



ADRIEL SASTRE MOREIRA

**PRINCIPAIS DEFEITOS EM QUEIJOS E SEUS MICRORGANISMOS
CAUSADORES**

Lavras

2023

ADRIEL SASTRE MOREIRA

Principais defeitos em queijos e seus microrganismos causadores

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador(a): Prof. Roberta Hilsdorf Piccoli

Lavras
2023

ADRIEL SASTRE MOREIRA

Principais defeitos em queijos e seus microrganismos causadores

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: 07 de novembro de 2023.
Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli UFLA
Dra. Fernanda Pereira UFLA
Dr. Danilo José Machado de Abreu UFLA

Prof. (a) Dr. (a): Roberta Hilsdorf Piccoli
Orientador (a)

Lavras
2023

RESUMO

Presente no Brasil desde o final do século XIX, o queijo é um produto presente na rotina dos brasileiros, com isso, é comum encontrarmos defeitos nestes produtos. Este trabalho tem como objetivo abordar os principais defeitos relacionados a microrganismos encontrados em queijos, abordando problemas como estufamento e rachaduras. Microrganismos como *Escherichia coli* e *Clostridium tyrobutyricum* são associados a esses defeitos, ressaltando a necessidade de compreensão das origens dos problemas. Com uma abordagem de revisão teórica, este trabalho discorre sobre os defeitos de estufamento tardio, estufamento precoce, olhaduras indesejáveis, os microrganismos causadores destes defeitos e seus metabolismos.

Palavras-chave: Defeitos em queijos, estufamento tardio, estufamento precoce, bactérias propiônicas, metabolismo.

ABSTRACT

Present in Brazil since the late 19th century, cheese is a common item in the daily lives of Brazilians, making it not uncommon to encounter defects in these products. This study aims to address the main defects related to microorganisms found in cheeses, covering issues such as swelling and cracks. Microorganisms like *Escherichia coli* and *Clostridium tyrobutyricum* are linked to these defects, underscoring the need to understand the origins of these problems. Through a theoretical review approach, this work delves into the defects of late blowing, early blowing, undesirable eyes, the microorganisms causing these defects, and their metabolisms.

Keywords: Cheese defects, late blowing, early blowing, propionic bacteria, metabolism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de produção do leite	12
Figura 2: Processo de coagulação do leite	13
Figura 3: Imagem do processo de sinérese	14
Figura 4 : Prensagem de queijos.....	16
Figura 5: Processo de Salga a seco.....	17
Figura 6: Queijo Minas com estufamento precoce	18
Figura 7: Queijo Petegrás com estufamento tardio	19
Figura 8: Queijo do reino com presença de olhaduras	21
Figura 9: Fermentação ácido-mista	22
Figura 10: Ilustração da reação.....	23
Figura 11: Fermentação butírica	24
Figura 12: Ilustração da reação	25
Figura 13 : Rota metabólica do acrilato	26

Sumário

1. Introdução	8
2 Material e Métodos.....	10
3 Referencial teórico	10
3.1 Definição e contextualização do queijo no Brasil.....	10
3.2 Processo de produção do queijo	12
3.2.2 Sinérese	14
3.2.3 Acidificação	15
3.2.4 Enformagem e Prensagem	15
3.2.5 Salga	16
3.3 Principais defeitos em queijos e os microrganismos envolvidos	17
3.3.1 Estufamento Precoce	17
3.3.1 Estufamento Tardio	19
3.3.3 Olhaduras indesejáveis – Bactérias propiônicas	20
3.4 Características e metabolismo dos microrganismos	21
3.4.1 Estufamento Precoce: <i>Escherichia coli</i>	21
3.4.2 <i>Clostridium tyrobutyricum</i> – Estufamento Tardio	22
3.4.3 Bactérias Propiônicas – Olhaduras indesejáveis	25
4.0 Conclusão	28
5.0 Referências	29

1. Introdução

De origens milenares, o queijo é um dos produtos mais antigos produzidos pelo homem. Seus primeiros indícios datam de 10.000 a.C, época da revolução do neolítico (ALCAMIN, 2017). No Brasil, a indústria de queijos teve início no final XIX, em Minas Gerais (BARBOSA, 2021). Com passar do tempo o queijo foi se tornando fundamental para o país.

Atualmente a indústria queijeira absorve 40% da produção de leite do país. Além disso, no Brasil, o consumo médio per capita é de 3,8 quilos de queijo por ano. (MILKPOINT, 2022). O estado de Minas Gerais é o maior produtor de leite e queijos no Brasil, mantendo as tradições queijeiras a mais de um século. Com isso, permitindo a existência de diversos mercados para o produto no Brasil (FURTADO, 2019).

Devido a grande produção de queijos do país, é comum ser encontrado defeitos nos produtos. Normalmente, estes defeitos se manifestam pelas propriedades sensoriais do queijo como a textura, o sabor e a aparência. Muitos defeitos estão diretamente relacionados a presenças de microrganismos, afetando não apenas a qualidade do produto, mas também podendo afetar a saúde do consumidor. Dentro do grupo de microrganismos que são responsáveis por causar defeitos em queijos pode-se destacar a *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Clostridium tyrobutyricum*, bactérias propiônicas, dentre outras.

Os queijos defeituosos podem apresentar imperfeições como estufamento, o qual pode ser tardio ou precoce, rachaduras, alterações de sabor, colorações indesejáveis, olhaduras, etc. Esses defeitos estão associados a falhas ou variações no processo produtivo, condições sanitárias e de armazenamento inadequadas, até mesmo a qualidade das matérias primas. É crucial estar atento a esses aspectos para garantir a qualidade e a integridade dos queijos, promovendo práticas que minimizem a ocorrência desses defeitos ao longo de sua produção e armazenamento.

A análise aprofundada dos defeitos em queijos é de suma importância, pois possui relação direta não apenas com a saúde do consumidor, mas também com a qualidade final do produto. A compreensão desses defeitos é fundamental para assegurar que os queijos oferecidos no mercado estejam em conformidade com os

padrões de segurança alimentar e atendam às expectativas dos consumidores em termos de sabor, textura e aparência.

Um dado relevante que destaca a significância do estudo dos defeitos em queijos é revelado por uma pesquisa conduzida pela Mintel, que aponta que 28% dos brasileiros consomem queijo diariamente. (DAXIA, 2020). Essa estatística ressalta a relevância desse produto na dieta cotidiana da população, tornando essencial uma abordagem em relação aos defeitos que possam comprometer tanto a experiência do consumidor, quanto a sua saúde e integridade nutricional dos queijos disponíveis no mercado.

Além disso, no estado de Minas Gerais, cerca de 30 mil produtores dedicam-se à fabricação de queijos artesanais, distribuindo suas atividades em 503 municípios. Desse total, nove mil são especializados na produção de queijo minas artesanal de leite cru, ou seja, a produção de queijos tanto em larga escala quanto artesanal é de suma importância para a economia do estado. (BRITO, 2018).

Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo sobre os principais defeitos presentes em queijos e os microrganismos envolvidos, visando compreender seus processos, principais causas de contaminação e características dos microrganismos responsáveis por causá-los. Tendo como objetivos específicos:

- 1 Apresentar o processo de fabricação base para o queijo e suas principais e mais críticas etapas.
- 2 Apresentar, de modo abrangente, os principais defeitos em queijos e os microrganismos envolvidos.
- 3 Listar os principais tipos de queijos afetados.
- 4 Apresentar as principais características dos microrganismos responsáveis pelos principais defeitos em queijos.
- 5 Associar os principais microrganismos causadores dos defeitos às falhas no processamento
- 6 Apresentar as rotas metabólicas microbianas envolvidas

2 Material e Métodos

Para abranger os objetivos desta pesquisa, foi utilizada uma abordagem metodológica com fundamentos em revisão bibliográfica. Definida através da coleta, seleção e análise crítica de uma variedade de fontes, incluído livros publicados, artigos científicos, relatórios técnicos, matérias jornalísticas e outros recursos válidos, todas as fontes diretamente relacionadas com o tema proposto. Na coleta de dados utilizou-se plataformas de busca e dados científicos como o Google acadêmico, Scielo, utilizando palavras-chave como “Queijos”, “Defeitos em queijos”, “Fabricação de queijo”, “metabolismo dos microrganismos”, etc.

As fontes selecionadas, relacionadas ao tema de defeitos em queijos e seus principais microrganismos, para esta monografia foram submetidas a uma análise crítica, a qual utilizou-se como critério de exclusão pontos como a falta de presença das informações pertinentes, permitindo uma busca minuciosa de informações pertinentes relacionadas ao tema proposto. Com isso, tornou-se possível a realização desta síntese, destacando os pontos centrais presentes na literatura relacionada ao tema.

3 Referencial teórico

3.1 Definição e contextualização do queijo no Brasil

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), explicitado na Portaria MAPA nº 146 de 07/03/1996,

entende-se por queijo o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactérias específicas, de ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes.

No Brasil são fabricadas ampla variedades de queijos, que refletem a própria formação cultural brasileira (ABIC, 2022). É possível notar como característica do mercado de queijos no Brasil uma segmentação entre: queijos comuns, queijos artesanais e queijos especiais (denominados “queijos finos”). (CHALITA, 2012).

Os queijos designados como "comuns" são aqueles que exibem características padronizadas em termos de sabor, textura e aroma. Em outras palavras, são queijos que não se destacam por uma característica distintiva. Esses produtos, geralmente produzidos em grande escala, são resultado do processo industrial, onde a ênfase recai sobre a uniformidade e a consistência. Esse tipo de queijo, com suas propriedades equilibradas e acessíveis, atende às demandas de um público amplo e é frequentemente associado às produções em larga escala por grandes indústrias do setor alimentício. (CHALITA, 2012).

Os queijos finos ou especiais são meticulosamente produzidos por indústrias em escala reduzida, caracterizando-se pela atenção cuidadosa dada a cada etapa do processo. Esses queijos exclusivos recebem denominações genéricas que remetem aos tipos de queijos europeus, os quais não estão sujeitos a certificações de origem restritivas em seus países de origem. Nesse contexto, a produção em pequena escala permite um foco maior na qualidade e na diferenciação, proporcionando aos consumidores a oportunidade de apreciar sabores únicos e autênticos, muitas vezes associados às tradições queijeiras europeias.(CHALITA, 2012).

A produção de queijos artesanais estabelece conexão com diversos fatores, incluindo a qualidade dos solos, matérias-primas, alimentação dos animais e práticas culturais consideradas tradicionais. Essa abordagem contrasta com a produção de produtos tecnológicos, uma vez que os queijos artesanais são elaborados de maneira mais manual e intimamente ligados a métodos tradicionais.

3.2 Processo de produção do queijo

O queijo é um produto produzido de diversas formas ao longo do território nacional, devido ao seu processo permitir diversas variações de suas propriedades organolépticas, cada tipo de queijo possui um processo de produção específico, porém algumas etapas são essenciais e comuns para todos os tipos de queijo. O processo de fabricação consiste em 5 etapas principais, são elas: coagulação, sinérese, acidificação, enformagem, prensagem e salga.

Antes do início da produção do queijo é necessário realizar uma seleção do leite e submetê-lo a pré-tratamento. A seleção é realizada com base na qualidade microbiológica e química do leite, este sendo analisado para certificar que está livre da presença de antibióticos e de microrganismos como o *Clostridium tyrobutyricum* (microrganismo responsável pelo defeito de estufamento). O pré-tratamento pode ser realizado de diversas formas, o produtor pode submeter o leite ao processo de pasteurização, porém ao ser pasteurizado, o leite irá resultar em um queijo com sabor e aroma menos intensos.

Isso ocorre, pois, a pasteurização elimina a microbiota do leite, ou seja, ele elimina as bactérias maléficas e benéficas (como as bactérias lácticas) presentes no leite. Além disso, o processo de pasteurização causa a desnaturação das proteínas, alterando o sabor, e reduz a complexidade das propriedades aromáticas do queijo. (SLOW FOOD, 2023).

Figura 1: Fluxograma de produção do queijo



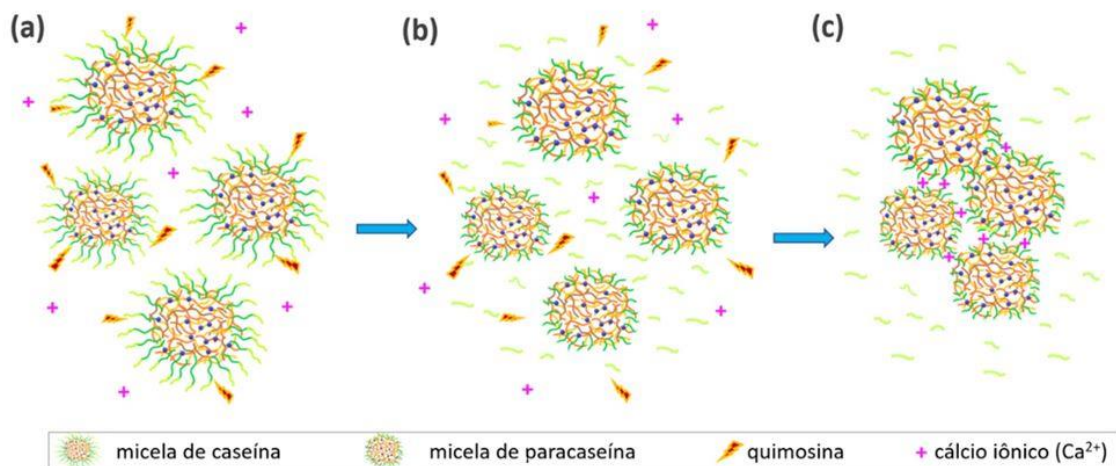
Fonte: Do autor (2023)

3.2.1 Coagulação

A coagulação ocorre com uma importante proteína do leite chamada caseína. A molécula de caseína é composta por cinco frações: caseína alfa-S1, caseína alfa-S2, beta-caseína, gama caseína e k-caseína. A química da coagulação afirma que a molécula de caseína é quebrada pela ação de qualquer agente coagulante em cinco frações diferentes e as frações se combinam com os íons de cálcio presentes no leite para formar uma massa de coalhada denominada de coágulo (SINGH; VYAS, 2022)

Existem dois tipos de processos de coagulação (Figura 2): (1) Coagulação ácida/láctica, que ocorre durante o processo de fermentação da cultura starter que forma ácido láctico e reduz o pH. A redução do pH e da temperatura ideal favorece a quebra das proteínas da caseína em diferentes frações e a interação entre elas leva à formação da coalhada. (2) A coagulação enzimática utiliza a enzima quimosina do coalho que quebra a k-caseína nas proteínas da caseína para formar um coágulo usando íons de cálcio (SINGH; VYAS, 2022)

Figura 2: Processo de coagulação do leite



Fonte: (MILKPOINT, 2021)

3.2.2 Sinérese

O processo de sinérese consiste na saída do soro do gel de coalhada (Figura 3), que é formado na etapa anterior. Esse processo ocorre quando o gel é cortado ou quebrado. Esta etapa é de suma importância pois nele é possível que o produtor controle a umidade da massa do queijo, permitindo assim, modificações em suas características.

Ao fazer queijo de leite coalhado ou acidificado, a sinérese é um passo essencial. Conseqüentemente, é útil entender e descrever quantitativamente a sinérese como função de propriedades do leite e condições de processo, particularmente quando novos métodos ou etapas de processo são introduzidos em fabricação de queijo (FOX; MCSWEENEY, 2004)

Figura 3: Imagem do processo de sinérese



fonte: (TEIXEIRA, 2023)

3.2.3 Acidificação

A produção de ácido no queijo durante a sua fabricação: Deve-se à conversão da lactose em ácido láctico pelas bactérias lácticas. O pH resultante da coalhada e do queijo afeta parâmetros como sinérese, consistência e maturação do queijo (WALSTRA, 2006)

Para o processamento de queijos, o ácido possui funções como: auxílio no controle e prevenção do crescimento de bactérias deteriorantes, causa a solubilização do cálcio, afetando a textura final do produto, etc. A produção de ácido na taxa e no tempo apropriados é o passo fundamental na fabricação de queijo de boa qualidade (FOX e MCSWEENEY, 2004).

Basicamente, dois tipos de bactérias iniciadoras são usados na fabricação de queijos: termofílico com temperaturas ótimas de aproximadamente 42°C e mesófilo, com temperaturas ótimas de aproximadamente 30°C. São invariavelmente bactérias do ácido láctico (BAL) e geralmente são adicionadas deliberadamente ao leite no início da fabricação do queijo. (ROBINSON, 2002).

3.2.4 Enformagem e Prensagem

Quando as características desejadas, tais como o pH ou a umidade, são atingidas pelo produto durante o processo, ocorre a retirada da massa do tanque resultando na separação entre a massa e o soro.

Na maioria dos casos, é desejável transformar a coalhada numa massa coerente que seja fácil de manusear, tenha tamanho adequado, certa firmeza e acabamento liso de superfície firme. Para isso, a coalhada é modelada colocando-a em formas ou aros; em queijos duros e na maioria dos queijos semiduros, a operação inclui a prensagem da coalhada (Figura 4). (WALSTRA, 2006).

Figura 4: Prensagem de queijos



Fonte: (ARSOP ,2023)

3.2.5 Salga

A salga é uma etapa essencial na fabricação do queijo. As funções primárias do sal incluem a preservação e seu efeito no sabor, consistência e maturação do queijo. Além disso, o crescimento de bactérias do ácido láctico é inibido com elevado teor de sal (WALSTRA, 2006).

A salga possui grande impacto na fase de maturação do queijo, caso a salga não seja bem executada, afeta diretamente a atividade enzimática e microbiológica do queijo, podendo assim resultar em defeitos no produto.

Os métodos aplicados na salga do queijo podem ser classificados como:

1. Salga a seco: Os cristais de sal são misturados com os grãos da coalhada, ou com os pedaços de coalhada moída resultantes do tradicional cheddaring.
2. Esfregar: Sal ou salmoura é esfregado na superfície do queijo. Atualmente, isso está restrito a salga de queijos que desenvolvem mancha microbiana na superfície. A fricção é repetida várias vezes.
2. Salga: O queijo é mantido imerso numa solução concentrada de NaCl (salmoura) até que a quantidade desejada de sal tenha sido absorvida. (WALSTRA, 2006).

Figura 5: Processo de Salga a seco



Fonte: (GONÇALVES, 2023)

3.3 Principais defeitos em queijos e os microrganismos envolvidos

Por se tratar de um processo complexo, a produção do queijo pode sofrer influência de diversos fatores, os quais podem contribuir para o aparecimento de defeitos no produto final. Estes defeitos podem abranger diversas características dos queijos como sabor, textura, aparência, odor e formato. Alguns dos defeitos mais comuns relacionados a microrganismos são: estufamento tardio, estufamento precoce, amargor, olhaduras indesejáveis (Bactérias propriônicas), coloração não desejável.

3.3.1 Estufamento Precoce

O estufamento precoce (figura 6) é um dos maiores problemas dos queijeiros. Ocorre quando há elevada produção de gás no interior do queijo que, no linguajar das queijarias, fica “batendo”: ao se bater com os dedos na superfície do queijo, este produz um “som oco”, bem característico. O defeito ocorre sempre entre a prensagem e a saída do queijo da salmoura. Ao corte observa-se a massa “rendada” repleta de pequenas olhaduras ou até mesmo bolhas na casca. O sabor e aroma também ficam anormais (FURTADO, 2005).

Figura 6: Queijo Minas com estufamento precoce



Fonte: (FURTADO, 2019)

Este defeito acontece devido a presença em grande quantidade de bactérias do grupo dos coliformes, com destaque para presença de *Enterobacter aerogenes* e *Escherichia coli*. Raramente, o problema se manifestará em queijos com mais de 3 dias de fabricação, pois já não apresentam lactose, o substrato para fermentação gasógena por coliformes (FURTADO, 2019)

O crescimento de coliformes não gera, necessariamente, alterações na textura do queijo, por que para tal seria necessária quantidade mínima desse microrganismo por grama, o estufamento é mais expressivo quando ocorre fermentação conjunta da lactose e do ácido cítrico (citrato) pelas bactérias do grupo dos coliformes, produzindo maiores quantidades de gás (FURTADO, 2019)

Para ocorrer o estufamento é necessário a presença de um foco de contaminação na fábrica (FURTADO, 2019). A contaminação pelos microrganismos deste grupo pode ocorrer de diversas maneiras como: falhas na pasteurização do leite (afetando principalmente produtos a base de leite cru), má manipulação do alimento (podendo ser tanto do produto, quanto de suas matérias primas), má higienização de utensílios, falta de sanitização dos equipamentos, falta de higiene pessoal e resíduos de antibióticos. Esse problema pode ser evidenciado em diversos tipos de queijo como: Queijo Minas, Queijo Parmesão, Queijo prato e queijo gouda.

3.3.1 Estufamento Tardio

O estufamento tardio é considerado um dos defeitos mais impactantes nesse produto, afetando principalmente queijos de maturação longa. Os principais queijos afetados são os queijos duros como o parmesão, provolone e reggianito, podendo também afetar queijos semiduros como o gouda e prato. Além destes queijos, o estufamento tardio (Figura 7) afeta principalmente o queijo tipo suíço, pois este possui pH mais elevado. Este defeito é causado, principalmente, pela presença de *Clostridium tyrobutyricum*, mas pode ser causado também por *Clostridium Butyricum* ou *Clostridium sporogenes* (que causa putrefação localizada). A gravidade do problema reside no fato de que *C. tyrobutyricum* é termoresistente (esporulado resiste a temperatura de pasteurização do leite) e encontra em queijos semiduros excelentes condições de crescimento (FURTADO, 2019). De acordo com Furtado (2005), os microrganismos citados competem diretamente com as bactérias propriônicas, metabolizando o lactato (ácido láctico) gerando o ácido butírico (Composto responsável pelo sabor de ranço em queijos), gás carbônico e gás hidrogênio, o qual por possuir baixa solubilidade em água causa o estufamento nos queijos, juntamente com a formação de buracos ou crateras no interior, podendo causar rachaduras no produto.

Figura 7: Queijo Petegrás com estufamento tardio



Fonte: Furtado (2019)

A contaminação do leite por *Clostridium tyrobutyricum* pode ocorrer pela silagem utilizada para alimentação do gado. De acordo com Furtado (2019), quando a silagem passa por um processo fermentativo inadequado, a contaminação no leite pode ultrapassar a 100.000 UFC/litro. *Clostridium tyrobutyricum* presente na silagem pode contaminar o leite no momento da alimentação do gado ou durante o processo de ordenha do animal. Outras possíveis causas do crescimento dos microrganismos seriam: utilização do fermento láctico com baixa atividade (o fermento atua como competidor metabolizando o lactato, se utilizado fora de sua plena atividade favorece o crescimento do *C. tyrobutyricum*), problemas relacionados ao pasteurizador (como ranhuras ou microfuros, permitindo a recontaminação do leite com o microrganismo), falta de higienização de tubulações, conexões e utensílios, falta de higiene pessoal dos colaboradores.

3.3.3 Olhaduras indesejáveis – Bactérias propiônicas

As bactérias propiônicas são desejáveis em determinados tipos de queijo como o suíço, pois este tem como característica a presença de olhaduras (Figura 7). Entretanto, para queijos de massa fechada como o parmesão, a fermentação propiônica proporcionada pelas bactérias propiônicas são indesejáveis no produto. Formam-se no queijo quantidades consideráveis de ácido propiônico e ácido acético, que modificam o sabor com tendências ao ligeiro adocicado (FURTADO, 2005).

Tendo como principal espécie *Propionibacterium freudenrichii*, as bactérias propiônicas encontram em queijos duros um ambiente propício para seu crescimento. Conforme citado por Furtado (2005), são alguns fatores favoráveis ao crescimento destes microrganismos: pH ligeiramente alto, baixo potencial de oxirredução, baixa difusão de sal (queijos grandes), longos períodos de maturação (facilita a fermentação propiônica no centro dos queijos).

Em regiões de pastos, onde o leite é ordenhado de maneira simples ou manualmente é comum a presença da microbiota propiônica (FURTADO, 2019). Sendo esta a principal causa de contaminação do leite, posteriormente o queijo, tendo em vista que algumas cepas podem sobreviver ao processo de pasteurização e durante o processo de maturação se manifestar.

Figura 8: Queijo do reino com presença de olhaduras



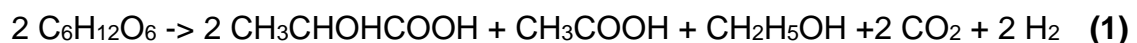
Fonte: Furtado 2019

3.4 Características e metabolismo dos microrganismos

3.4.1 Estufamento Precoce: *Escherichia coli*

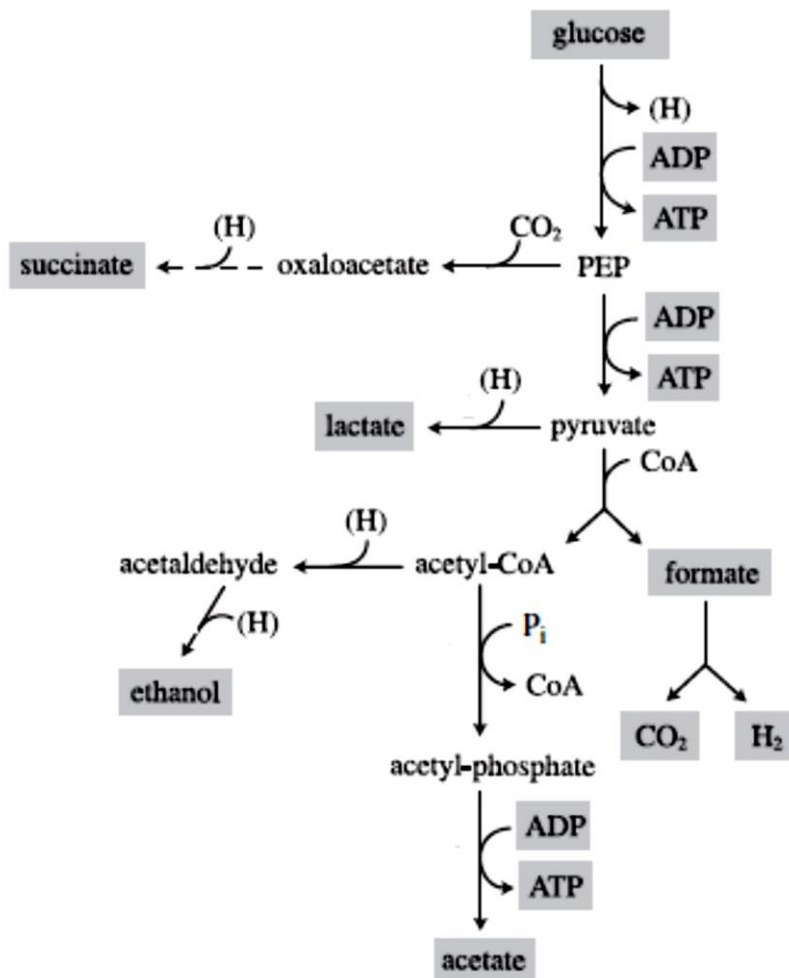
De acordo com Furtado (2019), *Escherichia coli* é um microrganismo termolábil, mesófilo, não-esporulado, gram negativo, anaeróbico facultativo, de origem fecal, podendo crescer em ampla faixa de temperatura, variando entre 10°C a 40°C. Sendo sensível ao cloreto de sódio, este microrganismo é praticamente inibido quando a A_w (Atividade da água) do queijo está em torno de 0,975.

Este microrganismo fermenta diferentes açúcares, quando fermentam lactose ou monossacarídeos que a compõe, como a glicose produzem diversas substancias dentre elas o CO_2 e o H_2 , como mostrado na equação 1.



Escherichia coli fermenta a glicose empregando a fermentação ácido-mista (Figura 9) onde são gerados vários metabólitos, que irão interferir no sabor, odor e aparência dos queijos.

Figura 9: Fermentação ácido-mista



Fonte: Carvalho (2018).

3.4.2 *Clostridium tyrobutyricum* – Estufamento Tardio

Clostridium tyrobutyricum pertence à família *Clostridiaceae* e são bastonetes mesófilos, gram positivos, anaeróbicos estritos e extremamente termoresistente. Não é um microrganismo patogênico. Os esporos podem suportar aquecimentos de até

100°C por 6 minutos. Sua temperatura ideal de crescimento está entre 32 e 37°C, mas podem se desenvolver em temperaturas que vão de 9 a 42°C. Não crescem no leite devido ao elevado potencial de oxirredução e não fermentam a lactose, mas crescem no queijo pela fermentação de lactato de cálcio, sua principal fonte de carbono (FURTADO, 2019).

Como citado por Walstra (2006), os principais produtos de decomposição são ácido butírico, CO₂ e H₂ e são dados pela reação estequiométrica dada na equação 2 e ilustrado na Figura 10.

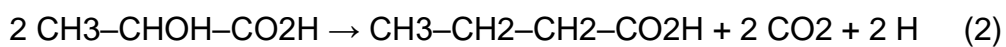
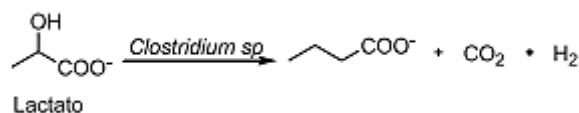


Figura 10: Ilustração da reação

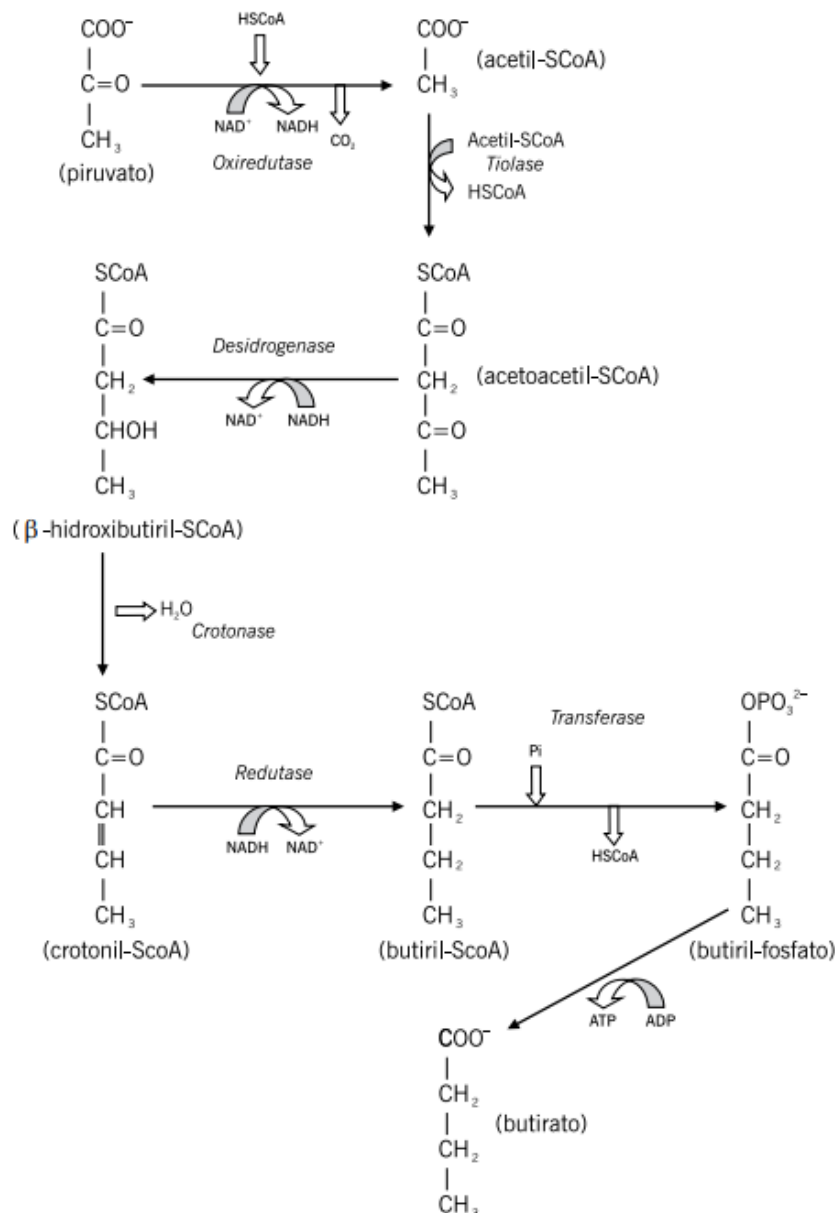


Fonte: Perry (2004)

De acordo com Furtado (2019), através da reação é possível deduzir que 180g de ácido láctico, se fermentado por *Clostridium tyrobutyricum*, pode chegar a produzir 88g de ácido butírico, 44,8 litros de CO₂ e 44,8 litros de H₂.

A fermentação butírica geralmente está associada ou ocorre depois da fermentação láctica, que produz ácido láctico e este, em meio aquoso, se dissocia em lactato e o íon H⁺. A reação química é realizada por bactérias anaeróbias, que têm a capacidade de fermentar lactatos presentes no queijo, formando metabolicamente o ácido butírico, acético, fórmico, gás carbônico e hidrogênio além de odores desagradáveis (CARVALHO, 2018). A Figura 11 representa a rota metabólica de formação do ácido butírico.

Figura 11: Fermentação butírica



Fonte: Kozloski (2002)

O butirato é formado a partir da condensação inicial de duas moléculas de acetil-S-CoA, formando acetoacetil-S-CoA, o qual é sequencialmente reduzido, desidratado e reduzido novamente para formar butiril-S-CoA. O grupo SCoA é substituído, então, por um grupo fosfato, originando butiril-fosfato, o qual é desfosforilado, liberando butirato. Um ATP é formado nesta última reação. (KOZLOSKI, 2002)

3.4.3 Bactérias Propiônicas – Olhaduras indesejáveis

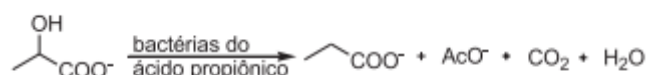
As bactérias propiônicas pertencem à classe das Actinobacteria, ao gênero *Propionibacterium* e são bacilos curtos, gram positivos, não formam esporos e crescem somente em baixas concentrações de oxigênio (variam naturalmente de anaeróbicas e aerotolerantes) (FURTADO, 2019). Essas bactérias têm como pH ideal de crescimento entre 6,0 e 7,0, porém conseguem crescer de maneira lenta em pH mais ácido e, ou básicos, num intervalo entre 4,6 até 8,5. Por se tratarem de microrganismos mesófilos, tem como temperatura ideal de crescimento 30°C, entretanto conseguem se desenvolver em temperaturas em torno de 12°C (FURTADO, 2019).

A espécie mais importante é *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii*. A maioria das espécies fermenta a lactose e todas fermentam o ácido láctico. No queijo a fermentação da lactose passa despercebida porque as bactérias se multiplicam lentamente e não pode competir com as bactérias iniciadoras. O ácido láctico é convertido em ácido propiônico, ácido acético, CO₂ e água, de acordo com a fórmula geral mostrada na equação 3. (WALSTRA, 2006).



O resumo do que acontece é mostrado na Figura 20.

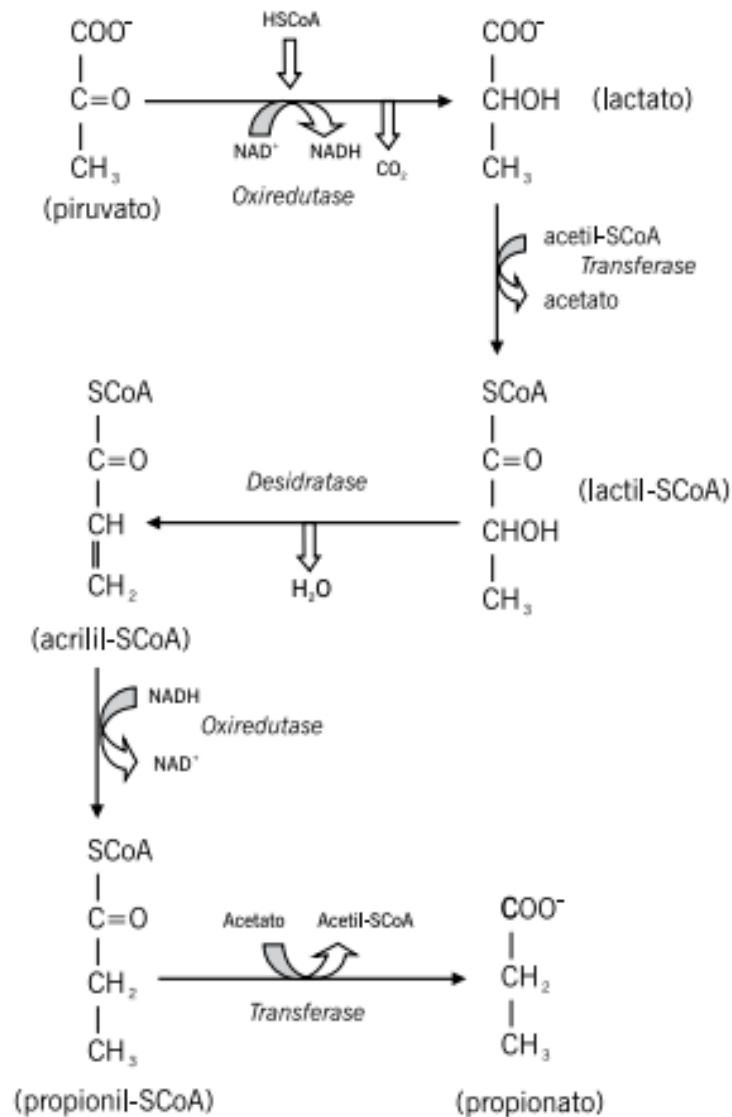
Figuras 12: Ilustração da reação



Fonte: Perry (2004)

As bactérias propiônicas tem a capacidade de produzir o ácido propiônico mesmo na presença da microbiota do ácido láctico. A formação do ácido propiônico é realizado através da rota do acrilato (Figura 21) conforme citado por Carvalho (2018).

Figura 13: Rota metabólica do acrilato



Fonte: (KOZLOSKI, 2002)

Por esta rota, o piruvato é, inicialmente, reduzido para lactato, o qual se associa com a coenzima-A, formando lactil-S-CoA. A seguir, lactil-S-CoA é desidratado, formando acrilil-S-CoA, que é reduzido, formando propionil-S-CoA e, finalmente, propionato. A redução do acrilil-S-CoA envolve uma cadeia de transporte de elétrons

na membrana e ferredoxina. A formação de propionato por esta rota não resulta na síntese de ATP. (KOZLOSKI, 2002)

4.0 Conclusão

Concluindo, este estudo proporcionou uma análise abrangente das intrincadas relações entre o processo de fabricação de queijo, os microrganismos envolvidos e os principais defeitos que afetam diferentes tipos de queijos. A compreensão das etapas críticas no processo de fabricação e a identificação dos microrganismos responsáveis por defeitos específicos são fundamentais para aprimorar a qualidade do produto final.

Ao listar os principais tipos de queijos afetados e apresentar as características dos microrganismos envolvidos, destacamos a necessidade de medidas preventivas e práticas de controle rigorosas na indústria queijeira. A associação direta entre microrganismos específicos, como *Escherichia coli* e *Clostridium tyrobutyricum*, com defeitos específicos, como estufamento precoce e tardio, ressalta a importância de estratégias proativas para mitigar tais problemas.

5.0 Referências

CÉSAR, J. et al. **PRINCÍPIOS BÁSICOS DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO: DO HISTÓRICO À SALGA** Basic principles of cheese production: from historical to salting. [s.l: s.n.].

CHALITA, M. A. N. O consumo de queijo como referência para a análise do mercado de qualidade do produto. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 545–562, set. 2012.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, L. H. P. **Cheese Chemistry, Physics and Microbiology Volume 1 General Aspects**. [s.l: s.n.].

FURTADO, M. M. **PRINCIPAIS PROBLEMAS EM QUEIJOS: CAUSAS E PREVENÇÃO**. [s.l: s.n.].

FURTADO, M. M. **Queijos Semiduros Queijos Semiduros**. [s.l: s.n.].

CARVALHO, G. B. M. DE. **DIAGNÓSTICOS E AÇÕES VISANDO O CONTROLE DE OLHADURAS GASOSAS NÃO DESEJÁVEIS EM QUEIJO**. [s.l: s.n.].

PERRY, K. S. P. **QUEIJOS: ASPECTOS QUÍMICOS, BIOQUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**Quim. Nova. [s.l: s.n.].

ROBINSON, R. K. **DAIRY MICROBIOLOGY HANDBOOK THIRD EDITION**. [s.l: s.n.].

SINGH, J.; VYAS, A. **Advances in Dairy Microbial Products**. [s.l: s.n.].

VILMAR KOZLOSKI, G. **Bioquímica dos Ruminantes-Gilberto Vilmar Kozloski**. [s.l: s.n.].

WALSTRA, P.; M WOUTERS, J. T.; GEURTS, T. J. **Dairy Science and Technology, Second Edition**. [s.l: s.n.].

O consumo de queijos no Brasil, **Daxia ingredientes e aditivos**, 2020. Disponível em: <https://www.daxia.com.br/o-consumo-de-queijos-no-brasil/>. Acesso: 13 de novembro de 2023.

Queijo Artesanal de Leite Cru, **Slow food Brasil**, 2023. Disponível em: <https://slowfoodbrasil.org.br/temas-campanhas/queijo-artesanal-de-leite-cru/>. Acesso em: 27 de novembro de 2023.

Caminhos para o crescimento na indústria do queijo no Brasil, **Milkpoint**, 2022. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/caminhos-para-o-crescimento-na-industria-do-queijo-no-brasil-229365/#>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.

BRITO, Sandra. **Queijo Minas artesanal agrega tradição cultural e valor para os produtores de leite**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/35193841/queijo-minas-artesanal-agrega-tradicao-cultural-e-valor-para-os-produtores-de-leite>. Acesso em: 24 de novembro de 2023.

GONÇALVES, Vinicius. **Como fazer queijo delicioso passo a passo**, 2023. Disponível em: <https://novonegocio.com.br/como-fazer/como-fazer-queijo/>, Acesso em: 25 de novembro de 2023.

TEIXEIRA, Silvana. **Coalhada do queijo de cabra. Como manejar ?**, 2023. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-cabras/artigos/coalhada-do-queijo-de-cabra-como-manejar>. Acesso em: 25 de novembro de 2023.

BARBOSA, Juliana, **Queijos. Que tal um pouco de história?**, 2021. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/queijos-um-pouco-de-historia/>. Acesso em: 23 de novembro de 2023.

Como o leite se transforma em queijo?, **Milkpoint**, 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/thermaufv/como-o-leite-se-transforma-em-queijo-228121/>. Acesso em: 22 de novembro de 2023.

Fabrico de queijo, **Arsopi**, 2023. Disponível em: <https://www.arsopi.pt/pt/catalogo/alimentar/lacticinios/fabrico-de-produtos-lacteos/fabrico-de-queijo/>. Acesso em: 24 de novembro de 2023.