

Tecnologias convencionais e emergentes aplicadas no processamento de bebidas a base de soro de leite: uma revisão

Technological advances of milk serum beverage: a review

Amanda Gouveia Mizuta¹, Jaqueline Ferreira Silva², Grasielle Scaramal Madrona^{3*}

[¹] amandagmizuta@gmail.com. Departamento de Engenharia de Alimentos / Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Brasil

[²] jaquelinesferreirasilva@gmail.com. Departamento de Engenharia de Alimentos / Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Brasil

[³] gsmadrona@uem.br. Departamento de Engenharia de Alimentos / Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Brasil

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo, realizar uma prospecção científica e tecnológica incluindo tecnologias emergentes, obtidas nos últimos cinco anos, em relação às bebidas à base de soro de leite, utilizando uma busca na base de dados Science Direct e Scientific Electronic Library Online (Scielo) e PubMed. Os termos descritores utilizados para a pesquisa foram: soro de leite, bebidas à base de soro de leite, processos tecnológicos aplicados em bebidas à base de soro de leite. Ao realizar essas combinações de termos, verificou-se 57.791, 8.090 e 1.836 de artigos publicados no Science Direct, Scielo e PubMed, respectivamente. Ao pesquisar os termos, observou-se a prevalência de estudos que avaliam viabilidade de desenvolvimento de novos produtos lácteos à base de soro enriquecidos com probióticos ou prebióticos e o desenvolvimento novas bebidas acopladas a um tratamento térmico não convencional, como as tecnologias emergentes (ultrassom de alta intensidade, aquecimento ôhmico, irradiação UV, alta pressão hidrostática, plasma frio, CO₂ supercrítico). Desse modo, esses resultados representam uma perspectiva de futuras aplicações de novas tecnologias em bebidas à base de soro de leite, na indústria alimentícia.

Palavras-chave: Controle de qualidade. Inovações em bebidas lácteas. Resíduo de leite. Tecnologias emergentes.

ABSTRACT

The present study aimed to conduct a scientific and technological prospecting including emerging technologies, obtained in the last five years, in relation to beverages based on whey, through a search in the database Science Direct and Scientific Electronic Library Online (Scielo) and PubMed. The descriptive terms used for the research were: Whey, beverages based on whey, technological processes applied to beverages based on whey. When performing these combinations of terms, there were 57,791, 8,090 and 1,836 of articles published in Science Direct, Scielo and PubMed, respectively. When researching the terms, we observed the prevalence of studies evaluating the feasibility of developing new serum-based dairy products enriched with probiotics or prebiotics and the development of new drinks coupled with an unconventional heat treatment, such as emerging technologies (ultrasound, high intensity, ohmic heating, UV irradiation, high hydrostatic pressure, cold plasma, supercritical CO₂). Thus, these results represent a perspective of future applications of new technologies in whey drinks, in the food industry.

Keywords: Milk residue. Quality control. Emerging Technologies. Innovations in dairy beverage.

1. Introdução

O leite contém 3,5% de proteínas, sendo 80% caseína e 20% proteínas do soro de leite. O soro de leite é o principal subproduto das indústrias de laticínios, na produção do queijo, por exemplo, a cada 100 kg de leite, são formados 90 kg de soro de leite, tornando-se

um poluente e conseqüentemente um problema de descarte para as indústrias de laticínios. Mas esse resíduo, ao contrário do que pensam, pode ser valioso devido às altas propriedades nutricionais, bioquímicas e funcionais contidas em suas proteínas (DINIKA *et al.*, 2020;

BUHLER *et al.*, 2019; WHERRY; BARBANO; DRAKE, 2019).

Além dos benefícios à saúde, as proteínas do soro do leite possuem propriedades funcionais, como gelificação, formação de espuma e atividade emulsificante, que são relevantes para seu uso em várias aplicações alimentares (DINIKA *et al.*, 2020; KINSELLA; WHITEHEAD, 1989; PLAYNE; BENNETT; SMITHERS, 2003).

Visando diminuir o impacto ambiental causado pelo soro de leite e pelo mesmo possuir benefícios biológicos, tecnológicos e econômicos, uma série de tecnologias estão sendo usadas para converter esse resíduo de leite em produto de valor agregado, por isso são isolados, por processos de concentração como o processo de separação por membrana (ultrafiltração, nanofiltração, osmose reversa e microfiltração) ou um processo de secagem (secagem térmica ou liofilização). Essas tecnologias possibilitam a obtenção de produtos comerciais como concentrado de proteína de soro de leite ou isolado, características favoráveis para a utilização nos mais diversos tipos de aplicações (ALVES *et al.*, 2014; DINIKI *et al.*, 2020; GANJU; GOGATE, 2017; NICOLÁS; FERREIRA; LASSALLE, 2019). Uma das aplicações é a utilização deste isolado em fabricação de embalagens (HE *et al.*, 2022; MOHAMMADI *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019; SCHMID *et al.*, 2015).

Nesse contexto, a garantia da qualidade do soro de leite e o desenvolvimento de novos produtos à base do mesmo são importantíssimos. E para garantir a segurança microbiológica do soro de leite, tratamentos térmicos são utilizados, no entanto, esses processos podem ter um impacto significativo na qualidade do produto (BUHLER *et al.*, 2019), portanto novas tecnologias estão sendo utilizadas e estudadas.

Entre essas tecnologias, destacam-se as tecnologias emergentes, pois substituem os tratamentos convencionais realizados pela indústria, como por exemplo, o aquecimento ôhmico, irradiação UV, alta pressão hidrostática, entre outros (BUHLER *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2019).

A presente revisão, portanto, é escrita com o objetivo de destacar os avanços tecnológicos (tecnologias convencionais ou não) obtidos do ano de 2015 até o ano 2020 com as bebidas à base de soro.

2. Referencial teórico

O soro representa o subproduto mais importante da indústria do queijo e caseína, fabricado em grandes quantidades no mundo inteiro. Esse subproduto tem em sua composição várias substâncias valiosas, como proteínas, lactose, vitaminas, minerais, aminoácidos essenciais e ácido lático de grande interesse (SONG *et al.*, 2013).

Há uma preocupação recorrente em gerar aplicabilidade ao soro de queijo em novos alimentos, visto que, no território brasileiro, cerca de 50% do soro não é aproveitado, gerando desperdícios nutricional, financeiro e impactos ambientais relevantes, já que é um resíduo com alto teor orgânico (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

Cada vez mais se é estudado novas maneiras de usar soro e reduzir a poluição ambiental. O conteúdo de lactose do soro de queijo e a presença de outros nutrientes essenciais para o crescimento microbiano faz com que este subproduto lácteo seja uma matéria-prima potencial para a produção de compostos valiosos quando se utiliza processos de fermentação (PANESAR *et al.*, 2007).

A proteína do soro do leite contém peptídeos bioativos que foram estudados e apresentam vários efeitos fisiológicos, como anti-hipertensivos, antioxidantes, antidiabéticos, aglutinantes de minerais, antimicrobianos, opióides, imunomoduladores e a regulação positiva de agentes citomoduladores. Seu envolvimento na melhoria das condições de saúde também reduziu o potencial de doenças crônicas (MANN *et al.*, 2019). Tem-se um aumento do interesse na produção de bebidas lácteas fermentadas contendo probióticos devido a várias alegações de saúde associadas ao seu consumo (ÖZER; KIRMACI, 2010).

O soro de leite é um coproduto da indústria de laticínios que representa a porção aquosa do leite que se separa do coágulo durante a fabricação de queijo ou da caseína. Esse soro é um líquido opaco e de cor amarelo-esverdeada, representando cerca de 80 a 90% do volume de leite utilizado na indústria e contendo em torno de 55% dos nutrientes do leite (ALVES *et al.*, 2014; GIRALDO-ZUÑIGA *et al.*, 2004; GUIMARÃES *et al.*, 2019).

Segundo Brandelli *et al.* (2015), o soro de

leite contém uma série de peptídeos bioativos com efeito promotor da saúde. Sabendo disso, o soro de leite tem grande potencial tecnológico tem sido cada dia mais pesquisado, sendo como matéria-prima (ZANON *et al.*, 2020), para a produção de ácido capróico (CHWIALKOWSKA *et al.*, 2019), como cultura inicial para os probióticos (KRUNIĆ; OBRADOVIĆ; RAKIN, 2019) e os bioemulsificantes (ZHANG *et al.*, 2019), entre outros estudos atuais.

Para os produtos à base de soro de leite, a bebida que utiliza esse subproduto como matéria-prima tem cada vez mais tomada a pesquisa para o assunto devido seus compostos bioativos, com diferentes formas de obtenção de um produto de melhor qualidade ou até mesmo para a elaboração de bebidas probióticas (CAPPATO *et al.*, 2018; FERREIRA *et al.*, 2019; KADYAN *et al.*, 2021).

3. Método da pesquisa

Para esta pesquisa, os bancos de dados das bases Science Direct, Pubmed e Scielo foram consultados para identificar estudos relacionados aos descritores soro de leite, avanços tecnológicos, tecnologias emergentes e desenvolvimento de bebidas à base de soro de leite como palavras-chave, do ano de 2015 até 2020. Os artigos foram inicialmente selecionados e excluídos considerando a relevância, sendo um total de 50 estudos incluídos como artigos potencialmente relevantes e dessas publicações, 16 artigos foram utilizados, por se tratarem especificamente do tema deste estudo.

Para obter uma maior compreensão, foram selecionados artigos que constam avanços tecnológicos no tratamento do soro de leite, na utilização do mesmo para o desenvolvimento de novos produtos e artigos que traziam os benefícios de seus peptídeos. Todos os tipos de soro de leite, independentemente da origem (soro doce ou ácido) e processamento (isolado, concentrado de hidrolisado) foram considerados para inclusão. Os dados foram tabulados e discutidos conforme suas especificidades.

4. Resultados da pesquisa

Na Tabela 1, as publicações de artigos (nas três bases utilizadas) que envolvem o termo soro de leite totalizam em 57.791 artigos publicados, sendo que a maior parte está

relacionada a estudos dos compostos bioativos presentes no mesmo. No entanto, quando se refere a bebidas à base de soro de leite e seus processos tecnológicos, o resultado é menor, totalizando 8.090 e 1.836 trabalhos, respectivamente.

Tabela 1 – Número de artigos publicados nas bases de dados Science Direct, Pubmed e Scielo de acordo com as palavras-chave soro de leite, bebidas à base de soro de leite, avanços tecnológicos com o soro de leite

Palavras-chave	Science Direct	Scielo	PubMed
Soro de leite	53.494	318	3979
Bebidas à base de soro de leite	7.081	30	979
Processos tecnológicos aplicados em bebidas à base de soro de leite	1.806	0	24

Fonte: dados da pesquisa

Ao pesquisar o termo “bebidas à base de soro de leite”, na base de dados Science Direct, foram obtidos diferentes estudos, sendo esses os que investigam a viabilidade de desenvolvimento de novos produtos lácteos, como bebidas de soro com probióticos ou desenvolvimento de uma nova bebida acoplada a um tratamento térmico não convencional e a caracterização química da mesma. Ao pesquisar no Scielo, obteve-se uma maior prevalência de desenvolvimento de novas bebidas à base de soro de leite, assim como a caracterização das mesmas. No PubMed, a maioria dos artigos refere-se a bebidas de soro de leite como suplemento alimentar e a avaliação desses benefícios.

Ao pesquisar “processos tecnológicos aplicados em bebidas à base de soro de leite” no Science Direct, houve prevalência de estudos do desenvolvimento de bebidas à base de soro enriquecidas com probióticos ou prebióticos e aplicação de tecnologias emergentes. No Scielo não foi encontrado estudos com essas palavras e no PubMed foi encontrado poucos estudos e estes, novamente, abordam o desenvolvimento de produtos enriquecidos com *whey protein* (proteína do soro de leite) e a caracterização físico-química

do mesmo. Os artigos encontrados são discutidos e alguns dos principais pontos tecnológicos observados pelos autores.

Segundo se sabe, bebidas à base de proteína de soro de leite com pH ácido, normalmente desenvolvem sabor desagradável e adstringente. Assim, Wang *et al.* (2016) realizaram um estudo, o qual avaliou a aplicação de espectroscopia de infravermelho e quimiometria na predição de adstringência de bebidas proteicas de soro de leite ácido. Nesse estudo, verificou-se a previsão rápida da adstringência de bebidas proteicas de soro de leite ácido, com um tempo de análise em torno de 3 minutos, fornecendo à indústria uma ferramenta para monitorar as características sensoriais de bebidas que contêm soro de leite.

A pasteurização e a ultrapasteurização (*Ultra-High Temperature* – UHT), tratamentos térmicos comuns usados no processamento de bebidas à base de soro de leite, tem um efeito negativo sobre os compostos bioativos presentes, pois essas substâncias são termossensíveis, ou seja, podem degradar ou afetar a aceitação sensorial dos produtos. Portanto, as tecnologias não convencionais, também denominadas de tecnologias emergentes, podem ser uma alternativa potencial a ser utilizada para o processamento de produtos lácteos à base de soro de leite (FERREIRA *et al.*, 2019).

Ferreira *et al.* (2019), para substituir os tratamentos térmicos convencionais realizados em produtos lácteos, estudaram diferentes condições de aquecimento ôhmico na fabricação de uma bebida à base de soro de leite com sabor de framboesa. Em seus resultados, no geral, o aquecimento ôhmico apresentou grande potencial para ser utilizado no processamento de bebidas à base de soro de leite, sendo uma tecnologia em destaque para auxiliar a indústria de laticínios na fabricação de novos produtos.

O ultrassom, outra tecnologia emergente, pode ser usado para intensificar a recuperação de produtos valiosos do soro de leite, ou usado nas etapas de pré-tratamento, ultrafiltração, secagem por spray e cristalização. A combinação de ultrassom de baixa frequência e alta intensidade com o pré-tratamento térmico minimiza o espessamento ou gelificação das soluções de soro de leite contendo proteínas (GAJENDRAGADKAR; GOGATE, 2016).

Barukčić *et al.* (2015) investigaram a

influência do ultrassom de alta intensidade na qualidade do soro de leite doce reconstituído, para substituir os tratamentos térmicos, isto é, a pasteurização. A termo-sonicação, com potência nominal de 480 W por 10 minutos a 55 °C, resultou em uma melhor qualidade microbiológica e nas propriedades sensoriais em comparação à pasteurização do soro de leite.

Guimarães *et al.* (2019) avaliaram o perfil nutricional e os compostos voláteis presentes de uma bebida desenvolvida à base de soro sabor graviola e prebiótica (inulina), submetida aos efeitos do ultrassom de alta intensidade (*High-Intensity UltraSound* – HIUS). Essa bebida foi produzida e processada por ultrassom não térmico de alta intensidade variando a potência (0, 200, 400 e 600 W) e comparada ao tratamento térmico em alta temperatura. Em seus resultados, perceberam que a potência do ultrassom é um fator importante na determinação das alterações nutricionais, sendo a potência média (400 W) o melhor tratamento para evitar os efeitos negativos do ultrassom. Os resultados evidenciam a viabilidade do uso do ultrassom na fabricação de laticínios funcionais, ou seja, com propriedades terapêuticas, como aumento das atividades antioxidantes e anti-hipertensiva.

O objetivo do trabalho de Vargas *et al.* (2021) foi avaliar a influência do tratamento com ultrassom de alta intensidade na estrutura molecular da proteína isolada do soro de leite como uma etapa anterior para a coacervação complexa com kappa-carragenina e sua influência nas propriedades funcionais. Em seus resultados, foi possível constatar que o uso da técnica de ultrassom de alta intensidade ajudou a melhorar algumas de suas propriedades funcionais. Além disso, a coacervação dos complexos obtidos por ultrassom de alta intensidade e kappa-carragenina é uma ferramenta eficaz para melhorar as propriedades funcionais da proteína isolada do soro de leite.

Além de todos os benefícios citados, após o pré-tratamento assistido por ultrassom, as características do soro de leite melhoram a eficácia da ultrafiltração utilizada para separação da proteína e também na prevenção do bloqueio do orifício do dispositivo de atomização do secador por spray. Também, o ultrassom pode aumentar a estabilidade ao calor das proteínas do soro do leite e na etapa

de processamento seguida, o uso de atomização assistida por ultrassom ajuda a reduzir os tempos de tratamento, bem como a produzir o pó de concentrado de proteína de melhor qualidade (GAJENDRAGADKAR; GOGATE, 2016).

A tecnologia emergente, CO₂ supercrítico, é uma técnica usada para extrair compostos fitoquímicos de matrizes vegetais, engenharia de partículas para encapsulação e entrega de compostos de atividade biológica, entre outras aplicações, mas pouco se usa no processamento de alimentos. Assim, Silva *et al.* (2019) analisaram seus efeitos no processamento não térmico da bebida de soro de leite de graviola (*Annona muricata* L.) enriquecida com inulina, um carboidrato prebiótico, e seus resultados indicam que essa tecnologia não promoveu alterações físico-químicas e de cor na bebida prebiótica de soro de leite processada. Dessa forma, a tecnologia CO₂ supercrítica pode ser usada como um tratamento não térmico promissor para a produção de bebidas lácteas.

A tecnologia de plasma frio é um gás ionizado composto por moléculas neutras, elétrons e partículas carregadas positiva e negativamente, com múltiplas interações, dessa forma, o produto submetido a essa tecnologia apresenta preservação de compostos termossensíveis e características físico-químicas e sensoriais, pois o processamento ocorre à temperatura ambiente. Silveira *et al.* (2019) utilizaram o plasma frio como uma alternativa ao tratamento térmico tradicional utilizada nos alimentos. Nesse estudo, houve comparações das propriedades físico-químicas, físicas, microestrutura e térmicas de bebidas de soro de leite com o sabor de goiaba, submetidas à tecnologia de plasma frio (400 W usando gás nitrogênio) em diferentes condições de tempo, e fluxo de gás com um produto pasteurizado convencional. Nele, concluiu-se que o tratamento com plasma pode ser uma ferramenta útil para modificar a estrutura e a reologia de produtos lácteos, permitindo o desenvolvimento de produtos com diferentes características.

Dessa forma, dada as valiosas características nutricionais do soro de leite e a crescente conscientização do consumidor sobre os efeitos da dieta na saúde e no bem-estar, novos produtos alimentícios desenvolvidos a base do soro de leite são atraentes para os consumidores, sendo

importante a preocupação com suas propriedades sensoriais e físico-química para serem usados como ingredientes alimentares, sendo as tecnologias emergentes apresentadas uma alternativa.

5. Conclusão

É perceptível que no decorrer dos anos, os estudos relacionados ao soro de leite cresceram, principalmente ao fato do mesmo ser multifuncional devido à suas propriedades físicas e bioquímicas.

Notou-se ainda, um crescente aumento no último ano, de estudos dedicados aos avanços tecnológicos, como a substituição dos tratamentos térmicos convencionais, por tecnologias emergentes, como o plasma frio, aquecimento ôhmico e ultrassom. Porém, ainda há uma prevalência por estudos relacionados aos benefícios do consumo do soro de leite e seus compostos para a saúde humana, sendo importante pesquisas focadas na avaliação da qualidade e processamento do soro de leite e sua aplicação em diferentes produtos alimentícios.

Por fim, destaca-se a importância em conhecer, avaliar o estado da arte e pontuar os avanços tecnológicos (tecnologias convencionais ou não) de bebidas à base de soro, indicando aos leitores perspectivas para futuras aplicações dessas diferentes tecnologias para a indústria de bebidas.

Referências

ALVES, M. P.; MOREIRA, R. O.; RODRIGUES JÚNIOR, P. H.; MARTINS, M. C. F.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i3.341>.

BARUKČIĆ, I.; JAKOPOVIĆ, K. L.; HERCEG, Z.; KARLOVIĆ, S.; BOŽANIĆ, R. Influence of high intensity ultrasound on microbial reduction, physico-chemical characteristics and fermentation of sweet whey. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 27, p. 94-10, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.10.013>.

BUHLER, S.; SOLARI, F.; GASPARINI, A.; MONTANARI, R.; SFORZA, S.; TEDESCHI,

T. UV irradiation as a comparable method to thermal treatment for producing high quality stabilized milk whey. **LWT**, v. 105, p. 127-134, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.051>.

BRANDELLI, A.; DAROIT, D. J.; CORRÊA, A. P. F. Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. **Food Research International**, v. 73, p. 149-161, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.016>.

CAPPATO, L. P.; FERREIRA, M. V. S.; MORAES, J.; PIRES, R. P. S.; ROCHA, R. S.; SILVA, R.; NETO, R. P. C.; TAVARES, M. I. B.; FREITAS, M. Q.; RODRIGUES, F. N.; CALADO, V. M. A.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Whey acerola-flavoured drink submitted ohmic heating: bioactive compounds, antioxidant capacity, thermal behavior, water mobility, fatty acid profile and volatile compounds. **Food Chemistry**, v. 263, p. 81-88, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.115>.

CHWIALKOWSKA, J.; DUBER, A.; ZAGRODNIK, R.; WALKIEWICZ, F.; ŁĘŻYKZ, M.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. Caproic acid production from acid whey via open culture fermentation: evaluation of the role of electron donors and downstream processing. **Bioresource Technology**, v. 279, p. 74-83, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.086>.

DINIKA, I.; VERMA, D. K.; BALIA, R.; UTAMA, G. L.; PATEL, A. R. Potential of cheese whey bioactive proteins and peptides in the development of antimicrobial edible film composite: A review of recent trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 103, p. 57-67, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.017>.

FERREIRA, M. V. S.; CAPPATO, L. P.; SILVA, R.; ROCHA, R. S.; NETO, R. P. C.; TAVARES, M. I. B.; ESMERINO, E. A.; FREITAS, M. Q.; BISSAGIO, R. C.; RANADHEERA, S.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Processing raspberry-flavored whey drink using ohmic heating: physical, thermal and microstructural

considerations. **Food Research International**, v. 123, p. 20-26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.045>.

GANJU, S.; GOGATE P. R. A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents. **Journal of Food Engineering**, 215, p. 84-96, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.07.021>.

GAJENDRAGADKAR, C. N.; GOGATE, P. R. Intensified recovery of valuable products from whey by use of ultrasound in processing steps: a review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 32, p. 102-118, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.02.023>.

GIRALDO-ZUÑIGA, A. D. *et al.* Tecnologias aplicadas ao processamento do soro de queijo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 59, n. 340, p. 53-66, 2004.

GUMARÃES, J. T.; SILVA, E. K.; RANADHEERA, C. S.; MORAES, J.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; FERREIRA, M. S.; FREITAS, M. Q.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 55, p. 157-164, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.025>.

HE, Z.; ZHAO, J.; LI, W.; WANG, Y. Ameliorating effect of γ -aminobutyric acid on the physical performance of whey protein films. **Food Hydrocolloids**, v. 124, Part A, 107207, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107207>.

KADYAN, S.; RASHMI, H. M.; PRADHAN, D.; KUMARI, A.; CHAUDHARI, A.; DESHWAL, G. K. Effect of lactic acid bacteria and yeast fermentation on antimicrobial, antioxidative and metabolomic profile of naturally carbonated probiotic whey drink. **LWT**, v. 142, 111059, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111059>.

KINSELLA J. E.; WHITEHEAD D. M. Proteins in whey: chemical, physical, and functional properties. **Advances in Food and**

Nutrition Research, v. 33, p. 343-438, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(08\)60130-8](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(08)60130-8).

KRUNIĆ, T. Ž.; OBRADOVIĆ, N. S.; RAKIN, M. B. Application of whey protein and whey protein hydrolysate as protein based carrier for probiotic starter culture. **Food Chemistry**, v. 293, p. 74-82, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.062>.

MAGALHÃES, K. T.; DRAGONE, G.; PEREIRA, G. V. M.; OLIVEIRA, J. M.; DOMINGUES, L.; TEIXEIRA, J. A.; SILVA, J. B. A.; SCHWAN, R. F. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. **Food Chemistry**, v. 126, n. 1, p. 249-253, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.012>.

MANN, B.; ATHIRA, S.; SHARMA, R.; KUMAR, R.; SARKAR, P. Bioactive peptides from whey proteins. In: DEETH, H. C.; BANSAL, N. (ed.). **Whey proteins: from milk to medicine**. Elsevier, 2019. p. 519-547, capítulo 14. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812124-5.00015-1>.

MOHAMMADI, M.; MIRABZADEH, S.; SHAHVALIZADEH, R.; HAMISHEKHAR H. Development of novel active packaging films based on whey protein isolate incorporated with chitosan nanofiber and nano-formulated cinnamon oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 149, p. 11-20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.083>.

NICOLÁS, P.; FERREIRA, M. L.; LASSALLE, V. Magnetic solid-phase extraction: a nanotechnological strategy for cheese whey protein recovery. **Journal of Food Engineering**, v. 263, p. 380-387, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.07.020>.

OLIVEIRA, A. C. S.; UGUCIONI, J. C.; ROCHA, R. A.; BORGES, S. V. Development

of whey protein isolate/polyaniline smart packaging: Morphological, structural, thermal, and electrical properties. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, n. 14, 47316, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.47316>.

ÖZER, B. H.; KIRMACI, H. A. Functional milks and dairy beverages. **International Journal of Dairy Technology**, v. 63, n. 1, p. 1-15, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00547.x>.

PANESAR, P. S.; KENNEDY, J. F.; GANDHI, D. N.; BUNKO, K. Bioutilisation of whey for lactic acid production. **Food Chemistry**, v. 105, n. 1, p. 1-14, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035>.

PLAYNE, M. J.; BENNETT, L. E.; SMITHERS, G. W. Functional dairy foods and ingredients. **Australian Journal of Dairy Technology**, v. 58, n. 3, p. 242-264, 2003.

SCHMID, M.; HELD, J.; HAMMANN, F.; SCHLEMMER, D.; NOLLER, K. Effect of UV-radiation on the packaging-related properties of whey protein isolate based films and coatings. **Packaging Technology Science**, v. 28, n. 10, p. 883-899, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/pts.2150>.

SILVA, E. K.; GUIMARÃES, J. T.; COSTA, A. L. R.; CRUZ, A. G.; MEIRELES, M. A. A. Non-thermal processing of inulin-enriched soursop whey beverage using supercritical carbon dioxide technology. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 154, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104635>.

SILVEIRA, M. R.; COUTINHO, N. M.; ROCHA, R. S.; MORAES, J.; ESMERINO, E. A.; PIMENTEL, T. C.; FREITAS, M. Q.; SILVA, M. C.; RAICES, R. S. L. C.; RANADHEERA, C. S.; BORGES, F. O.; FONTELES, T. V. *et al.* Guava flavored whey-beverage processed by cold plasma: physical characteristics, thermal behavior and microstructure. **Food Research International**, v. 119, p. 564-570, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.033>.

SONG, T.- S.; LEE, K.- S.; KANG, S.- B.; YOO, S.- H.; LEE, J.- I.; YOON, S.- S.

Synthesis of galactooligosaccharides in the cheese whey-based medium by a lactase from *Lactobacillus paracasei* YSM0308. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 33, n. 5, p. 565-571, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2013.33.5.565>.

VARGAS, S. A.; DELGADO-MACUIL, R. J.; RUIZ-ESPINOSA, H.; ROJAS-LÓPEZ, M.; AMADOR-ESPEJO, G. G. High-intensity ultrasound pretreatment influence on whey protein isolate and its use on complex coacervation with kappa carrageenan: evaluation of selected functional properties. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 70, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105340>.

WANG, T.; TAN, S.- Y.; MUTILANGI, W.; PLANS, M.; RODRIGUEZ-SAONA, L. Application of infrared portable sensor technology for predicting perceived astringency of acidic whey protein beverages. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 12, p. 9461-9470, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11411>.

WHERRY, B.; BARBANO, D. M.; DRAKE, M. A. Use of acid whey protein concentrate as an ingredient in nonfat cup set-style yogurt. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 10, p. 8768-8784, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16247>.

ZANON, E. O.; PIMENTEL, T. C.; GOMEZ, R. J. H. C.; FAGNANI, R. Development of a whey protein spread enriched with β -glucan: an alternative for whey valorization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 4, p. 1711-1717, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10186>.

ZHANG, G.; LI, Y.; SONG, T.; BAO, M.; LI, Y.; LI, X. Improvement in emulsifying properties of whey protein-Rhamnolipid conjugates through short-time heat treatment. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 181, p. 688-695, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.06.015>.