



# Ha-La Biotec

NÚMERO 170 | JAN-MAR 2025

## PARTE 2

# Defeitos mais comuns em queijos

Analisar os principais defeitos em queijos fatiados é essencial para a indústria de lácteos, especialmente devido ao crescimento significativo deste formato de consumo no mercado brasileiro – único a registrar aumento no volume de vendas nos últimos anos, com uma taxa de crescimento anual de 3%<sup>1</sup> –, impulsionado principalmente pela demanda por Muçarela. Nesta edição, serão abordados os principais defeitos encontrados em queijos fatiados, com ênfase nos impactos sobre a produtividade e no comprometimento das características visuais e estruturais do produto final.

## Principais defeitos relacionados à produtividade

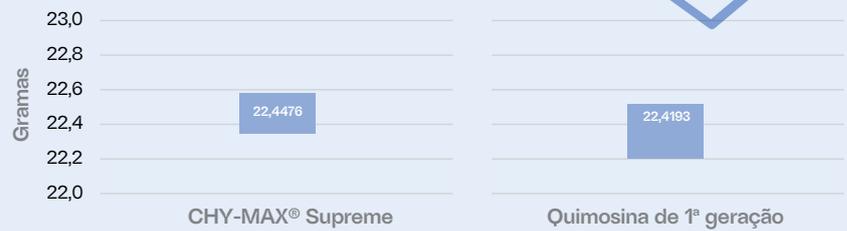
No processo de produção dos queijos fatiados dois dos principais desafios são: o excesso de peso nas fatias e a falta de casca nos queijos. Esses fatores afetam diretamente a eficiência da produção, a rentabilidade e a qualidade do produto. A maciez excessiva do queijo, resultante da alteração em sua textura, é um dos principais fatores que dificultam o fatiamento preciso, aumentando a probabilidade de variações no peso das fatias e, conseqüentemente, o risco de sobrepeço. Esse problema impacta diretamente os processos produtivos, gerando desperdícios, retrabalho e aumento de custos, além de expor a empresa a riscos legais e comerciais, conforme os limites estabelecidos pela Portaria 248/2008 do INMETRO. O descumprimento dessas normas pode acarretar autuações, multas e danos à reputação da marca, enquanto o fornecimento de fatias acima do peso declarado reduz a margem de lucro e compromete a competitividade.

O processo de proteólise, especialmente a primária, desempenha um papel crucial nesse contexto. Durante a estabilização/maturação do queijo, ocorre a hidrólise das caseínas, particularmente das  $\alpha$ 1 e  $\beta$ -caseínas, resultando na formação de peptídeos de alto peso molecular. A  $\alpha$ 1-caseína é a fração mais suscetível à clivagem inicial e possui papel determinante na definição da textura do queijo, sendo frequentemente associada à firmeza da matriz proteica. Sua hidrólise precoce pode contribuir para uma textura mais macia mesmo em queijos mais jovens, facilitando o fatiamento antecipado. No entanto, essa aceleração do amaciamento tem um custo: processos mais rápidos de degradação podem comprometer a estabilidade da textura a longo prazo, encurtando a vida de prateleira e aumentando o risco de defeitos estruturais no produto final. Esse processo é influenciado pelas proteases naturais do leite e pela enzima coagulante utilizada. A escolha do coagulante é determinante na extensão da proteólise primária. Coagulantes com baixo índice C/P (relação entre a capacidade coagulante e a atividade proteolítica) possuem elevada atividade proteolítica, promovendo uma degradação mais intensa das proteínas durante a estabilização/maturação. Como resultado, o queijo

adquire uma textura excessivamente macia e perde sua geometria original. Para minimizar a proteólise excessiva e manter a firmeza adequada do queijo, recomenda-se a utilização de coagulantes com elevado índice C/P, facilitando o fatiamento preciso e reduzindo o risco de variações no peso das fatias.

O gráfico ao lado evidencia que a amostra elaborada com o coagulante CHY-MAX® Supreme (índice C/P = 80) apresentou uma menor variabilidade no peso das fatias em comparação à amostra produzida com quimosina de primeira geração (índice C/P = 20). Essa conclusão é reforçada pela análise do coeficiente de variação (C.V.), uma métrica estatística que avalia o grau de dispersão dos dados em relação à média. Quanto menor o coeficiente de variação, maior é a uniformidade entre as amostras analisadas. Os resultados demonstram que CHY-MAX® Supreme alcançou um coeficiente de variação de apenas 0,67, enquanto a quimosina de primeira geração apresentou um valor significativamente mais elevado, de 1,11. Em termos práticos, isso significa que o uso do CHY-MAX® Supreme proporciona fatias de queijo com pesos mais homogêneos, com uma variação aproximadamente 40% menor em comparação ao coagulante tradicional. Esses resultados evidenciam que CHY-MAX® Supreme é a escolha ideal para produtores que buscam padronização no peso das fatias, contribuindo diretamente para a consistência do produto final

### Peso de fatias de duas amostras de Muçarela



Microrganismos	CHY-MAX® Supreme	Quimosina de 1ª geração
Média	22,45	22,42
Desvio padrão	0,15	0,25
Coeficiente de variação	0,67	1,11

e para a redução de desperdícios, resultando em ganhos de eficiência e qualidade na produção.

A ausência de casca nos queijos aumenta a aderência da superfície úmida às lâminas de corte, elevando o atrito e dificultando o deslizamento durante o fatiamento. Esse efeito prejudica a obtenção de fatias uniformes e gera perda de fragmentos, chamados de “finos”, especialmente em cortes mais estreitos, devido à maior deformação e quebra das bordas, exigindo ajustes na velocidade de corte. Por isso, a formação da casca é essencial para garantir a estrutura do queijo destinado ao fatiamento. A lixiviação é um fenômeno físico-químico caracterizado pela remoção de substâncias solúveis de um sólido em contato com um líquido, sendo uma das principais causas da ausência de casca em queijos. Isso ocorre quando o cálcio da superfície migra para a salmoura devido ao desequilíbrio osmótico, enfraquecendo a matriz proteica e dificultando a formação da

casca. Esse processo é mais intenso em salmouras novas, desprovidas de cálcio dissolvido, o que potencializa a perda de cálcio do queijo para a solução. A lixiviação excessiva de cálcio pode predispor o queijo à peptização, fenômeno em que as caseínas da superfície se tornam mais solúveis devido à perda de cálcio ligado, aumentando a capacidade de absorção de água e resultando em uma textura amolecida e gelatinosa.

Nos processos contínuos (hidrovias), surge a dúvida: se os primeiros queijos cedem cálcio à salmoura, não deveria haver um equilíbrio que impedisse a lixiviação nos queijos subsequentes? A resposta está no fato de que o cálcio liberado pelos queijos geralmente precipita em forma de sais insolúveis, como fosfato de cálcio ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) ou carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Como esse cálcio não permanece na forma solúvel, ele não contribui para o equilíbrio iônico necessário para preservar a estrutura da superfície dos queijos. Dessa forma, o uso contínuo da salmoura sem a reposição adequada de cálcio mantém o gradiente de concentração, intensificando a lixiviação e prejudicando a formação da casca nos queijos subsequentes. Para evitar esse problema, além de adicionar



cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) em salmouras novas, é essencial monitorar regularmente o teor de cálcio solúvel em salmouras de uso contínuo. Recomenda-se realizar reposições semanais utilizando uma solução de cloreto de cálcio a 0,10% para manter o equilíbrio necessário.

Vale destacar que o processo de filtração da salmoura, seja por ultrafiltração (UF) ou microfiltração (MF), remove apenas o cálcio insolúvel cedido pelos queijos, sem afetar o cálcio na forma iônica. Dessa forma, esses processos não interferem no equilíbrio iônico da salmoura, contribuindo para a manutenção das condições ideais para a formação da casca, sem comprometer o teor de cálcio necessário para o equilíbrio osmótico durante a salga.

Além da qualidade do queijo, a escolha dos equipamentos de fatiamento exerce um papel significativo na obtenção de cortes consistentes e padronizados. Máquinas bem projetadas, com lâminas afiadas e sistemas de ajuste precisos contribuem para um corte uniforme, minimizando a variação de peso entre as fatias e reduzindo a formação de finos. No entanto, o desempenho desses equipamentos depende, em grande parte, das características do queijo, em especial da textura. A combinação de um queijo com estrutura otimizada, geometria perfeita e equipamentos eficientes maximiza o rendimento, reduz desperdícios e assegura a conformidade com os padrões regulatórios, fortalecendo a competitividade da indústria no mercado.

### Produto final com defeitos

#### Trincas

As trincas em queijos fatiados não apenas comprometem o aspecto visual do produto, mas também dificultam seu manuseio e utiliza-

### Desequilíbrio na relação molar entre cálcio e fósforo



#### Deficiência na solubilização de cálcio

Queijo ainda jovem para suportar o processo de fatiamento. Nos primeiros dias, ocorre a solubilização do fosfato de cálcio, crucial para a formação de uma rede proteica coesa que permite o fatiamento perfeito do queijo minimizando perdas.

#### Excesso na solubilização de cálcio

A rede de proteínas enfraquecida não consegue se manter coesa, levando ao desenvolvimento de uma textura frágil e à formação de trincas durante o fatiamento.

ção. Esse defeito está diretamente relacionado ao equilíbrio entre a relação molar do cálcio e o fósforo presentes na matriz proteica do queijo, podendo ser causado tanto por uma deficiência quanto pelo excesso de solubilização do cálcio. O fosfato de cálcio coloidal formado a partir dessa relação é um composto que atua como agente estabilizador das micelas de caseína, sendo essencial para garantir a estabilidade estrutural e a qualidade no processo de fatiamento. A matriz proteica do queijo é formada principalmente por micelas de caseína, cuja integridade estrutural depende da ligação entre as proteínas e o fosfato de cálcio. Quando há um excesso de cálcio na forma insolúvel, ocorre uma reticulação excessiva das micelas, resultando em uma estrutura

rígida e quebradiça. Essa rigidez reduz a flexibilidade da rede proteica, tornando as fatias mais suscetíveis a trincas. Esse defeito é mais frequente em “queijos jovens”, que possuem maior teor de cálcio não solubilizado, contribuindo também para o desprendimento de pequenos fragmentos de queijo durante o fatiamento.

Por outro lado, uma acidificação excessiva, caracterizada pela queda acentuada do pH durante as etapas de fabricação, promove a dissolução em excesso do fosfato de cálcio, removendo parte do cálcio estrutural das micelas de caseína. Como resultado, a rede proteica perde coesão tornando-se instável e menos elástica, o que também favorece a formação de trincas. Esse desequilíbrio prejudica a integridade



## Controle da proteólise primária e secundária



### Composição do queijo

- UMD
- % SU (sal na umidade do queijo)

### Tempo e temperatura

- Temperatura do queijo no momento da embalagem
- Temperatura de estabilização
- Temperatura interna do queijo no momento do fatiamento

### Ingredientes

- Cepas produtoras de CPS
- Índice C/P do coagulante

de das fatias, aumentando o risco de rupturas durante o fatiamento. Portanto, o controle adequado do equilíbrio fosfato de cálcio é essencial para garantir a estabilidade estrutural do queijo, minimizando a ocorrência de trincas e otimizando o rendimento no fatiamento.

### -Adesividade

Adesividade em queijos fatiados refere-se à tendência do queijo aderir às superfícies de corte e às próximas fatias, causando transtornos aos consumidores. Esse fenômeno é influenciado pela proteólise, reação determinante para a alteração da textura dos queijos, tornando-os mais pastosos e, conseqüentemente, aumentando sua adesividade. Podemos identificar quatro agentes proteolíticos principais:

**Enzimas do coagulante** – A proteólise induzida pela quimosina durante a maturação afeta significativamente a textura do queijo, conforme mencionado anteriormente.

**Proteases endógenas do leite** – A plasmina é a principal enzima proteolítica endógena do leite e desempenha um papel decisivo na hidrólise da caseína durante a maturação do queijo, influenciando diretamente na adesividade de queijos fatiados. A atividade da plasmina resulta na degradação da caseína, especialmente da  $\beta$ -caseína e da  $\alpha_2$ -caseína, levando à formação de peptídeos menores que alteram a estrutura do queijo. Sua concentração aumenta quando o leite tem origem de vacas com mastites, o que indica alta contagem de células somáticas. O plasminogênio é o seu precursor quatro vezes mais abundante, ambos relacionados com a micela da caseína. Esse fato é de grande importância, pois uma vez que o plasminogênio é convertido em plasmina, agirá sobre a proteína do leite, hidrolisando as caseínas.

**Proteases e peptidases do cultivo adicionado** – As bactérias do fermento lácteo são fundamentais na fabricação de queijos, tanto pela produção rápida de ácido láctico, que reduz o pH, quanto pela

liberação de enzimas proteolíticas. Essas enzimas degradam as caseínas em peptídeos menores, influenciando a textura e o sabor do queijo. A escolha de culturas bacterianas, como *Streptococcus thermophilus* (frequentemente utilizado na fabricação de Muçarela e queijo Prato), é essencial para controlar a proteólise e, conseqüentemente, a textura e adesividade dos queijos, devido à sua baixa atividade proteolítica. É importante destacar que a utilização de microrganismos como *Lactobacillus helveticus*, contribui significativamente para o desenvolvimento do sabor nos queijos. No entanto, seu uso tornou-se menos comum ou passou a ocorrer em concentrações reduzidas devido à sua elevada capacidade proteolítica. Algumas poucas bactérias produzem polissacarídeos capsulares (CPS) que ajudam a reter água no queijo sem amolecê-lo. Assim, o uso de culturas bacterianas produtoras de CPS melhora a textura, o rendimento e a experiência do consumidor ao manusear e consumir queijos fatiados. Bactérias com essa capacidade são extremamente raras, mas a Novonesis possui essas cepas em alguns de seus cultivos, especificamente indicados para a fabricação de Muçarela e queijo Prato, com principal finalidade de unir rendimento e fatiabilidade.

**Enzimas liberadas por NSLAB** – As NSLAB são conhecidas por sua capacidade de crescer durante a maturação do queijo e produzir enzimas proteolíticas. Essas enzimas contribuem para a degradação das proteínas do queijo, aumentando a liberação de peptídeos e aminoácidos livres, o que pode afetar a textura e a adesividade das fatias.



Além dos agentes proteolíticos, alguns fatores catalisadores influenciam a proteólise, como: a composição do queijo (UMD e sal na umidade) e a temperatura de estocagem/estabilização, que afeta a atividade enzimática e, portanto, a taxa de proteólise.

O gráfico ao lado demonstra que a proteólise secundária do queijo Prato produzido com o cultivo DVS® BALANCE™ Max foi aproximadamente 25% menor em relação ao cultivo de linha, utilizando leite do mesmo silo. Estes resultados indicam que o DVS® BALANCE™ Max promove maior estabilidade estrutural, otimizando a eficiência no processo de fatiamento.

#### ■ Cristais de Lactato de Cálcio (CLC)

Os cristais de lactato de cálcio são um fenômeno que pode ocorrer em queijos, especialmente nos fatiados e acondicionados em bandejas de atmosfera modificada (ATM). Esses cristais se formam a partir do lactato, um subproduto da fermentação da lactose pelas bactérias lácticas. A formação de CLC pode ser influenciada por vários fatores,

incluindo o pH do queijo, a concentração de cálcio e a atividade das bactérias lácticas. As bactérias desempenham o principal papel nesse processo. O lactato formado pode apresentar-se nas formas isoméricas L ou D, dependendo de sua conformação química espacial que, por sua vez, é determinada

pelo metabolismo do microrganismo. O D-lactato de cálcio é menos solúvel que o L-lactato de cálcio. Durante a maturação dos queijos, ocorre uma elevação do D-lactato. NSLAB, como *Lactobacilli*, *Pediococci* e *Leuconostoc*, são capazes de formar mais D-lactato e de converter o L-lactato em D-lactato, devido à presença de racemases. Populações elevadas de NSLAB, com índices superiores a 10<sup>4</sup>/g, são suficientes para induzir um aumento significativo no D-lactato, contribuindo para a formação de CLC. A presença de CLC em queijos é frequentemente negligenciada pela indústria, principalmente porque as reclamações dos consumidores geralmente descrevem esses cristais como mofo branco.

#### ■ Dessoramento

O dessoramento é um fenômeno comum em queijos acondicionados em bandejas de ATM. Podemos identificar dois momentos distintos de dessoramento em queijos embalados na

### Proteólise secundária em queijo Prato

Índice de profundidade de proteólise



Para monitorar as ações das enzimas do fermento e de todas aquelas provenientes de contaminação, utiliza-se o índice de profundidade de proteólise. Este índice está relacionado principalmente com a atividade das endo e exoenzimas do cultivo empregado na fabricação do queijo, bem como das NSLAB.

### Formação de cristais de lactato de cálcio



■ **Baixa atividade do fermento:** Maior resíduo de lactose, proporciona mais substrato para NSLAB formar o D-lactato. NSLAB será sempre a principal fonte do defeito.

■ **Fatiamento de queijos com altas contagens de NSLAB, seguido da utilização do equipamento sem a devida limpeza por CIP (Clean-in-Place) ou COP (Clean-out-of-Place):** Pode resultar no carreamento de bactérias, comprometendo a qualidade microbiológica dos lotes subsequentes e aumentando o risco de contaminação cruzada.

■ **Exposição das fatias no setor de fatiamento:** Muitas vezes, um queijo não apresenta problemas visíveis, mesmo com a presença de D-lactato. No entanto, quando o queijo é fatiado e exposto à temperatura ambiente por alguns minutos, ocorre uma leve desidratação superficial, suficiente para saturar o lactato levando à formação de cristais.

■ **Propensão à formação de cristais em queijos fatiados em ATM:** Quando o queijo é fatiado e acondicionado em ATM, o CO<sub>2</sub> da mistura de gases pode reagir com a água livre no queijo (principalmente queijos com dessoramento), formando ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Este ácido se dissocia em íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>) e bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Os íons de hidrogênio podem reagir com os íons de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) do queijo, formando carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). Posteriormente, o lactato produzido pela fermentação da lactose pode interagir com o cálcio, resultando na formação de CLC.

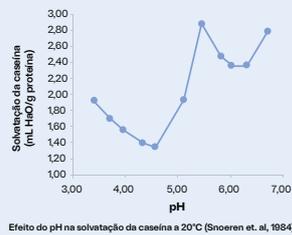


## Solvatação e variação de pH

### Solvatação da caseína e defeitos em queijos

Queijos com elevada pós-acidificação tendem a apresentar:

- pH muito baixo
- Pouca ou nenhuma elasticidade
- Textura quebradiça
- Sabor extremamente ácido
- Dessoramento.



Dessoramento por saída da água intersticial



Dessoramento por solvatação das caseínas

bandeja, um relacionado à umidade superficial, semelhante à condensação, e outro à exsudação do soro, correlacionado com a solvatação da caseína. A umidade superficial ou “suor” é resultado da saída da umidade intersticial, água presente nos espaços entre as micelas de caseína. Quando há uma diferença de temperatura entre o interior e o exterior da embalagem, essa umidade pode migrar para a superfície do queijo, onde se condensa e forma gotículas. Esse processo é mais comum em queijos fatiados antes do período de estabilização e pode ser exacerbado por flutuações de temperatura em gôndolas de supermercado.

Quando um queijo Muçarela envelhece em bandeja de ATM e começa a dessorar, esse processo pode ser associado à solvatação da caseína e à diminuição do pH causada por bactérias acidificantes. Solvatação refere-se à capacidade de micelas de caseína interagir com moléculas de água, formando uma camada de hidratação essencial para a estabilidade da matriz proteica. Algumas cepas de NSLAB, com elevada capacidade de produção de ácido láctico e redução de pH, podem ser responsáveis pela perda na solvatação. Isso pode levar a uma maior

liberação de umidade, especialmente durante a maturação, quando a estrutura da caseína é menos eficiente em reter água.

Outro mecanismo capaz de alterar a solvatação das caseínas é a alta proporção de CO<sub>2</sub> na bandeja. Esse gás possui efeito bacteriostático, inibindo o crescimento de bactérias deteriorantes aeróbicas e prolongando a vida útil do queijo, o que explica o interesse das indústrias em aumentar sua concentração. No entanto, essa prática pode trazer prejuízos, pois, ao se dissolver na umidade do queijo, o CO<sub>2</sub> forma ácido carbônico (H<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>), que reduz o pH do produto. Esse processo está relacionado ao conceito de pKa (força de um ácido), que representa o valor de pH no qual o ácido está 50% dissociado em seus íons. Quando o pH do queijo se aproxima do pKa do ácido carbônico, há maior liberação de íons H<sup>+</sup>, intensificando a acidificação da matriz proteica. Como consequência, a solvatação das micelas de caseína é afetada, resultando em dessoramento.

### • Estufamento da bandeja

Sabe-se que a relação mais comum para estufamento de queijos Muçarela e Prato em bandejas de ATM é a presença de bactérias

do grupo NSLAB, especialmente as bactérias heterofermentadoras de citrato. Uma outra possível causa de estufamento na bandeja é a descarboxilação de aminoácidos. Durante o processo de maturação e/ou estabilização do queijo, a caseína é degradada em peptídeos e aminoácidos pelas enzimas proteolíticas das bactérias e coagulantes. Aminoácidos livres são substratos para uma série de reações catabólicas que geram muitos compostos de sabor importantes. Alguns aminoácidos, como o glutamato, podem sofrer descarboxilação para produzir ácido  $\gamma$ -aminobutírico e uma quantidade bastante alta de CO<sub>2</sub> pela ação da enzima glutamato descarboxilase, que pode ser ativada em condições ácidas e anaeróbicas – como no queijo – promovendo o “inchaço” da bandeja.

Algumas bactérias, como *Streptococcus thermophilus* e *Lactococcus* subsp., possuem um sistema enzimático de glutamato descarboxilase que pode ser ativado em condições específicas, como pH baixo e ambientes anaeróbicos, comum na tecnologia de atmosfera modificada (ATM), que cria um ambiente anaeróbico dentro da embalagem ao remover quase todo o oxigênio e substituí-lo por outros gases, como nitrogênio e dióxido de carbono. É crucial garantir que cultivos utilizados na elaboração de queijos não contenham esse sistema descarboxilase. As cepas de cultivos da Novonesis são isentas desse complexo, assegurando a qualidade e segurança dos produtos.

<sup>1</sup> Kantar, 2023

### HA-LA BIOTEC

Produção trimestral da Novonesis

**Coordenação e edição:** Raquel Chiliz  
**Consultoria e redação técnica:** Tiago Silva, Michael M. Saito e Lúcio A. F. Antunes  
**Editoração:** Cia da Concepção

### DISTRIBUIDORES AUTORIZADOS

**Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul:** LC Bolonha Ingredientes Alimentícios Ltda. Tel. (41) 3139-4455 (bolonha@lcbolonha.com.br). **Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro:** Produtos Macalé. Tel. (32) 3224-3035 (macale@macale.com). **Goiás, Tocantins, Distrito Federal, Mato Grosso, Rondônia e Pará:** Clamalu

Comércio e Representações Ltda. Tel. (62) 3605-6565 (romulo@clamalu.com.br e j.clareth@clamalu.com.br). **Alagoas, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe:** Latec NE Ingredientes. Tel. (82) 98787-6564 (atendimentone@latecingredientes.com.br) **São Paulo, Amazonas, Roraima, Acre:** Latec Ingredientes. Tel. (15) 3202-1017 e (15) 98180-0002 (atendimento@latecingredientes.com.br).