concluir, de forma sumária, que:

- Os resultados de reologia mostram que os ingredientes influenciam mais a viscosidade da coalhada AB do que XQ.
- As amostras da coalhada AB menos viscosas são as com kefir e pasteurizada a T1, as mais viscosas são as amostras com inulina, carragenato e a amostra pasteurizada a T3 tem uma viscosidade intermédia.

➤ Provas comentadas

Ainda que a granulosidade fosse notória em ambas as coalhadas, foi mais evidente na coalhada XQ do que na coalhada AB. Comparando as duas, verificou-se que a coalhada com cultivos AB demonstrou uma textura mais consistente, brilhante, cremosa e também menos sinérese. Os cultivos termófilos AB produziram queijos com mais corpo, cremosos e suaves, enquanto que as culturas mesófilas XQ produziram consistências mais delgadas, com uma textura similar à da gelatina. A prova sensorial comentada revelou que coalhada com cultivos termófilos possuía um sabor e textura mais agradável, pois houve um favorecimento de aromas a iogurte, nomeadamente, de diacetil e acetaldeído. Vários autores afirmam que esta combinação contribui para o sabor redondo e delicado do produto (Eskin, 2015). Relativamente à coalhada com mesófilos, esta continha um sabor amargo, textura mais granulosa e cor amarelada.

Ainda que o problema de textura fosse menos evidenciado na coalhada AB, foi detetada alguma adstringência. Além disso, o valor de pH encontrava-se demasiado baixo, tornando o seu sabor demasiado ácido. Esta ocorrência advém do facto da temperatura e o tempo da ultrafiltração não ser suficiente para inativar toda a cultura e por sua vez parar a produção de ácido láctico.

4.2 Leite pré concentrado vs adição de proteína em pó - Processo 2

4.2.1 Determinação do tratamento térmico

De forma a colmatar o problema da acidez excessiva, realizaram-se ensaios à escala laboratorial de fermentação com a aplicação de tratamentos térmicos após atingir o pH final desejado, para inativar totalmente a cultura bacteriana. Em ambas as coalhadas, aplicaram-se quatro tratamentos térmicos de 60 °C, com os tempos de 5, 10, 15 e 20 minutos.

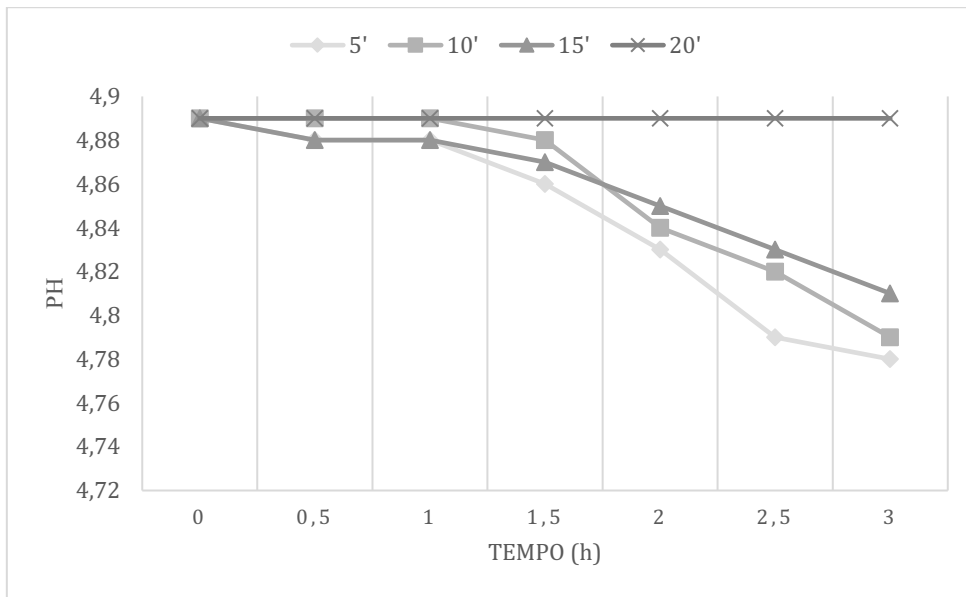


Figura 4.9 - Evolução do pH, verificada na coalhada AB, ao longo do tempo após tratamento térmico

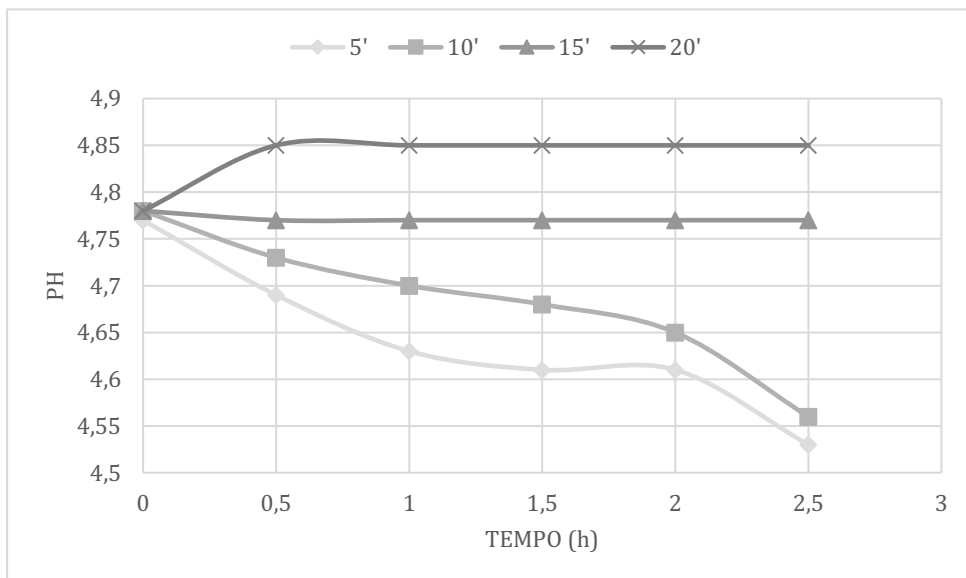


Figura 4.10 - Evolução do pH, verificada na coalhada NM, ao longo do tempo após tratamento térmico.

De acordo com o gráfico da Figura 4.9, verifica-se que para a coalhada AB é necessário um tratamento térmico de 60 °C, durante 20 minutos. Para a coalhada NM, pela Figura 4.10, verifica-se que 15 minutos a 60 °C são suficientes para manter o pH constante.

4.2.2 Controlo da obtenção da coalhada

➤ Controlo pH e acidez

Os resultados de acidez alcançados durante a fermentação e a ultrafiltração do Processo 2 com culturas AB e NM encontram-se na Figuras 4.11.

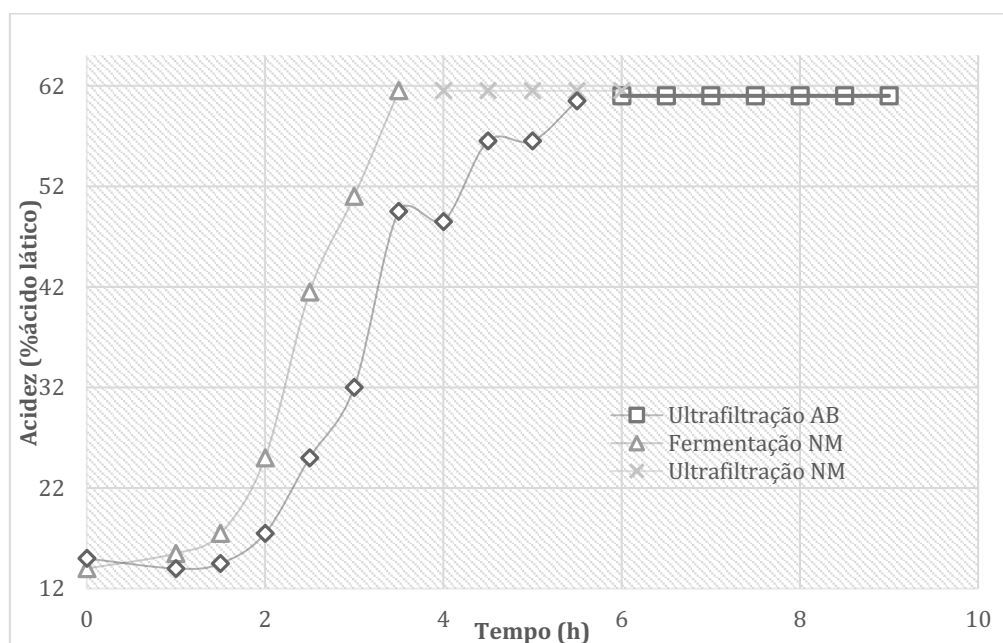


Figura 4.11 - Evolução da acidez ao longo da fermentação e ultrafiltração das coalhadas AB e NM.

A evolução da acidez ao longo do processo pode ser observada no gráfico da Figura 4.11. A acidez aumenta linearmente até ao instante em que se inicia o tratamento térmico. A partir desse instante, a acidez mantém-se constante até ao final da ultrafiltração.

➤ Monitorização da ultrafiltração

A evolução do fluxo do permeado e do fator de concentração volumétrico à pressão submetida ao longo da ultrafiltração da coalhada AB e da coalhada NM, podem ser observadas na Figura 4.3 e Figura 4.413, respetivamente.

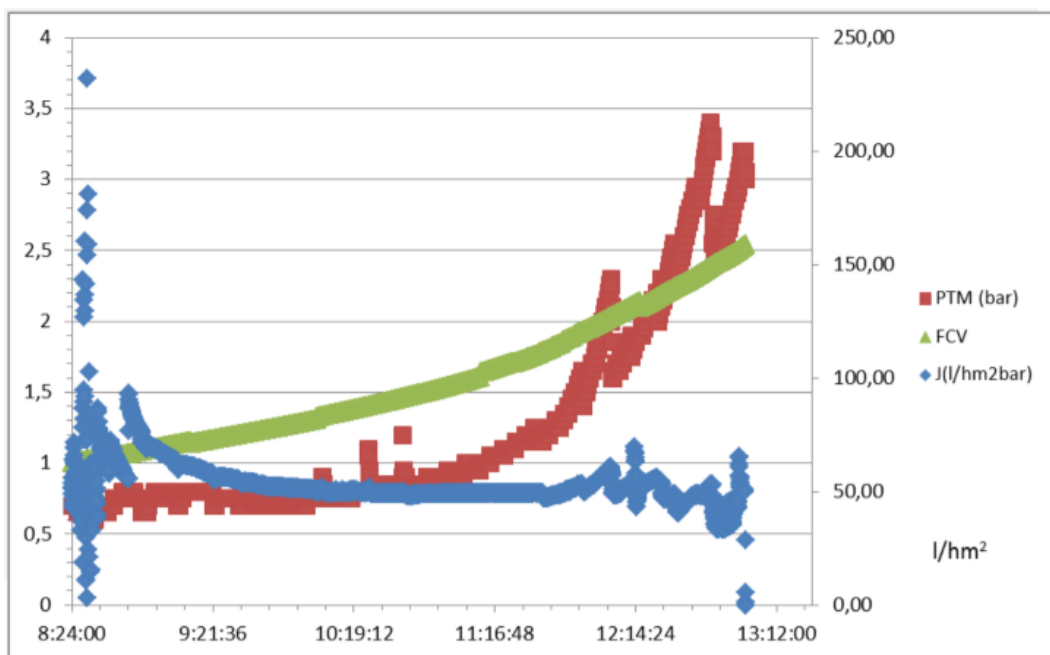


Figura 4.12 - Evolução do fluxo de permeado, L/hm^2 (◆) e do fator de concentração volumétrica (▲), à pressão submetida, em bar, (■), ao longo da ultrafiltração da coalhada AB.

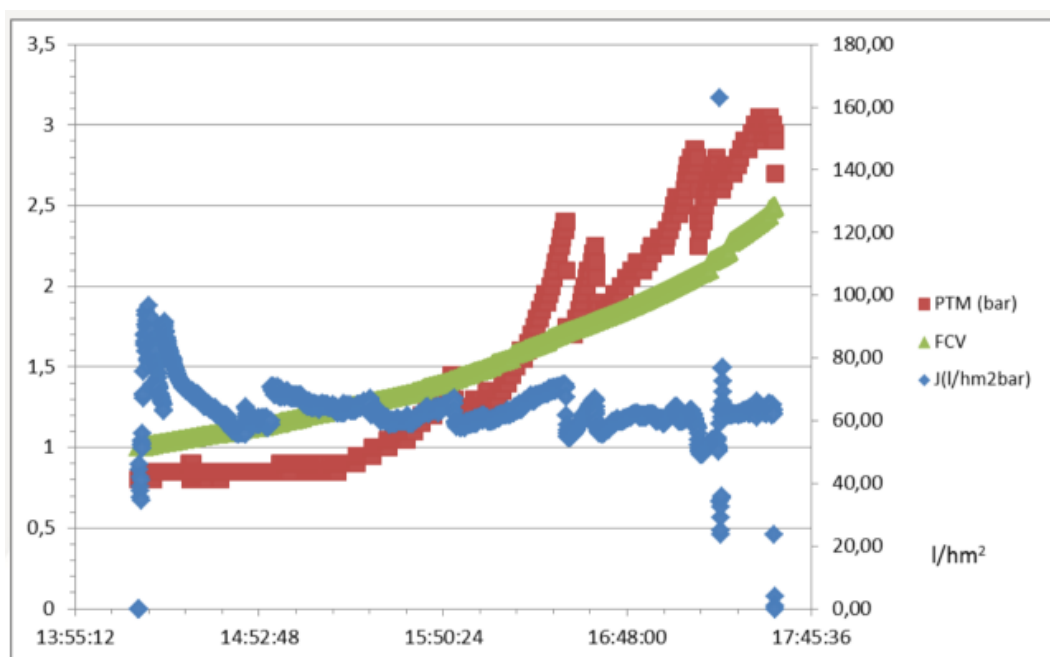


Figura 4.13 - Evolução do fluxo de permeado, L/hm^2 (◆) e do fator de concentração volumétrica (▲), à pressão submetida, em bar, (■), ao longo da ultrafiltração da coalhada NM.

4.2.3 Caracterização química das coalhadas

➤ Caracterização química das coalhadas

Foi realizada a caracterização química das coalhadas AB e NM, com os resultados da Tabela 4.1.

Tabela 4.2 - Caracterização do pH, acidez, composição e extrato seco das coalhadas AB e NM.

Coalhada	pH	Acidez (°D)	Composição		Extrato seco
AB	4,61±0,05	115±4,0	Gordura = 2,6%	Proteína = 12,2%	17,49%
NM	4,65±0,06	110±2,0	Gordura = 2,21%	Proteína = 12,15%	19,73%

Os dois tipos de coalhadas apresentam composições semelhantes. Contudo, os valores de pH registados na coalhada NM são superiores aos da coalhada AB, consideravelmente. Apesar do pH objetivo ser $4,75 \pm 0,05$, ambas as coalhadas apresentam valores inferiores. Tal facto, pode advir do tempo de espera até aquecer a coalhada até 60 °C, que se encontrava a 40 °C. Nesse tempo, a produção de ácido láctico ainda não foi interrompida, logo o pH continuará a diminuir.

➤ Textura

Para analisar a textura do queijo, foram efetuadas três avaliações, em queijos com culturas AB e outros com NM. Para cada queijo foram determinadas os valores da sua dureza. Devido a uma falha no programa, nesta medição não foi possível obter os valores de adesividade. As médias dos valores obtidos são apresentados na Figura 4.514 sob a forma de gráfico.

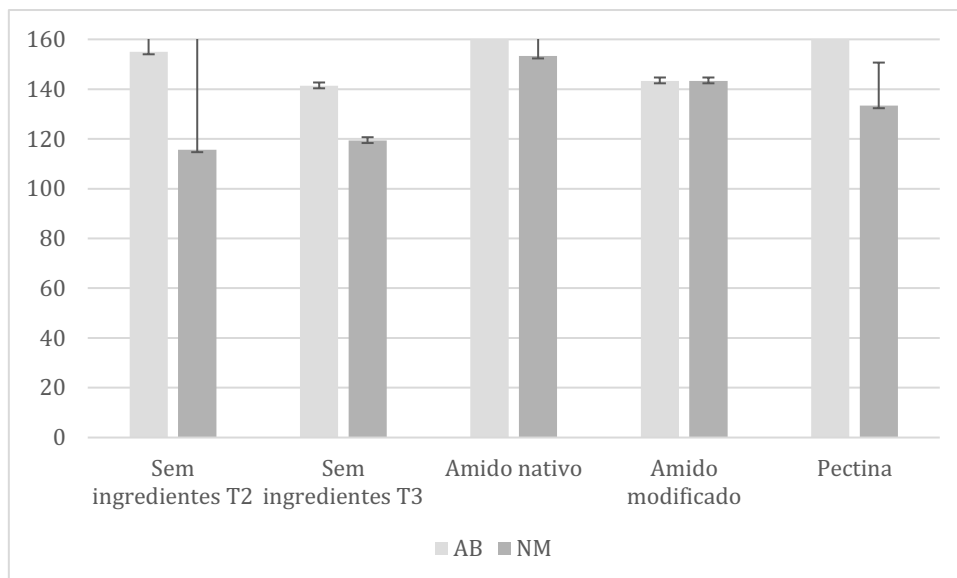


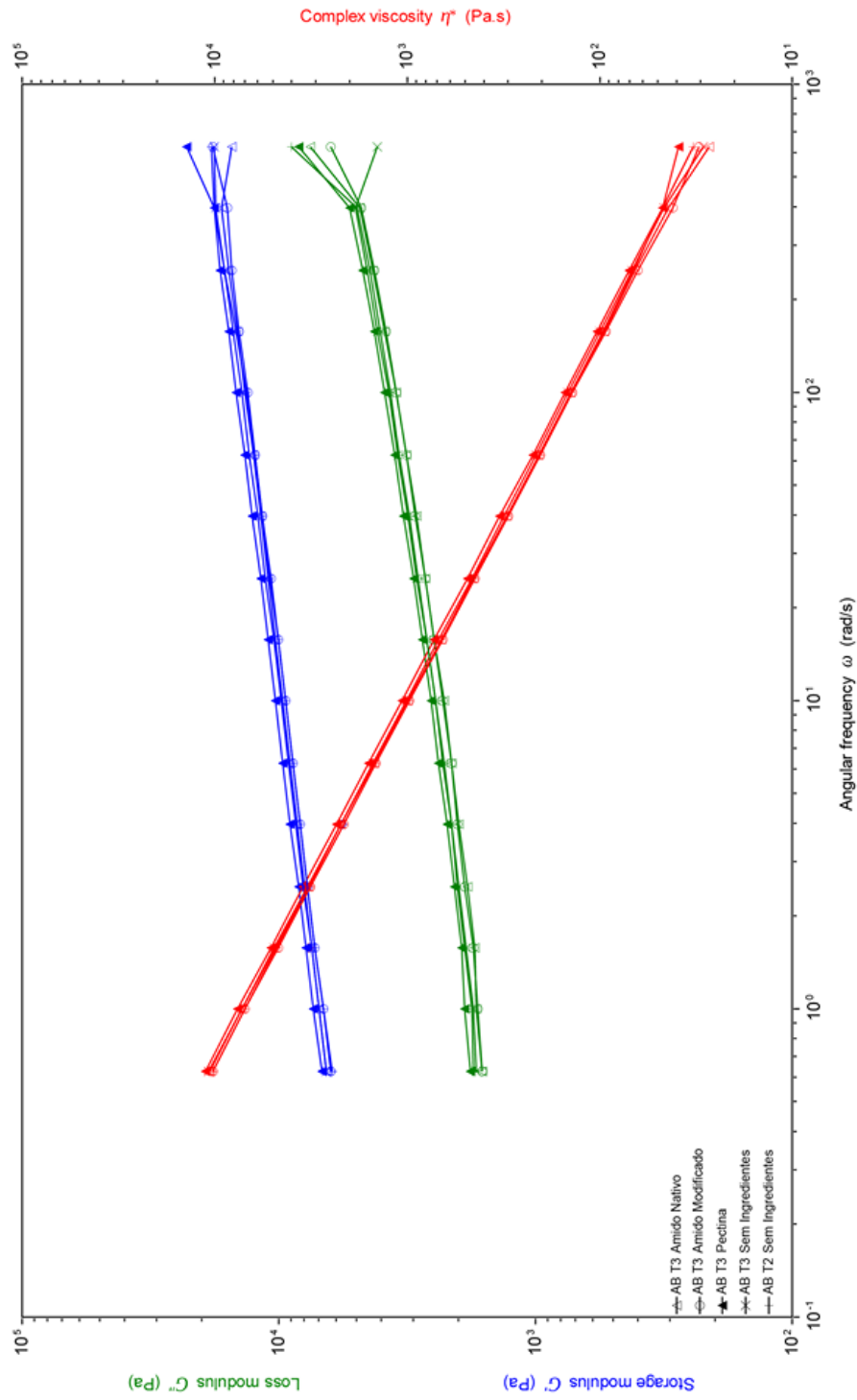
Figura 4.14 - Dureza média dos queijos com culturas AB e com NM do processo 2, (sem adição de ingredientes pasteurizados às temperaturas T2 e T3, amido modificado, amido nativo e pectina) e respectivos desvios padrão

O resultado da ANOVA revela que não se pode dizer que exista uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre as amostras, nem existe interação entre as variáveis. Isto é, os ingredientes utilizados - amido nativo, amido modificado e pectina - não foram suficientemente capazes de causar uma mudança significativa na dureza das coalhas. De igual forma, não se pode dizer que há diferenças entre os tipos de cultura utilizada.

Os ingredientes testados nas coalhadas AB e NM não foram satisfatórios, pois a consistência obtida sem ingredientes, em ambas as coalhas, é suficiente e a sua adição pode modificar o sabor final.

➤ Reologia

Os resultados obtidos pela análise da reologia, para cada coalhada AB e NM, encontram-se representados nos gráficos das Figura 4.7 e Figura 4.16. Também se encontram representados nos mesmos gráficos os resultados de reologia dos ingredientes para cada coalhada.



TA Instruments Trios V4.1

Figura 4.15 - Comportamento reológico das amostras da coalhada AB, pasteurizada a T2 e T3 sem ingredientes e das amostras com adição de amido nativo, amido modificado e pectina.

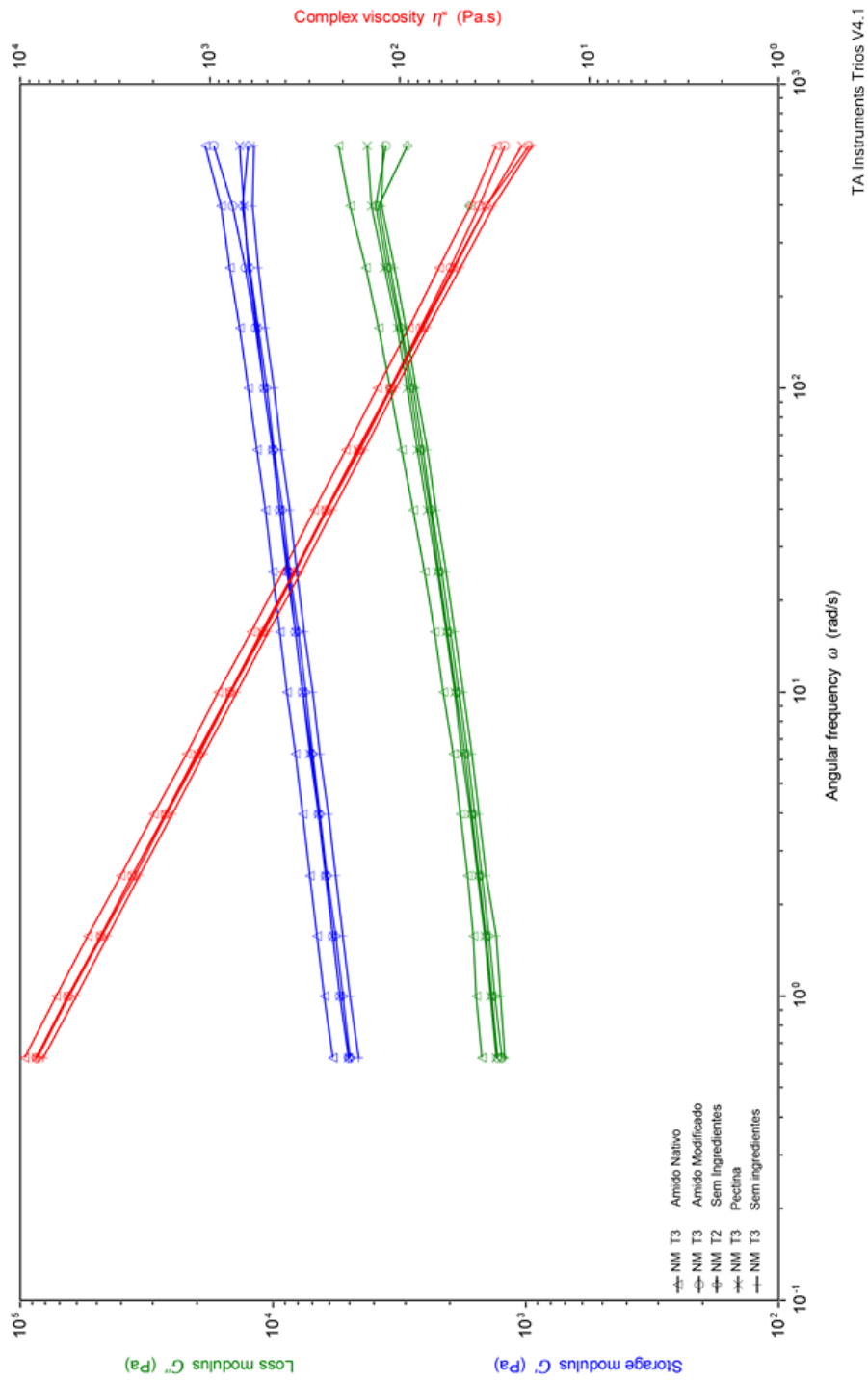


Figura 4.16 - Comportamento reológico das amostras da coalhada NM, pasteurizada a T2 e T3 sem ingredientes e das amostras com adição de amido nativo, amido modificado e pectina.

Observando a Figura 4.15 e a Figura 4.16 é possível concluir, de forma sumária, que:

- Os resultados de reologia mostram que os ingredientes influenciam igualmente a viscosidade da coalhada com culturas AB, que apresentam uma viscosidade intermédia.
- As amostras com amido modificado foi a amostra mais viscosa, seguido das restantes amostras, cujo o comportamento viscoelástico é idêntico.
- Não se verificam diferenças significativas no comportamento viscoelástico entre as duas temperaturas de pasteurização, T2 e T3.
- Na coalhada com culturas NM, a amostra mais viscosa é a que contém amido nativo, seguida das amostras com amido modificado.

➤ Provas sensoriais comentadas

Ao nível sensorial, houve uma preferência pela coalhada NM, pois tem uma textura mais suave, brilhante e também é menos adstringente. A coalhada AB apresenta uma textura mais arenosa, sabor a proteína e cor mais amarelada. Connolly (2015) afirma que muitos dos problemas encontrados no uso de proteína láctea para suplementar o teor de sólidos quando se fabrica queijo podem ser atribuídos à dispersão inadequada do pó de proteína no leite e / ou à hidratação inadequada do pó proteico no leite e à sua fraca solubilidade. A cultura NM foi a escolhida, pois para além de ter apresentado melhores resultados de textura, possui um tempo menor de fermentação, reduzindo-o em 2 h em relação à fermentação com AB.

Relativamente aos aromas, a concentração de stevia era muito alta e por isso estava muito doce, mas a combinação de chá verde e stevia revelou um sabor interessante. Assim efetuaram-se várias provas até obter uma concentração de stevia adequada. Os aromas de chocolate, açúcar e maçã evidenciaram ainda mais a adstringência. Os ingredientes que mostraram melhor sabor foram: chá verde, chá verde + stevia e gengibre.

4.3 Avaliação do impacto da adição de CMC - Processo 3

4.3.2 Controlo da obtenção da coalhada

Os resultados de acidez alcançados durante a fermentação e a ultrafiltração do Processo 3 com culturas NM e adição de CMC encontram-se na Figuras 4.17.

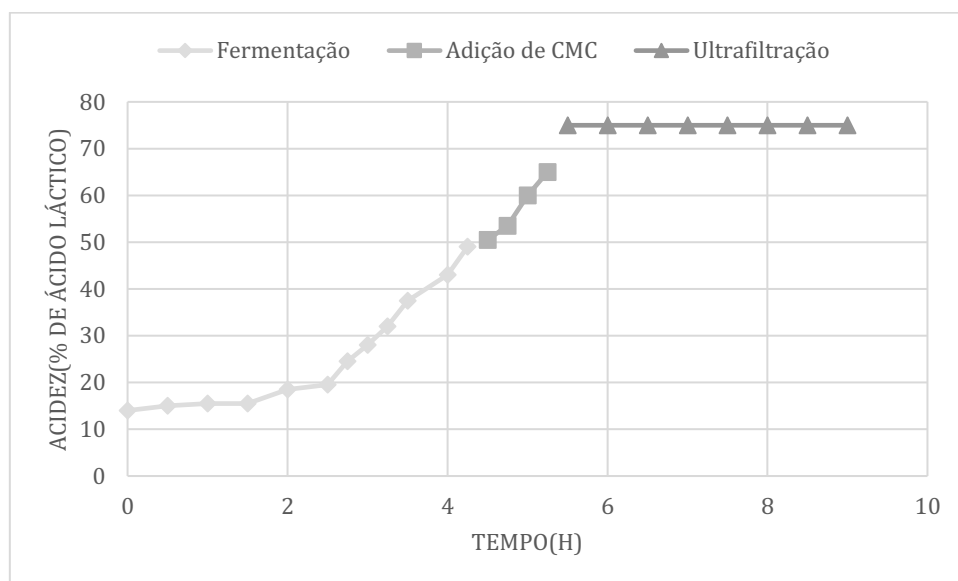


Figura 4.17 - Evolução da acidez ao longo da fermentação, adição de CMC e ultrafiltração da coalhada NM com CMC.

4.2.3 Caracterização físico-química da coalhada NM com CMC

➤ Caracterização química das coalhadas

Foi realizada a caracterização química das coalhadas NM com CMC do processo 3, com os resultados da Tabela 4.1. Também foi realizada a caracterização de um queijo que se encontra atualmente no mercado, da marca X⁶, com os resultados da Tabela 4.1

Tabela 4.3 - Caracterização do pH, acidez, composição e extrato seco da coalha NM

Coalhada	pH	Acidez(°D)	Composição	Extrato seco
NM+CMC	4,70±0,05	107,50±4	Gordura = 2,60% Proteína = 12,60%	15,49%

⁶ Marca X – Nome fictício atribuído ao queijo em análise, de forma a proteger a sua verdadeira identidade.

Tabela 4.4 - Caracterização do pH, acidez, composição e extrato seco do queijo da marca X.

Produto	pH	Acidez (°D)	Composição	Extrato seco
Queijo marca X	4,41±0,05	116,50	Gordura = 2,03% Proteína = 12%	14,39%

Este produto é bastante semelhante ao queijo desenvolvido durante o projeto, por isso revelou-se pertinente fazer a sua caracterização química. Observando os resultados, confirmar-se que a composição de *Quescrem Proteína*, em termos de proteína e gordura, é ligeiramente superior ao produto, da Marca X, analisado. *Quescrem Proteína* também apresenta um valor de pH superior ao da Marca X e, conseqüentemente, menor valor de acidez.

➤ Monitorização da ultrafiltração

A evolução do caudal do permeado e do fator de concentração volumétrico à pressão submetida ao longo da ultrafiltração da coalhada XQ, pode ser observada na Figura 4.318.

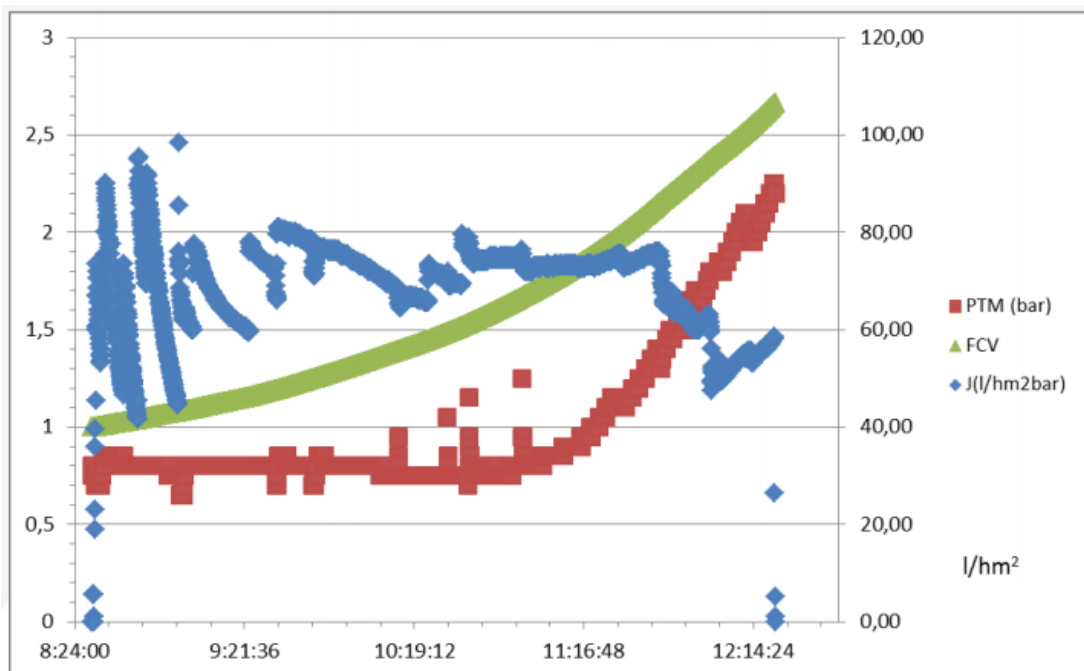


Figura 4.18 - Evolução do fluxo de permeado, L/hm² (◆) e do fator de concentração volumétrico (▲), à pressão submetida, em bar (■), ao longo da ultrafiltração da coalhada AB.

➤ Textura

Para identificar qual a temperatura de pasteurização mais adequado, avaliou-se a dureza e adesividade do queijo com cultura NM e com adição de CMC, obtidos pelo processo 3. O resultado da dureza das amostras pasteurizados a T2 e T3 estão apresentados, sob forma de gráfico, na Figura 4.19.

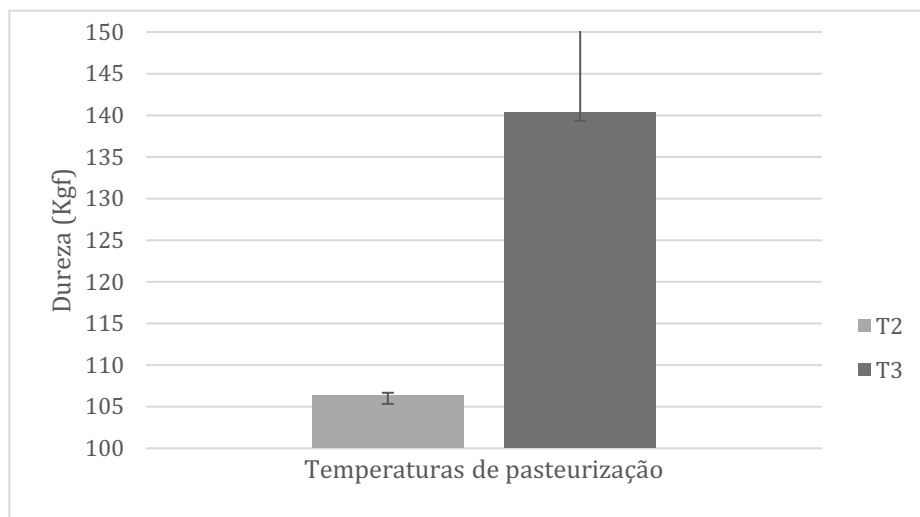


Figura 4.7 - Dureza média dos queijos com cultura NM e com adição de CMC do processo 3 e respectivos desvios padrão, pasteurizados às temperaturas T2 e T3

Parece existir uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre as amostras T2 e T3, isto é, as amostras são significativamente diferentes. A temperatura de pasteurização T3 não teve efeito positivo na produção do queijo, uma vez que demonstrou uma dureza superior. Ao aquecer a coalhada acima de $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, as proteínas do soro são desnaturadas pelo desdobramento de seus polipeptídeos, expondo assim os grupos de cadeias laterais originalmente posicionados no interior da estrutura nativa. As proteínas desdobradas interagem com micelas de caseína ou simplesmente agregam-se entre si, envolvendo reações de troca tiol-dissulfeto, interações hidrofóbicas e ligações iônicas (Broome, 2007). O efeito da pasteurização a alta temperatura nas proteínas do soro não é conveniente, uma vez que o tratamento térmico aumenta consideravelmente a dureza (Walstra, 2006).

O resultado da adesividade das amostras pasteurizados a T2 e T3 estão apresentados, sob forma de gráfico, na Figura 4.20.

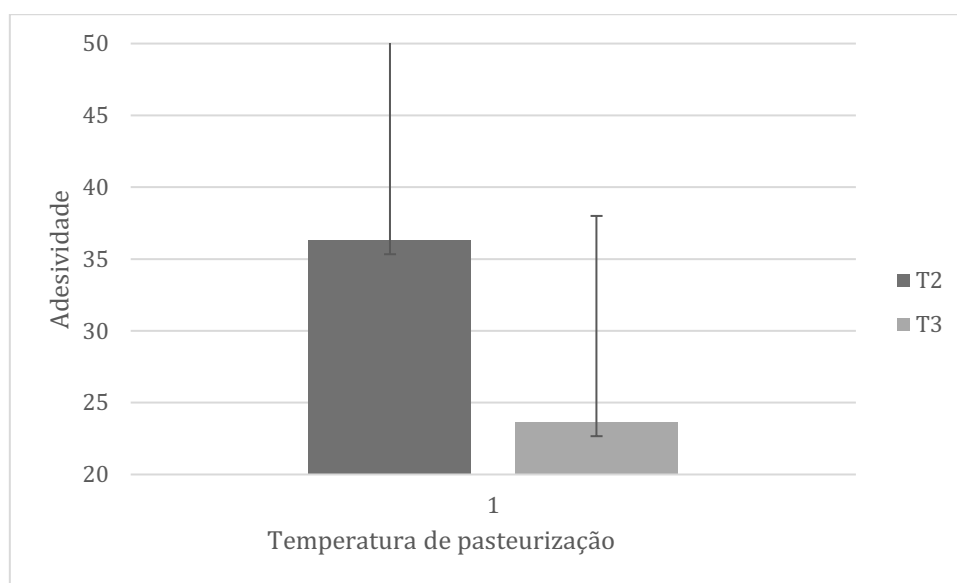


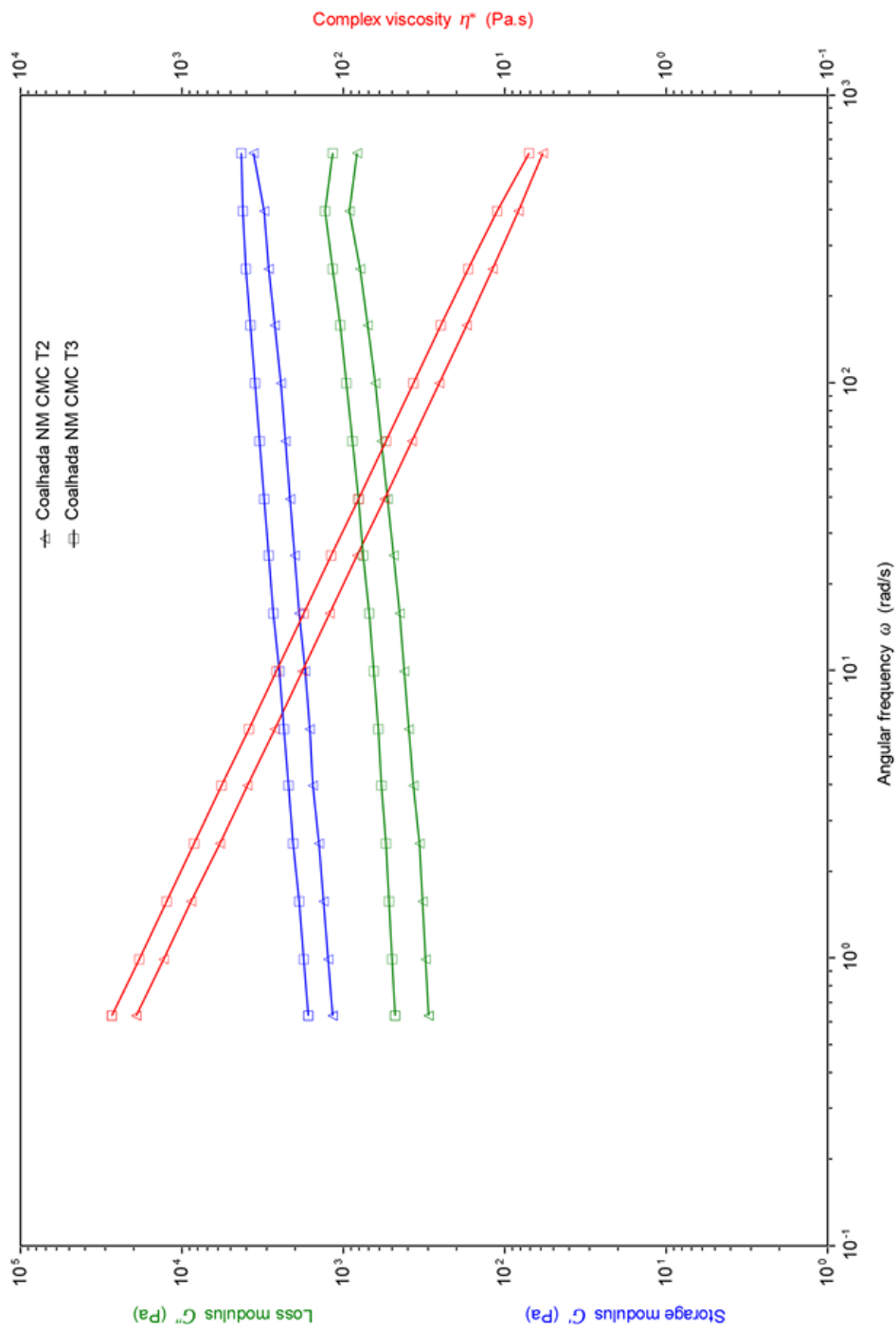
Figura 4.20 – Adesividade média dos queijos da coalha NM com CMC, pasteurizados a T2 e T3.

Não é possível admitir que as médias de adesividade da CMC sejam iguais, uma vez que, não existe uma diferença significativa ($P < 0,05$). Uma vez que T3 tomou valores de dureza superiores aos de T2 esperava-se que o mesmo se verificasse para a adesividade. Como já mencionado, Maruyama et al. (2006), constataram que queijos com maior dureza apresentaram maior adesividade.

A análise de perfil de textura simula a mastigação, exigindo, assim, grandes deformações (de 20% a 50%) (Huang et al., 2007). Essas deformações fazem com que as amostras entrem em colapso, não sendo adequado para o cálculo de alguns parâmetros, como a adesividade (Pons; Fiszman, 1996), uma vez que esse parâmetro é uma característica de superfície (Adhikari et al., 2001; Besbes et al., 2009; Huang et al., 2007).

➤ Reologia

Os resultados obtidos pela análise da reologia, para cada coalhada AB e NM, encontram-se representados nos gráficos das Figura 4.7 e Figura 4.16. Também se encontram representados nos mesmos gráficos os resultados de reologia dos ingredientes para cada coalhada.



TA Instruments Trios V4.1

Figura 4.21 – Comportamento reológico da coalhada NM com CMC pasteurizada a T2 e T3.

- Os resultados de reologia mostram que a coalhada NM com CMC, apresentados na Figura 4.19, apresentam uma viscosidade intermédia.
- Os resultados da reologia das amostras pasteurizadas a T3 apresentaram valores mais elevados de viscosidade em comparação com amostras pasteurizadas a T2.

A amostra T2 com valores mais baixos tanto para G' quanto para G'' possui a menor rigidez e, conseqüentemente, é mais suave, cremosa e com uma sensação agradável.

A viscosidade complexa (η^*) está relacionada com a consistência da estrutura do gel (Morris, 1993). Essa medida tem uma importância particular, pois a mimetização das condições bucais durante a mastigação dos alimentos e o valor da viscosidade complexa correlacionam-se com a cremosidade e sensação em boca dos produtos alimentares. Além disso, a liberação oral dos compostos de sabor e aroma das estruturas do gel depende muito da sua fragmentação (Stokes, 2012). Observando a viscosidade complexa, a $10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ apresentados na Figura 4.20, pode-se concluir que a amostra T2 é a melhor do ponto de vista reológico, uma vez que apresenta o valor de viscosidade mais baixo.

➤ Provas sensoriais comentadas

A coalhada NM com CMC tem uma textura muito lisa, cremosa e com aspeto brilhante. O sabor é ligeiramente ácido, suave no palato e sem adstringência. O uso de CMC surge, desta forma, como solução para o problema da granulosidade. Este aditivo é insípido, inodoro e forma soluções claras (Feddersen, 1993). A goma de celulose é fisiologicamente inerte e não calórica, porque não é metabolizada pelo sistema digestivo humano. A última propriedade torna-se particularmente útil na formulação do queijo em estudo, uma vez que não interfere com a composição nutricional final.

Relativamente aos sabores estudados, o sumo de aloé vera não conferiu nenhum sabor. Num estudo de um novo iogurte fortificado com sumo de aloé vera mostrou que, para além de conferir fibra e vitaminas, também aumentava estabilidade da fase aquosa, baixando a sinérese. Também proporcionava maior sensação em boca, isto é, mais corpo, sem afetar o sabor (Kaur, 2015). No entanto, este ingrediente não foi selecionado pela equipa de I+D, por não conferir atributos ao nível do sabor e aroma. O preparado de baunilha, apesar de ter um bom sabor, também não foi selecionado pois não acrescentava propriedades de interesse, como o caso do gengibre e chá verde. A amostra com gengibre demonstrou ser muito interessante, com um sabor fresco e com um toque final picante.

Além disso, o gengibre tem muitas propriedades medicinais, como mencionado na secção 2.52.

As combinações de chá verde com stevia também se revelaram interessantes no sabor, textura e também em relação às propriedades que aportam, de forma que foi uma das combinações escolhidas.

4.2.4 Determinação de aplicações com o *Quescrem Proteína*

Relativamente às aplicações com *Quescrem Proteína*, o batido e o parfait (Figura 4.22) provaram ser receitas mais práticas, fáceis e nutritivas.



Figura 4.22 - Granizado de *Quescrem Proteína* Chá verde e stevia e Parfait com *Quescrem Proteína* natural.

As barras, bem como as cestas de cereais (Figura 4.23), precisam de algum tempo de preparação (15 minutos de preparação + 30 minutos no frigorífico), mas a combinação entre o queijo de gengibre e o muesli foi muito boa, este produto parece combinar bem com cereais e frutas.



Figura 4.23 - Barra e cestas de cereais com *Quescrem Proteína* gengibre demasiado ácido, talvez pela adição do limão. No entanto, é uma forma interessante de

aplicação de *Quescrem Proteína* em sobremesas, pois não necessita de muito tempo de confeitura e é rico em proteína e fibra.



Figura 4.8 – Pudim de chia com *Quescrem Proteína* natural.

4.2.5 Fluxograma final de *Quescrem Proteína*

O fluxograma do processo final mais adequado e que deu origem a um produto com as características idealizadas é o da Figura 4.25. O queijo obtido cumpre os parâmetros inicialmente definidos ao nível da textura e sabor, comprovando a eficácia do processo utilizado.

O queijo final é obtido através de leite pré concentrado, fermentado com culturas NM e com adição de carboximetilcelulose a um pH próximo de 5. É aplicado um tratamento térmico para terminar a fermentação, de forma a manter o pH constante durante a continuidade do processo até ao produto final. A coalhada segue para ultrafiltração, sendo embalada e refrigerada no seu final.

Na etapa seguinte, a coalhada e os respetivos ingredientes são pesados e transferidos para um misturador, onde serão pasteurizados à temperatura T_2 . A mistura é, então, homogeneizada e embalada a quente, de forma a prolongar o tempo de vida do queijo. Para além do formato natural, foram concebidas mais duas formulações: gengibre e chá verde + stevia, como demonstra a Figura 4.25.

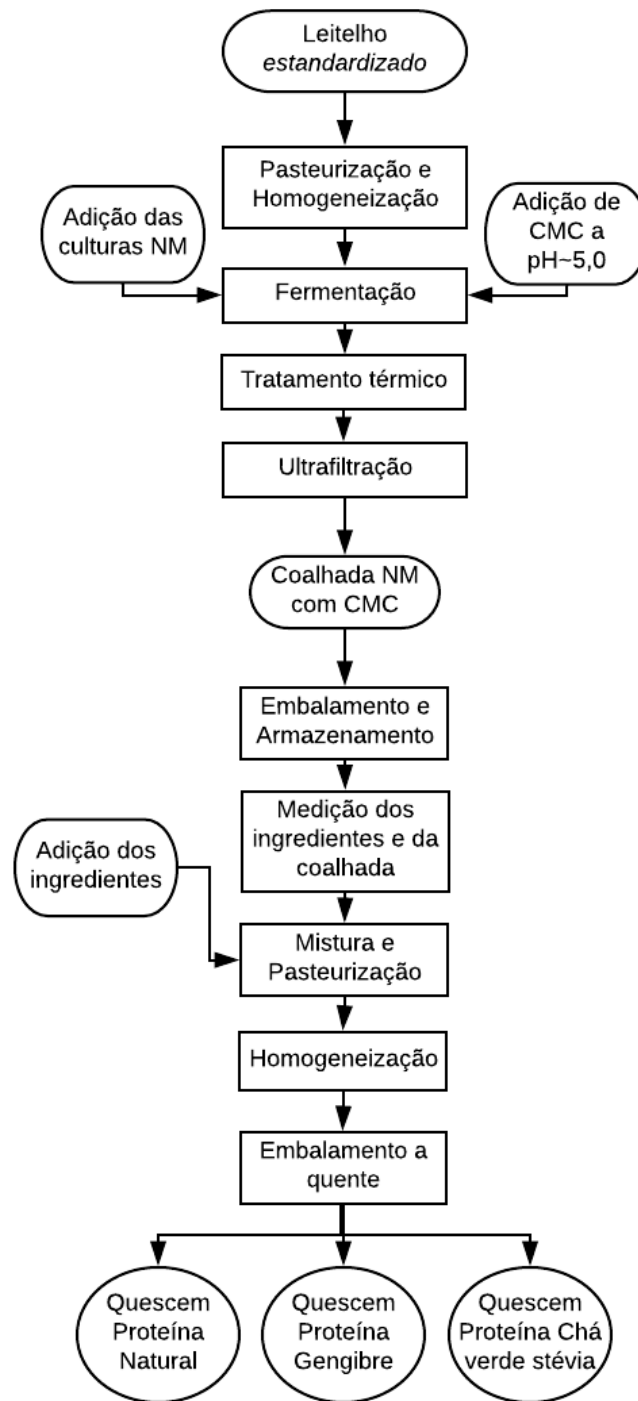


Figura 4.25 - Fluxograma final de *Quescem Proteína*, com os respetivos

5. Conclusão

A consciencialização da saúde entre os consumidores gerou mais demandas por produtos lácteos de baixa caloria, especialmente com baixo teor de gordura ou sem gordura, no mercado. No entanto, como a gordura do leite contribui para o desenvolvimento do sabor, do corpo e da textura os produtos lácteos, a remoção leva a defeitos estruturais e texturais em produtos lácteos fermentados com baixo teor de gordura.

Com base nos ensaios efetuados e nos resultados obtidos e apresentados neste trabalho podem-se inferir algumas conclusões:

- A fermentação com bactérias termófilas, em relação às bactérias mesófilas, parece favorecer o sabor e corpo do queijo, com o desenvolvimento de sabores a iogurte, como o diacetil e acetaldeído;
- A concentração total do teor em proteína, apenas após a coalhada parece favorecer a textura granulada, em comparação ao leite pré concentrado e, posteriormente, ultrafiltrado;
- Para superar os defeitos nos queijos com baixo teor de gordura, é necessário recorrer aditivos que substituam a sua função. A carboximetilcelulose, demonstrou ser eficaz na substituição de gordura no queijo em estudo, camuflando a granulidade;
- O uso de compostos fenólicos a partir de fontes naturais, presentes no gengibre e no chá verde, é uma oportunidade interessante para a aplicação de atividades biológicas desses compostos, particularmente o potencial antioxidante, e permite a produção de alimentos sem antioxidantes sintéticos.

De forma a permitir o lançamento do produto no mercado, será importante efetuar testes de validade de prateleira, em conjunto, com o estudo microbiano de forma a comprovar a eficácia da pasteurização na estabilidade do produto final. Também seria interessante efetuar um teste de análise sensorial descritivo, com o queijo obtido, de forma a avaliar a percepção da textura, em termos qualitativos.

Bibliografia

Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B. R., & Truong, V. (2001). Stickiness in foods: mechanisms and test methods e a review. *International Journal of Food Properties*, 4(1), 1e33

Behare P, Singh R, Singh RP (2009) Exopolysaccharide-producing mesophilic lactic cultures for preparation of fat-free Dahi - an Indian fermented milk. *J Dairy Res* 76: 90-97.

Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C., & Attia, H. (2009). Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): composition, functional and sensory characteristics of date jam. *Food Chemistry*, 112(2), 406e411.

Broadbent JR, McMahon DJ, Welker DL, Oberg CJ, Moineau S (2003) Biochemistry, genetics, and applications of exopolysaccharide production in *Streptococcus thermophilus*: a review. *J Dairy Sci* 86: 407-423.

Broome, M. (2007). "Adjunct culture metabolism and cheese flavour," in *Improving the Flavour of Cheese*, B. C. Weimer, Ed., CRC Press, Washington, DC, USA.

Castro B.N. and Gerla P.E. 2005. Hollow fiber and spiral cheese whey ultrafiltration: minimizing controlling resistances. *J. Food Eng.* 69:495.

Cerning, J.; Bouillanne, C.; Landon, M.; & Desmazeaud, Y. (1992). Isolation and Characterization of Exopolysaccharides from Slime-Forming Mesophilic Lactic Acid Bacteria. *Journal Dairy Science*. 75: 692-699;

Chammas, G.; Saliba, R.; Corrieu, G.; Béal, C. (2006). Characterisation of lactic acid bacteria isolated from fermented milk "laban". *International Journal of Food Microbiology* 110: 52–61;

Connolly, P. (2015). White Paper: Milk Proteins in Cheese Manufacturing © 2015 Idaho Milk Products. Disponível em: ww.idahomilkproducts.com

Davis JG. Cheese: basic technology, vol 1. London: J and A Churchill Ltd; 1965.

Eskin M, Shahidi F. (2015) Bioquímica de alimentos - 3ª edição – Rio de Janeiro: Elsevier.

Gösta Bylund, M.S., 1995. Dairy processing handbook, Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, Sweden.

Henson et. al, 1972. 1976-06-15 Lever Brothers Company Preparation of yogurt and quark.

Huang, M., Kennedy, J. F., Li, B., Xu, X., & Xie, B. J. (2007). Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan and glucomannan: a texture profile analysis study. *Carbohydrate Polymers*, 69(3), 411-418.

Hughenoltz, J. 2013. Traditional biotechnology for new foods and beverages. *Current Opinion in Biotechnology*, 24(2), 155-159.

Jolly, L.; Vincent, S.J.F.; Duboc, P.; & Neeser, J.R. 2002. Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria *Antonie van Leeuwenhoek* 82: 367–374

Lima, C.; Lima, L., Cerqueira, M.; Ferreira, E.; & Rosa, C. (2009). Bactérias do ácido láctico e leveduras associadas com o queijo-de-minas artesanal produzido na região da Serra do Salitre, Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro Med. Vet. Zootec.*, v.61, 1: 266-272

Lucey, J.A. and Singh, H. (1998). Formation and physical properties of acid milk gels: A review. *Food Research International*, 30 (7): 529-542

Lucey, J.A., Teo, C.T., Munro, P.A. and Singh, H. (1997). Rheological properties at small (dynamic) and large (yield) deformations of acid gels made from heated skim milk. *Journal of Dairy Research*, 64: 591–600.

Machado, M. (2003). Evolução da textura e composição do queijo Serpa durante a sua maturação. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Ciência e Engenharia de Alimentos; Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Meinardi, C. A., C. Zalazar, A., Hynes, E. R., e M. C. Candiotti. (2013). Incremento del rendimiento del queso cremoso argentino por tratamiento de la leche a temperaturas y tiempos superiores a los de pasteurización, *Revista Argentina de Lactología*, vol. 22, pp. 45–54.

Moayednia, N., Ehsani, M. R., Emamdjomeh, Z., & Mazaheri, A. F. 1999. Effect of refrigerated storage time on the viability of probiotic bacteria in fermented probiotic milk drinks. *International Journal of Dairy Technology*, 62(2), 204-208.

Morris E., (1993). Rheological and organoleptic properties of food hydrocolloids (Nishinari K and Doi E: *Food Hydrocolloids: Structures, Properties, and Functions*)

Nilsson, L. E., Lyckand, S., & Tamime, A. Y. (2006). Production of drinking products. In A. Y. Tamime (Ed.), *Fermented milks*. Oxford: Blackwell Science.

Nielsen Portugal, (2016). Portugueses mais preocupados com a saúde. Acedido a 20 de maio 2018. Disponível em: <http://www.nielsen.com/pt/pt/press-room/2016/portugueses-mais-preocupados-com-a-saude.html>

NP 2105 (1983). Queijos e queijos fundidos. Determinação do teor de matéria gorda. Caparica, Portugal: Direção Geral da Qualidade, Instituto Português da Qualidade.

NP 470 (1983). Leite e leites compostos. Determinação da acidez. Caparica, Portugal: Direção Geral da Qualidade, Instituto Português da Qualidade.

Oliveira, R. F. (2015). Efeito de diferentes culturas lácticas nas características de queijo tipo petit suisse com retenção de soro. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras.

Patell, A. e Prajapati, J.B. (2013). Food and Health Applications of Exopolysaccharides produced by Lactic Acid Bacteria. Acedido a 12 de dezembro, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/259457939>

Phadungath, C. (2005). Cream cheese products: A review. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27(1), 191–199.

Pham, P.; Dupont, I.; Roy, D.; Lapoint, G.; & Cerning, J. (2000). Production of Exopolysaccharide by *Lactobacillus rhamnosus* R and Analysis of Its Enzymatic Degradation during Prolonged Fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 66, No. 6. 2302–2310;

Pons, M., Fiszman, S. M. (1996). Instrumental texture profile analysis with reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27, 597e624.

Portal Laboratórios Virtuais de Processos Químicos, (2015). Modelo do Filme. Acedido a 10 de janeiro de 2018. Disponível em: http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?Itemid=206&id=57&option=com_content&task=view

Portaria 73/90 1 de fevereiro define as características, classificação, acondicionamento, rotulagem e condições de conservação do queijo.

Rodríguez, J. (1998). Recent advances in the development of low-fat cheeses. *Trends in Food Science & Technology*, 9, 249-254.

Silva, W.S. (2013). Comportamento mecânico do queijo de coalho tradicional, com carne seca, tomate seco e orégano armazenados sob refrigeração. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

Stokes J. R., (2012). Oral rheology (Chen J and Engelen L: Food Oral Processing)

Salles C et al., (2010). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51 67

Szakály Z., Szente V., Kövér G., Polereczki Z. e Szigeti O. (2012). The influence of lifestyle on health behavior and preference for functional foods. *Appetite* 58:406.

Taggart, P. (2009). Starch. In Phillips, G.; Williams, P. *Handbook of Hydrocolloids*, 2ª Edição Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 108-140

Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1999). *Yoghurt: science and technology* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.

Tamime, A. Y., & Marshall, V. M. E. (1997). Microbiology and technology of fermented milks. In B. A. Law (Ed.), *Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk* (2ª ed., pp. 57- 152). London: Blackie Academic and Professional.

Thomas, D.T., Erdman, K.A. e Burke, L.M. *Nutrition and Athletic Performance. Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2016. 48(3): p. 543-568

Tipton, K. (1999) Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol*, 276: p. E628 - 34.

Yoghurt Syneresis and gelation. Acedido a 27 de abril de 2018. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/320584003_Yoghurt_Syneresis_and_gelation

Apêndice I – Valores de dureza e adesividade relativo a cada processo

Tabela I – Valores de dureza das coalhas XQ e AB

	Sem ingredientes	Inulina	Kefir	Carragenato	Inulina + Pectina	Pectina
	T1					
XQ	116	85	84	191	115	105
XQ	110	80	97	198	117	104
XQ	107	87	94	185	112	105
AB	123	142	122	127	93	112
AB	123	141	123	126	92	103
AB	129	125	122	124	87	99

Tabela II – Resultados da ANOVA dois fatores com repetição para a dureza das coalhas XQ e AB.

Fonte de variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	12,25	1	12,25	0,50748	0,483100493	4,25967727
Colunas	13377,47222	5	2675,494444	110,8375	8,94858E-16	2,62065415
Interações	13080,58333	5	2616,116667	108,3777	1,15677E-15	2,62065415
Dentro	579,3333333	24	24,13888889			
Total	27049,63889	35				

Tabela III – Valores de adesividade das coalhas XQ e AB

	Sem ingredientes	Inulina	Kefir	carragenato	Inulina+Pectin	Pectina
	a					
XQ	33	23	29	41	42	38
XQ	30	22	29	44	50	33
XQ	30	25	28	38	43	35
AB	24	42	22	46	41	23
AB	20	34	24	45	30	23
AB	24	32	24	41	35	23

Fonte de variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	100	1	100	10,7142857	0,003214718	4,259677
Colunas	1513,222222	5	302,6444	32,4261905	6,33389E-10	2,620654
Interações	669,3333333	5	133,8667	14,3428571	1,50972E-06	2,620654
Dentro	224	24	9,333333			
Total	2506,555556	35				

Tabela IV – Resultados da ANOVA dois fatores com repetição para a adesividade das coalhas XQ e AB.

	Sem ingredientes	Sem ingredientes	Amido nativo	Amido modificado	Pectina
	T2	T3			
NM	113	118	148	144	138
NM	110	120	135	142	130
NM	124	120	177	144	132
AB	148	148	190	129	176
AB	158	138	127	136	177
AB	159	138	169	165	176

Tabela V – Valores de dureza das coalhas AB e NM

Fonte de variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	3830,7	1	3830,7	19,14712	0,000292	4,351244
Colunas	3396,133333	4	849,0333333	4,243752	0,011987	2,866081
Interações	2102,133333	4	525,5333333	2,626791	0,065174	2,866081
Dentro	4001,333333	20	200,0666667			
Total	13330,3	29				

Tabela VI – Resultados da ANOVA dois fatores com repetição para a adesividade das coalhas AB e NM.

Tabela VI – Valores de dureza das coalhas AB e NM

Sem ingredientes	Sem ingredientes
T2	T3
107	145
106	138
106	138

Tabela VII – Resultados da ANOVA dois fatores com repetição para a adesividade da coalhada NM com CMC.

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	1734	1	1734	208,08	0,000134	7,708647
Dentro de grupos	33,33333	4	8,333333			
Total	1767,333	5				