REVISTA
DO INSTITUTO DE LATICÍNIOS CÂNDIDO TOSTES
v. 78, n. 1, jan-mar 2023

Revisão DOI: 10.14295/2238-6416.v78i1.923

O GOSTO UMAMI E SUA RELAÇÃO COM A PROTEÓLISE E TEMPO DE MATURAÇÃO EM QUEIJOS: UMA REVISÃO

Umami taste and its relationship with proteolysis and maturation time in cheeses: a review

Ana Letícia Kincheski Coelho[1], Ramon Ramos de Paula[1], Tatiane Mendonça Nogueira Carneiro de Albuquerque[2], Hellen Dea Barros Maluly[3], Rossana Catie Bueno de Godoy[4]*

RESUMO

Queijos são alimentos consumidos em diversas partes do mundo desde a antiguidade, principalmente por seus valores nutricionais e sabores característicos. Durante a maturação, aromas, sabores e texturas específicos são desenvolvidos devido as alterações bioquímicas. Fatores como a composição dos ingredientes, a degradação e o catabolismo que ocorrem durante a maturação geram uma diversidade de compostos que estão relacionados a qualidade sensorial dos queijos, que é governada por três vias bioquímicas: glicólise, lipólise e proteólise. Dentre elas, a proteólise pode ser considerada a mais complexa, pois envolve diversas reações químicas e enzimáticas que são essenciais para o sabor e aceitação desses produtos. Também é responsável pela liberação de peptídeos curtos que geram os gostos básicos importantes. Os principais contribuintes para a percepção do gosto umami, descoberto há mais de um século no Japão, são os sais do ácido glutâmico e uma extensa lista de aminoácidos decorrentes da proteólise das caseínas do leite. Com esta revisão, espera-se entender a influência da proteólise na formação do sabor de queijos, principalmente, na percepção do gosto umami.

Palavras-chave: gostos básicos, glutamato, aminoácidos, queijos maturados, análise sensorial.

---

1 Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia de Alimentos, Rua XV de Novembro, 1299, Centro, 80060-000, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: ramonramos1988@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná, Departamento de Medicina Veterinária, Curitiba, PR, Brasil.

3 Escola Maaloula, Piraju, SP, Brasil.

4 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil.

*Autor para correspondência

Recebido / Received: 09/09/2022
Aprovado / Approved: 02/02/2023

ABSTRACT

Cheeses are food consumed in different parts of the world since antiquity, mainly for their nutritional values and characteristic flavors. During maturation, specific aromas, flavors, and textures are developed due to biochemical changes. Factors such as ingredient composition, degradation, and catabolism that occur during maturation generate a diversity of compounds that are related to the sensory quality of cheeses, which is governed by three biochemical pathways: glycolysis, lipolysis, and proteolysis. Among them, proteolysis can be considered the most complex, as it involves several chemical and enzymatic reactions that are essential for the flavor and acceptance of these products. It is also responsible for releasing short peptides that generate important basic tastes. Major contributors to the perception of umami taste, discovered over a century ago in Japan, are the salts of glutamic acid and an extensive list of amino acids resulting from the proteolysis of milk casein. With this review, it is expected to understand the influence of proteolysis in the formation of the flavor of cheeses, mainly in the perception of umami taste.

Keywords: basic tastes, glutamate, amino acids, matured cheeses, sensory analysis.

INTRODUÇÃO

Até a década de 1980, quatro gostos básicos ou primários eram reconhecidos: salgado, doce, amargo e azedo. Contudo, ao longo dos anos, estudos identificaram um outro gosto, independente, reconhecido como o quinto gosto básico, denominado umami (NINOMIYA, 2002).

Uma das principais substâncias que conferem o gosto umami é o aminoácido glutamato, que deriva da força de atração eletrostática entre o grupo α-NH3+ e γ-COO-, formando um anel de 5 membros (NISHIMURA; KATO, 1988). Já foram reportados na literatura 52 peptídeos que podem conferir o gosto umami, mas com menor intensidade, como os dipeptídeos que apresentam L-glutamato na posição N-terminal: Glu-Asp, Glu-Thr, Glu-Ser e Glu-Glu. O ácido succínico, teanina, ácido gálico, teogalina, n-glicosídeos, n-acetilglicina, glicopeptídeos, ácido piroglutâmico e peptídeos são algumas das moléculas já estudadas que também demonstraram proporcionar esta sensação (NISHIMURA; KATO, 1988; ZHANG *et al*., 2017).

Queijos são derivados lácteos muito consumidos ao redor do mundo e no Brasil, também são muito apreciados. Em volume total de vendas, os queijos obtiveram crescimento de 124% no período de 2005 a 2016 (SIQUEIRA, 2019). No entanto, é interessante notar que questões regionais e as características sensoriais provocam diferenças no consumo dos diferentes tipos de queijos. Apesar de uma visível evolução, os queijos finos e maturados normalmente são menos aceitos por uma grande parcela da população brasileira, o que pode ser explicado pelo hábito mais frequente de consumo de queijos frescos (CASPIA *et al*., 2005; PINHEIRO, 2018; ROCHA *et al*., 2020; SIQUEIRA *et al*., 2021).

A utilização de técnicas analíticas laboratoriais permite a identificação e quantificação dos compostos isolados e, em conjunto com estudos do perfil sensorial podem identificar os sabores característicos, bem como o perfil de consumo de cada tipo de queijo (CURTO *et al*., 2020; BAYSAL; OZCAN, 2020). Vários autores discutem e correlacionam a presença e a quantidade de cada peptídeo e aminoácidos, com uma possível experiência perceptiva no momento do consumo e, por isso, os recursos humanos e instrumentais se complementam na descrição do sabor dos queijos.

Neste contexto, o objetivo desta revisão foi elucidar a influência da proteólise e dos produtos desta reação, na formação do sabor de queijos maturados, sobretudo, na percepção do gosto umami. Além disso, entender como o umami reflete na aceitação desses produtos pelos consumidores em geral.

REVISÃO DE LITERATURA

O processo de maturação e proteólise para a formação das características sensoriais do queijo

As características sensoriais de cada tipo de queijo são provenientes de uma série de transformações de ordem física, química e biológica, que, em sua maioria, ocorrem durante o processo de maturação. Esta etapa consiste em um período de armazenamento anterior à sua comercialização, que pode variar entre algumas semanas até 2 anos ou mais, a depender do resultado esperado em relação à vários fatores desejáveis e característicos de cada produto, como a textura, umidade, sabor, aroma, que se processam tanto na casca como no interior da massa sob a ação de enzimas e microrganismos (COSTA-JÚNIOR *et al*., 2014). Além disso, as características sensoriais percebidas também estão relacionadas à origem e qualidade do leite utilizado na sua produção, ao tipo de coagulante empregado para a formação da coalhada e ao tipo de cultura *starter*, que são culturas de microrganismos como bactérias, mofo e leveduras (DRAKE, DELAHUNTY, 2017; ZARZECKA *et al.,* 2020).

Estas características sensoriais dos queijos geralmente são descritas por meio de atributos definidos, que estão dentro das seguintes categorias: aparência, dependente de fatores como cor, presença de olhaduras, mofo, casca, tamanho e forma; sabor global, que pode ser descrito como salgado, umami, azedo, adocicado, adstringente, amargo, amanteigado, frutado, rançoso, pungente/picante; e textura, que envolve avaliações relacionadas à adesividade, cremosidade, esfarelamento, umidade, firmeza, granulosidade, viscosidade, entre outros (DRAKE; DELAHUNTY, 2017; ADHIKARI *et al*., 2003; MURRAY; DELAHUNTY, 2000; DRAKE *et al*., 2001; STAMPANONI, 1994). O sabor e a textura exercem um papel crucial para a identidade dos queijos, e são as características mais consideradas na aceitação e preferência do consumidor (DRAKE, 2007).

Alguns queijos não são adicionados de culturas *starters*, porém, queijos maturados passam por um processo de fermentação que pode ser constituída por uma microbiota complexa, seja pela adição de microrganismos, pela resistência de alguns ao processo de pasteurização, ou no caso de queijos artesanais, produzidos por culturas, geralmente selvagens, presentes no leite cru. Nestes casos, haverá uma série de metabolismos que determinarão diferentes perfis de sabor. Portanto, estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de entender os vários processos de fabricação, ingredientes e microbiotas lácticas presentes, bem como as principais vias bioquímicas que influenciam as características sensoriais do produto final (ZHENG *et al.*, 2021).

O processo de conversão do leite em uma massa coalhada é apenas a primeira etapa das várias transformações que ocorrem no processamento dos queijos. A maturação é a última etapa do processo de fabricação de muitos queijos como Cheddar, queijos do tipo Suíço e Parmesão, por exemplo (FOX *et al*., 2015). Durante a maturação, ocorrem três reações bioquímicas primárias complexas: a glicólise (metabolismo residual da lactose e do citrato), a lipólise (degradação da gordura) e a proteólise, que pode ser considerada como a mais complexa. Durante esta etapa, em maiores ou menores proporções, são formados vários produtos como peptídeos, aminoácidos livres, cetonas, ácidos orgânicos, ácidos graxos livres, dentre outros (FOX; SINGH; McSWEENEY, 1994; FIALHO, 2015; SANTIS, 2016).

Dentre as principais reações, destaca-se a proteólise (ou degradação) das caseínas do leite, com formação de peptídeos e aminoácidos. A presença desses compostos influencia na formação do perfil sensorial e na percepção dos gostos básicos, dentre eles o umami, pelos consumidores. Dessa forma, a proteólise é essencial não só na transformação do leite na massa queijeira, mas na continuidade desta reação durante a maturação, que pode determinar as características de sabor, aroma e textura de cada variedade do produto (FURTADO, 1991; BENAVIDES-SÁNCHEZ; PENA-SERNA, 2022).

Logo, verifica-se que a proteólise pode contribuir significativamente para o desenvolvimento do sabor e aroma do queijo, pois é considerada determinante para o grau de maturação, que envolve a separação e

quantificação dos compostos nitrogenados (McSWEENEY, 2017).

O grau de proteólise pode ser expresso quantitativamente por meio dos índices de extensão e profundidade de maturação, sendo a extensão caracterizada pela fração de substâncias solúveis nitrogenadas formadas em relação ao teor de nitrogênio total e a profundidade representada pela fração de nitrogênio não proteico (NPN) ou aminoácidos em relação ao nitrogênio solúvel total. O alcance de determinados índices de extensão e profundidade está diretamente relacionado à obtenção de atributos sensoriais específicos de cada variedade de queijo e, por isso, essas medições ao longo da maturação são ferramentas importantes nos controles de qualidade e processo dos queijos maturados (POMBO; LIMA, 1989; UBALDO *et al*., 2015).

A eletroforese, além de métodos cromatográficos, espectrofotométricos e titulométricos são algumas das análises utilizadas no controle e quantificação da proteólise (BALDINI, 1998). A representação esquemática do processo de proteólise do queijo pode ser visualizada na Figura 1.

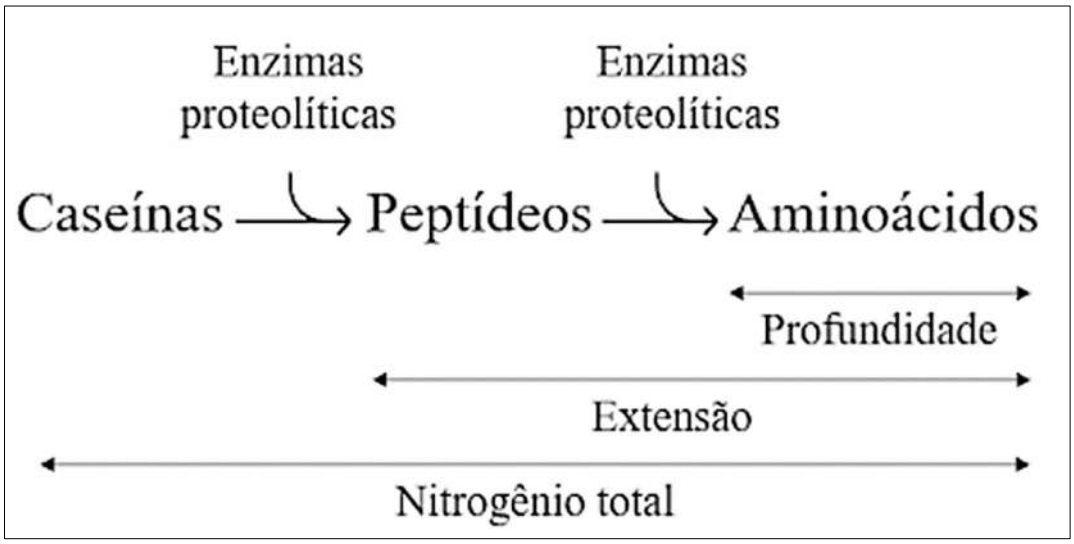

Figura 1. Produtos da proteólise e representação dos conceitos de extensão e profundidade em relação ao nitrogênio total.
Fonte: adaptado de Pombo; Lima (1989).

Estudos mostram que os índices de extensão e profundidade são crescentes ao decorrer do período de maturação, com extensão variando de 7,41% a 16,88% e de 6,84% a 13,89%, e profundidade variando de 2,85% a 15,02% e de 2,70% a 7,96% para queijos Coloniais da Serra Catarinense e queijo tipo Prato, respectivamente, considerando um período de maturação de 40 dias (BALDINI, 1998; CORSATO, 2021).

Para avaliar a atividade proteolítica em queijos maturados por *Enterococcus faecium, Lactococcus lactis* e pela mistura dos dois, Bonfim (2019) concluiu por meio do índice de extensão da proteólise, que o gênero *Enterococcus* aumentou o grau de hidrólise primária das caseínas, com resultados variando de 3,67% para 16,49% em 60 dias, enquanto o *Lactococcus lactis* foi o que mais promoveu a proteólise secundária, visto que os queijos inoculados por este fermento obtiveram índices maiores de profundidade durante a maturação, variando de 1,39% para 12,07% em 60 dias.

Além de bactérias, os fungos também são agentes que influenciam nos índices de proteólise em queijos mofados. Em 40 dias de maturação, Judacewski (2020) observou um aumento de 86% a 87% no índice de extensão da proteólise e de 87% a 88% no índice de profundidade em relação

ao dia zero, em queijos maturados por mofo branco, utilizando esporos frescos e comerciais de *Penicillium candidum*.

A proteólise primária sendo otimizada, o resultado é percebido principalmente no aumento da maciez do queijo. Entretanto, a partir da proteólise primária, é possível o desenvolvimento de uma proteólise secundária, o que gera novos precursores de sabor como peptídeos curtos e aminoácidos que podem interferir de formas positivas ou negativas. Muitos desses peptídeos contribuem para o aparecimento de gosto amargo, o que é considerado um defeito, porém, em uma concentração apropriada e equilibrada por outros compostos, os peptídeos amargos podem até contribuir positivamente ao sabor do queijo (UPADHYAY *et al*., 2004; FOX *et al*., 2015; ARDÖ *et al*., 2017).

As reações secundárias mais comuns são a descarboxilação, desaminação e dessulfuração, além da interação com carbonilas em determinadas condições, via reação de Maillard e degradação de Strecker (FOX *et al*., 2015).

A proteólise e a formação do gosto umami

As proteínas, no geral, não apresentam gosto. Contudo, a partir de sua degradação e com a liberação de peptídeos e aminoácidos livres, os gostos podem se sobressair. Vários tipos de alimentos e temperos contêm grande quantidade de aminoácidos livres, liberados a partir da quebra de suas proteínas constitutivas (NINOMIYA, 2002). Queijos, principalmente aqueles que passaram por longos períodos de maturação, são ricos em compostos que proporcionam o gosto umami (DRAKE *et al*., 2007).

O gosto umami foi descoberto em 1908 pelo químico japonês Kikunae Ikeda, que percebeu um gosto totalmente diferente das quatro categorias, até então conhecidas, em um caldo feito de uma alga marinha (*Kombu dashi*). A partir de pesquisas sobre sua composição, foram descobertos cristais compostos pelo aminoácido glutamato, também conhecido como ácido glutâmico. Em 1913, Shintaro Kodama, discípulo de Ikeda, identificou o nucleotídeo inosinato ou inosina-5'monofosfato (5'-iosinate – IMP) e, em 1957, o Dr. Akira Kuninaka identificou o nucleotídeo guanilato ou guanosina-5'-monosfosfato (5'- guanylate - GMP), substâncias que também foram associadas ao quinto gosto. Kuninaka percebeu o sinergismo entre o glutamato e os nucleotídeos e verificou que, quando misturados, a intensidade do gosto umami aumentava consideravelmente (NINOMIYA, 2002; UMAMI INFORMATION CENTER, s.d.).

O sabor de queijo maturado provém da presença de aminoácidos como o ácido aspártico e glutâmico e asparagina, os quais apresentam gosto umami. O gosto amargo é percebido na presença de leucina, tirosina, valina, lisina e isoleucina, enquanto metionina e glicina são de gosto doce. No entanto, alguns aminoácidos, como a metionina, glicina e a valina têm ação sinergística no gosto umami em mistura com o glutamato monossódico (OCHI *et al*., 2012). Por exemplo, para o queijo Cheddar, ocorre a percepção dos gostos amargo, salgado, azedo, doce e umami, sendo os dois últimos positivamente correlacionados com queijos obtidos a partir de 7 e 9 meses de maturação (CASPIA *et al*., 2005; LIPKOWITZ *et al*., 2018).

No estudo realizado por Ochi *et al*. (2013), a relação entre o perfil metabólico e os aspectos sensoriais do queijo Cheddar foram investigados. O atributo umami foi incluído como característica sensorial do "sabor rico", que foi definido como "espesso e rico, incluindo gosto umami e sabor de molho de soja". Com o objetivo de construir um modelo de previsão para o "sabor rico", utilizaram a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS) e identificaram que a prolina, leucina, valina, isoleucina, lisina, ácido lático, tirosina, serina, fenilalanina, metionina, ácido aspártico e ornitina contribuíam significativamente para esse sabor, o que sugere a utilização desses aminoácidos como marcadores no monitoramento do processo de amadurecimento do queijo.

De forma similar, Chen *et al*. (2021) fizeram uma avaliação da cinética da maturação em lotes

de queijo Cheddar por um período de 450 dias. E os aminoácidos metionina, serina, tirosina, tiramina e lisina foram citadas como compostos com concentração crescente no decorrer da maturação. Já Drake *et al*. (2007) correlacionam a presença do gosto umami no mesmo queijo com a presença do glutamato monossódico, inosina-5'-monofosfato dissódico, cloreto de sódio adicionado no processo de salga e ao ácido lático formado durante a fermentação.

Varming *et al*. (2013) avaliaram as características sensoriais de queijos em pó elaborados a partir de queijos curados, correlacionando-as com os compostos voláteis, compostos de aroma chave, aminoácidos e ácidos orgânicos. Os autores verificaram que o teor de ácido glutâmico foi maior no queijo em pó feito a partir do queijo duro e do queijo azul, sendo caracterizados com o atributo umami. Por meio da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), concluiu-se que os perfis sensoriais dos queijos em pó eram dependentes das características sensoriais específicas de cada queijo utilizado em sua composição. Além disso, o umami apresentou correlação negativa com os compostos voláteis sugerindo que esse atributo sensorial seria mais facilmente percebido em produtos que apresentam fraco odor.

A ADQ também foi utilizada, além de métodos instrumentais, para correlacionar a presença de aminoácidos livres, lactato de sódio e ácidos orgânicos com a percepção do gosto umami nos queijos tipo suíço (DRAKE *et al*., 2007) e Gouda (TOELSTEDE; HOFMANN, 2008; JO *et al*., 2018; KANDASAMY *et al*., 2020), que incluem os ácidos propiônico e succínico, Camembert (KANDASAMY *et al*., 2020; CHEN *et al*., 2022), Berg, Brie, Reblochon, Appenzeller, Emmental, Fril, Quark e Brown (KANDASAMY *et al*., 2020) em diferentes tempos de maturação. Em avaliações do queijo tradicional italiano Canestrato di Moliterno (FACCIA *et al*., 2022), bem como no queijo Comté (SALLES *et al*., 1995) e em queijos de curta maturação (21 dias) (TETER *et al*., 2020), o ácido glutâmico/glutamato foi o mais abundante, chegando a representar 21,5% do conteúdo total de aminoácidos.

A Tabela 1 apresenta estudos dos últimos 10 anos que utilizaram a análise sensorial e avaliaram o atributo umami em queijos com o objetivo de melhorar ou controlar suas características sensoriais. Percebe-se que foi justamente a ADQ, juntamente com o painel de consumidores, a técnica de análise sensorial mais empregada. Este método é utilizado para quantificar a intensidade e qualificar o tipo das propriedades sensoriais logo após a estimulação sensorial, sendo muito utilizada para a otimização e medição dos atributos sensoriais de diferentes produtos lácteos (STONE, *et al.*, 2020; JANIASKI *et al*., 2016; FERRÃO *et al*., 2018).

Uma abordagem geral com três etapas relaciona os dados obtidos de forma analítica e os dados sensoriais. Drake (2007) descreve que a primeira etapa consiste na seleção dos produtos que apresentam os sabores desejados usando a análise sensorial descritiva. Posteriormente, é necessário identificar os compostos por meio de análises instrumentais e na terceira etapa é realizada a quantificação, análise de limiar e a análise sensorial descritiva com base em sistemas modelo, concluindo que quando as técnicas sensoriais e instrumentais são usadas de modo otimizado, os resultados obtidos são benéficos para ambas.

A utilização de análises instrumentais como a língua eletrônica (LIPKOWITZ *et al*., 2018; WALSH *et al*., 2020; ZHU *et al*., 2022), a ressonância magnética nuclear (RMN) (KANDASAMY *et al*., 2020; CHEN *et al*., 2022) e a GC-MS (OCHI *et al*., 2013) também foram bastante exploradas, visto a possibilidade da construção de modelos que correlacionam os compostos identificados com os atributos sensoriais (CURTO *et al*., 2020; BAYSAL; OZCAN, 2020).

Tabela 1. Pesquisas realizadas nos últimos 10 anos que avaliam o atributo umami pela análise sensorial

Tipos de queijo	Objetivo	Resultados	Análise sensorial	Referência
Cheddar	Avaliar o atributo umami e a aceitação de queijo Cheddar com baixo teor de sódio e com a utilização de intensificadores de sabor.	A intensidade do gosto umami e o aroma e sabor de caldo foram relacionados com o uso do 5' inosinato dissódico. No teste de aceitação as amostras tiveram uma baixa pontuação devido ao gosto umami e, sabor e aroma de caldo mais acentuados, ao contrário de outros intensificadores como o 5' guanilato dissódico que apresentou um efeito sensorial estatisticamente não significativo quando comparado ao queijo sem intensificador.	ADQ e teste de aceitação com o consumidor	Grummer *et al.*, 2013
Cheddar e Mussarela	Desenvolver métodos para fabricação de queijo Cheddar integral e queijo Mussarela parcialmente desnatado e com baixa umidade, utilizando diferentes níveis de sais e verificar a percepção do gosto salgado pelos consumidores.	Ambos os queijos produzidos com níveis mais baixos de sal apresentaram uma menor percepção do gosto umami. Os queijos que apresentaram maior nível de sal foram mais apreciados pelos consumidores quando servidos individualmente ou em pizzas ou quesadillas, sendo que com 50% e 60% de redução de sal, os queijos foram pontuados como "gostei um pouco" e "não gostei nem desgostei".	Perfil de textura, ADQ e painel de consumidores (teste de aceitação e intenção de compra)	Ganesan *et al.*, 2014
Mix de queijos duros, Emmental, Brunost, queijo azul	Verificar a melhoria de sabor, a influência na composição química, propriedades sensoriais e perfil de compostos voláteis em salsichas com baixo teor de sal pela adição de queijo em pó.	As amostras controle apresentaram um valor menor para o atributo umami quando comparadas com as amostras contendo queijo em pó. O aumento do atributo umami nas salsichas foi explicado pelos autores devido a presença dos compostos como os ácidos aspártico e glutâmico, e de alguns peptídeos nos queijos.	ADQ	Xiang *et al.*, 2017

Cheddar	Avaliação do atributo umami de queijo Cheddar integral com diferentes relações de proteína-gordura, por meio de uma análise descritiva quantitativa (ADQ), um painel de consumidores e pela língua eletrônica, avaliando o queijo ao longo do tempo de envelhecimento.	Pela língua eletrônica os autores perceberam que o atributo umami apresentou mudanças pequenas ao longo do tempo para 3 formulações com diferença na relação proteína-gordura, o que não percebido pelos painelistas, o que sugere que a língua eletrônica seria mais sensível aos sabores do que os humanos e poderia ser utilizada para monitoramento da rotina de formulações de queijo. Além disso pela ADQ foi verificado que o atributo umami apresentou um aumento no 5º mês, permanecendo estável durante o período restante da maturação.	ADQ e painel de consumidores	Lipkowitz *et al.*, 2018
Queijo Caccio Cavallo	Avaliar o efeito do método de conservação da forragem, silagem ou feno, utilizada para a alimentação das vacas sobre as propriedades sensoriais e compostos voláteis de um queijo tradicional Caccio Cavallo.	O atributo umami foi percebido com maior intensidade nos queijos produzidos com o leite de animais alimentados com silagem de sorgo do que os produzidos a partir do feno, assim como um maior amargor que pode ter sido gerado pelo acúmulo de peptídeos de gosto amargo derivados da proteólise. Os autores não verificaram o gosto umami durante a análise dos compostos voláteis, porém ocorreu uma maior presença de cetonas e ácidos nos queijos fabricados com o leite de animais alimentados com silagem de sorgo. A preferência do consumidor foi afetada pelo tempo de maturação e pela dieta, sendo o queijo produzido com leite de animais alimentados com feno o mais aceito.	ADQ e painel de consumidores	Serrapica *et al.*, 2020
Cheddar	Verificar a influência das elevadas temperaturas de maturação nas propriedades sensoriais e químicas do queijo Cheddar branco envelhecido e analisar as mudanças ao	Para as amostras com temperatura de maturação de 10°C, o atributo umami apresentou-se mais intenso, assim como para o sabor envelhecido, sabor diacetil e aroma de gordura de leite. Após 8 meses de maturação as amostras armazenadas a 10°C e 12,8°C, apresentaram maiores gostos umami, azedo, envelhecido e sabor de enxofre e aroma de caldo, quando comparados	Painel sensorial treinado e painel de consumidores	Walsh *et al.*, 2020

	longo da maturação no perfil de sabor não volátil utilizando a língua eletrônica.	com as amostras comerciais, maturadas a 7,2°C. As amostras maturadas a 10°C foram mais aceitas quando comparadas as amostras envelhecidas a 12,8°C.		
Queijo tradicional italiano Fossa	Avaliar a influência do envelhecimento em cavernas subterrâneas de queijo Fossa em sua composição química, cor, características sensoriais e compostos aromáticos.	As diferentes cavernas utilizadas no estudo causaram mudanças gradativas na composição do queijo, influenciando assim no desenvolvimento da microbiota. Para o atributo umami, doce e leite, estes se relacionaram negativamente com o primeiro componente, que explicava cerca de 39,4% da variância total entre as amostras. Entretanto, pode-se perceber com a análise que os consumidores preferiram os queijos mais suaves e que apresentaram um maior sabor doce, de leite e umami.	ADQ e painel de consumidores	Santis, Fidaleo, 2022
Cheddar	Comparar a textura, proteólise e as propriedades sensoriais do queijo Cheddar produzidos com quimosina bovina e quimosina de camelo produzidas por fermentação, além de uma quimosina de camelo produzida por fermentação modificada.	Após 180 dias de maturação, os queijos produzidos não possuíam diferenças significativas nos sabores leitoso, de leite, gordura de leite, gostos doces, salgado, azedo ou umami. Pela ADQ foi possível observar que os queijos produzidos com a quimosina de camelo apresentavam menor sabor de enxofre, caldo, cevada e gosto amargo, do que os queijos produzidos com a quimosina bovina.	ADQ	Li *et al.*, 2022
Queijo da Mongólia	Análise microbiológica, valor de pH, aminoácidos livres, compostos voláteis, análise sensorial e das mudanças dinâmicas dos metabólitos durante o armazenamento do Queijo da Mongólia.	Foi verificado pela análise dos compostos que durante o tempo de estudo, ocorreu uma diminuição entre os aminoácidos (serina, glicina, alanina, metionina, treonina), ácido aspártico e ácido glutâmico, sendo os dois últimos os responsáveis pelo gosto umami, ao contrário dos teores dos aminoácidos responsáveis pelo amargor e a adstringência, que aumentaram. Essa redução	ADQ	Zhang *et al.*, 2022

			poderia ser atribuída a síntese de ácido lático pelas bactérias lácticas e pela produção dos compostos aromáticos. As vias metabólicas da alanina, do ácido aspártico e glutamato foram significativamente afetados pelo tempo de armazenamento.
Cheddar	Avaliar a intensidade umami percebida de sete diferentes categorias de alimentos por meio da comparação pareada, utilizando o glutamato monossódico como referência e verificar se a concentração equivalente de umami por língua eletrônica e análise química poderiam ser utilizadas para a quantificação da intensidade umami percebida.	Comparação pareada	Foi verificado que a intensidade percebida do umami equivalente às concentrações de glutamato monossódico (MSG) foi de 24,15 PIU. Também foi verificado os níveis de três diferentes nucleotídeos (5'-GMP - Sal dissódico do ácido 5'-guanílico, 5'-IMP - inosina-5'-monofosfato e 5'-AMP - adenosina 5'-monofosfato) e dois aminoácidos (ácido aspártico e ácido glutâmico) entre as categorias para verificar a concentração umami equivalente (EUC) dos alimentos. O queijo Cheddar apresentou o EUC de 34,8 g MSG/100 g (mL). Os autores concluíram que o uso da língua eletrônica combinada com a modelagem de dados poderia ser utilizado para a quantificação do sabor.	Zhu *et al.*, 2022

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os artigos pesquisados, vê-se que a maioria se concentra no queijo Cheddar e na diminuição do teor de cloreto de sódio na produção. A avaliação do atributo umami por meio da ADQ foi observada apenas no que diz respeito a sua intensidade. Devido à variedade de queijos existentes, mais estudos deveriam ser realizados a fim de analisar o atributo umami e sua formação, tanto pela identificação das vias metabólicas para sua formação quanto a sua influência na aceitação do consumidor.

O objetivo de elucidar a importância e influência da proteólise na formação do sabor em queijos e, sobretudo, na percepção do gosto umami, foi alcançado. A partir desta revisão, percebe-se que o glutamato, além de outros nucleotídeos e ácidos orgânicos atuam como destaques na atribuição do gosto umami e desempenham um importante papel no sabor de uma grande variedade de queijos maturados. Além disso, foi possível chegar a um entendimento de que a relação funcional da análise sensorial com as medidas instrumentais pode ser colocada como tarefa de modelagem de uma relação altamente complexa, que permite predições confiáveis do atributo sensorial "gosto umami" em queijos, de acordo com o tempo de maturação, além de outras variáveis.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, K.; HEYMANN, H.; HUFF, H. E. Textual characteristics of lowfat, fullfat and smoked cheeses: sensory and instrumental approaches, **Food Quality and Preference**, v. 14, n. 3, p. 211-218, 2003. DOI: 10.1016/S0950-3293(02)00067-8

ARDÖ, Y. *et al*. Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis. *In*: McSWEENEY, P. L. H.; *et al*. (ed). **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, 4. ed. San Diego: Academic Press, 2017. cap. 8, p. 445-482.

BALDINI, V. L. S. **Proteólise em queijo tipo prato durante a maturação**. 1998. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BAYSAL, S.; OZCAN, T. Characterisation and consumer liking of white cheeses from different milk fermentation: correlation between sensorial and instrumental analyses. **International Food Research Journal**, v. 27, n. 6, p 1132-1140, 2020.

BENAVIDES-SÁNCHEZ, D. A; PENA-SERNA, C. Approaching the sensory profile of Paipa cheese, the Colombian ripened cheese with protected designation of origin. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, e2022121, 2022. DOI: 10.1590/1981-6723.14121

BONFIM, R. M. **Estudo da proteólise de queijo maturado por *Enterococcus faecium***. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

CASPIA, E. L. *et al.* The relationship between consumer acceptability and descriptive sensory attributes in cheddar cheese. **Journal of Sensory Studies**, v. 21, n. 1, p. 112-127, 2006. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2006.00054.x

CHEN, Y. *et al*. Selection of potential molecular markers for cheese ripening and quality prediction by NMR spectroscopy. **LWT**, v. 136, e110306, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110306

CHEN, X. *et al*. What happens to commercial camembert cheese under packaging? Unveiling biochemical changes by untargeted and targeted metabolomic approaches. **Food Chemistry**, v. 383, e132437, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132437

CORSATO, A. C. M. *et al*. Estudo da proteólise de queijos Coloniais da Serra Catarinense durante sua maturação em temperatura ambiente. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 76, n. 1, 2021. DOI: 10.14295/2238-6416.v76i1.827

COSTA-JÚNIOR, L. C. G. *et al*. Maturação do queijo Minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 2, p. 111-120, 2014. DOI: 10.14295/2238-6416.v69i2.326

CURTO, B. *et al*. Accurate prediction of sensory attributes of cheese using near-infrared spectroscopy based on artificial neural network. **Sensors**, v. 20, n. 2, p. 3566, 2020. DOI: 10.3390/s20123566

DRAKE, M. A; DELAHUNTY, C. M. Sensory Character of Cheese and Its Evaluation. *In*: McSWEENEY, P. L. H. *et al*. (ed). **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, 4. ed. San Diego: Academic Press, 2017. cap. 20, p. 517-545.

DRAKE, M. A. Defining cheese flavor. *In*: WEIMER, B. C. **Improving the flavor of cheese**, p. 370-400, 2007.

DRAKE, M. A. *et al*. Development of a descriptive sensory language for Cheddar cheese. **Journal of Food Science**, v. 66,

n. 9, p. 1422-1427, 2001. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb15225.x

DRAKE, S. L. *et al*. Sources of umami taste in cheddar and swiss cheeses. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. 360-366, 2007. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00402.x

FACCIA, M. *et al*. Cheese ripening in nonconventional conditions: a multiparameter study applied to protected geographical indication canestrato di moliterno cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 1, p. 140-153, 2022. DOI: 10.3168/jds.2021-20845

FERRÃO, L. L. *et al*. Strategies to develop healthier processed cheeses: reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. **Food Research International**, v. 86, p. 93-102, 2016. DOI: 10.1016/j.foodres.2016.04.034

FIALHO, T. L. **Identificação e ação antimicrobiana de peptídeos de queijo minas artesanal da Canastra**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

FOX, P. F. *et al*. Chemistry and biochemistry of cheese. *In:* FOX, P. F. *et al*. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. New York: Springer, 2015. p. 499-546.

FOX, P. F.; SINGH, T. K.; McSWEENEY, P. L. H. Proteolysis in cheese during ripening. *In*: ANDREWS, A. T.; VARLEY, J. R. **Biochemistry of milk products**. London: Royal Society of Chemistry, 1994.

FURTADO, M. M. **A arte e a ciência do queijo**. São Paulo: Globo, 1991. 297p.

GANESAN, B. *et al*. Manufacture and sensory analysis of reduced-and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 4, p. 1970-1982, 2014. DOI: 10.3168/jds.2013-7443

GRUMMER, J. *et al*. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1401-1418, 2013. DOI: 10.3168/jds.2012-6057

JANIASKI, D. R. *et al*. Strawberry-flavored yogurts and whey beverages: what is the sensory profile of the ideal product? **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 7, p. 5273-5283, 2016. DOI: 10.3168/jds.2015-10097

JO, Y. *et al*. Sensory and chemical properties of Gouda cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 1967-1989, 2018. DOI: 10.3168/jds.2017-13637

JUDACEWSKI, P. **Avaliação de esporos frescos de *Penicillium candidum* como inóculo em queijos maturados com mofo branco com base na percepção do consumidor brasileiro**. 2020. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.

KANDASAMY, S. *et al*. 1H HRMAS-NMR based metabolic fingerprints for discrimination of cheeses based on sensory qualities. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 27, n. 6, p. 1446-1461, 2020. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.04.043

LI, B. *et al*. Suitability of a novel camel (*Camelus dromedarius*) chymosin as a coagulant for Cheddar cheese manufacture. **International Dairy Journal**, v. 129, e105346, 2022. DOI: 10.1016/j.idairyj.2022.105346

LIPKOWITZ, J. B. *et al*. Discriminating aging and protein-to-fat ratio in Cheddar cheese using sensory analysis and a potentiometric electronic tongue. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 1990-2004, 2018.

McSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening: introduction and overview. In: McSWEENEY, P. L. H. *et al*. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, 4. ed. San Diego: Academic Press, 2017. p. 379-387.

MURRAY, J.M.; DELAHUNTY, C.M. Selection of standards to reference terms in a Cheddar cheese flavour language. **Journal of Sensory Studies**, v. 15, n. 2, p. 179-199, 2000. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2000.tb00264.x

NINOMIYA, K. Umami: a universal taste. **Food Reviews International**, v. 18, n. 1, p. 23-38, 2002. DOI: 10.1081/FRI-120003415

NISHIMURA, T.; KATO, H. Taste of free amino acids and peptides. **Food Reviews International**, v. 4, n. 2, p. 175-194, 1988. DOI: 10.1080/87559128809540828

OCHI, H. *et al*. Metabolomics-based component profiling of hard and semi-hard natural cheeses with gas chromatography/time-of-flight-mass spectrometry, and its application to sensory predictive modeling. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 113, n. 6, p. 751-758, 2012. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2012.02.006

OCHI, H. *et al*. Monitoring the ripening process of Cheddar cheese based on hydrophilic component profiling using gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 7427-7441, 2013. DOI: 10.3168/jds.2013-6897

PINHEIRO, J. S. **Maturação do queijo minas artesanal: comportamento de *Listeria monocytogenes*, aceitação sensorial e predição do tempo por espectroscopia no infravermelho.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

POMBO, A. F. W.; LIMA, A. Extensão e profundidade de proteólise em Queijo Minas Frescal. **Revista do Instituto de**

Laticínios Cândido Tostes, v. 44, n. 261-266, p. 50-54, 1989.

ROCHA, L. O. F. *et al*. Efeito do tempo de maturação no teor de umidade, na caracterização espectroscópica e na aceitação do queijo Minas artesanal do Serro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 14, n. 2, 2020. DOI: 10.3895/rbta.v14n2.12277

SALLES, C. *et al*. Sensory and chemical analysis of fractions obtained by gel permeation of water-soluble Comté cheese extracts, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 6, 1659-1668, 1995. DOI: 10.1021/jf00054a046

SANTIS, D.; FIDALEO, M. Effect of aging pit on volatile compounds and sensory attributes of traditional Italian Fossa cheese. **LWT**, v. 153, e112507, 2022. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112507

SANTIS, V. B. G. **Queijo Minas padrão com baixo teor de sódio e gordura**: caracterização físico-química e sensorial. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

SERRAPICA, F. *et al*. Hay or silage? How the forage preservation method changes the volatile compounds and sensory properties of Caciocavallo cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1391-1403, 2020. DOI: 10.3168/jds.2019-17155

SIQUEIRA, K. B. **O mercado consumidor de leite e derivados**. Circular Técnica 120, Juiz de Fora: EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1110792/1/CT120MercadoConsumidorKennya.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SIQUEIRA, K. B. *et al*. Evolução do consumo de queijos finos no Brasil. **Indústria de Laticínios**, v. 25, n. 149, 2021, p. 30-31.

STAMPANONI, C.R. The use of standardized flavor languages and quantitative flavor profiling technique for flavoured dairy products, **Journal of Sensory Studies**, v. 9, n. 4, p. 383-400, 1994. DOI: 10.1111/j.1745-459X.1994.tb00255.x

STONE, H.; BLEIBAUM, R. N.; THOMAS, H. A. **Sensory evaluation practices**. Cambridge: Academic Press, 2020. 466p.

TETER, A. *et al*. Volatile compounds and amino acid profile of short-ripened farmhouse cheese manufactured from the milk of the White-Backed native cow breed. **LWT**, v. 129, e109602, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109602

TOELSTEDE, S.; HOFMANN, T. Quantitative studies and taste re-engineering experiments toward the decoding of the nonvolatile sensometabolome of Gouda cheese. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 13, p. 5299-5307, 2008. DOI: 10.1021/jf800552n

UBALDO, J. C. S. R. *et al*. Bioactive amines in Mozzarella cheese from milk with varying somatic cell counts. **Food Chemistry**, v. 178, p. 229-235, 2015. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.084

UMAMI INFORMATION CENTER. Disponível em: https://www.umamiinfo.com. Acesso em: 17 maio 2022.

UPADHYAY, V. K. *et al*. Proteolysis in cheese during ripening. *In*: FOX, P. F.; *et al*. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, 3 ed. London: Elsevier, 2004. p. 391-434.

VARMING, C. *et al*. Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. **International Dairy Journal**, v. 30, n. 1, p. 19-28, 2013.

WALSH, E. A.; *et al*. Influence of storage time and elevated ripening temperature on the chemical and sensory properties of white Cheddar cheese. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 2, p. 268-278, 2020. DOI: 10.1111/1750-3841.14998

XIANG, C. *et al*. Cheese powder as an ingredient in emulsion sausages: effect on sensory properties and volatile compounds. **Meat Science**, v. 130, p. 1-6, 2017. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.03.009

ZARZECKA, U.; ZADERNOWSKA, A. CHAJĘCKA-WIERZCHOWSKA, W. Starter cultures as a reservoir of antibiotic resistant microorganisms. **LWT**, v. 127, e109424, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109424

ZHANG, X. *et al*. Comprehensive identification of molecular profiles related to sensory and nutritional changes in Mongolian cheese during storage by untargeted metabolomics coupled with quantification of free amino acids. **Food Chemistry**, v. 386, e132740, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132740

ZHANG, Y. *et al*. Novel umami ingredients: umami peptides and their taste. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 1, p. 16-23, 2017. DOI: 10.1111/1750-3841.13576

ZHENG, X.; SHI, X.; WANG, B. A review on the general cheese processing technology, flavor biochemical pathways and the influence of yeasts in cheese. **Fronties in Microbiology**, v. 12, e703284, 2021. DOI: 10.3389/fmicb.2021.703284

ZHU, Y. *et al*. Exploring the relationships between perceived umami intensity, umami components and electronic tongue responses in food matrices. **Food Chemistry**, v. 368, e130849, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130849