

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**



**Dissertação**

**Microencapsulamento do suco concentrado da acerola: potencial de  
enriquecimento em aplicações alimentícias**

**Gabriela dos Santos Ferrão**

**Pelotas, 2023**

**Gabriela dos Santos Ferrão**

Microencapsulamento do suco concentrado da acerola: potencial de enriquecimento em aplicações alimentícias

Dissertação/Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos

Orientador: Marcia Arocha Gularde

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

F369m Ferrão, Gabriela Dos Santos

Microencapsulamento do suco concentrado da acerola :  
potencial de enriquecimento em aplicações alimentícias /  
Gabriela Dos Santos Ferrão ; Marcia Arocha Gularde,  
orientadora. — Pelotas, 2023.

58 f.

Dissertação (Mestrado) — Ciência e Tecnologia de  
Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel,  
Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. Vitamina C. 2. *Xantana pruni*. 3. Atomização. 4.  
Preservação de nutriente. I. Gularde, Marcia Arocha, orient.  
II. Título.

CDD : 663.63

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Gabriela dos Santos Ferrão

**Microencapsulamento do suco concentrado da acerola: potencial de enriquecimento em aplicações alimentícias**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 07/07/2023

Banca examinadora:

Profa. Dra. Marcia Arocha Gularde (Orientadora)  
Doutora em Ciência E Tecnologia De Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Dra Aura Martins Fonseca  
Doutora em Ciência E Tecnologia De Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Profa. Dra. Karine Laster Macagñan.  
Doutor em biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas

Dra. Kelly de Moraes  
Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Fundação Universidade do Rio Grande

## **Agradecimentos**

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul FAPERGS. Agradecemos a Centro de Microscopia Eletrônica da Zona Sul (CEME-Sul), Fundação Universidade do Rio Grande (FURG) pela análise de microscopia eletrônica de varredura MEV

## **Resumo**

DOS SANTOS FERRÃO, Gabriela. **Microencapsulamento do suco concentrado da acerola: potencial de enriquecimento em aplicações alimentícias.** 2023. 60f. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos- Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

A acerola é conhecida pelo alto teor de vitamina C, a qual é essencial para o desenvolvimento de diversas funções no organismo humano. Para otimizar as condições de microencapsulação de suco de acerola, foi utilizada a técnica de atomização. A xantana pruni foi utilizada por ter se mostrado estável nos níveis de pH, temperaturas e sais, em que formou uma emulsão para formar microcápsulas. A maltodextrina foi necessária por possuir capacidade de formar microcápsulas aumentando sólidos totais da emulsão, baixa higroscopidez e proteção dos compostos encapsulados da luz, umidade, oxidação do ar ambiente. A microencapsulação do suco concentrado da acerola foi eficiente, armazenando 16,34 mg/100g de vitamina C, apresentou pH 4,43 e atividade de água 0,48 Aw. Aplicou-se o microencapsulado em pães que obtiveram aceitação sensorial e intenção de compra superior a 80% e maior maciez em relação ao pão sem o microencapsulado. Adicionou-se o microencapsulado em bala de proteína, que recebeu alegação de “fonte de” por apresentar 1,53% em 100 g de bala. Segundo o teste de Dominância temporal de sensações (TDS) o atributo grudento foi sentido primeiro, após foi percebido o atributo duro e cacau juntos, atributos característicos de bala mastigável. A maior dominância de sensações foi para os atributos cacau, amargor e macio (10 a 20s).

**Palavras-chave:** vitamina C, atomização, Xantana pruni, preservação de nutriente

## **Abstract**

DOS SANTOS FERRÃO, Gabriela. **Microencapsulation of concentrated acerola juice: potential for enrichment in food applications.** 2023. 60f. Master's Dissertation in Food Science and Technology - Graduate Program in Food Science and Technology, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

Acerola is known for its high content of vitamin C, which is essential for the development of various functions in the human body. To optimize the conditions of microencapsulation of acerola juice, the atomization technique was used. Pruni xanthan was used because it proved to be stable at pH levels, temperatures and salts, in which it formed an emulsion to form microcapsules. Maltodextrin was necessary because it has the ability to form microcapsules, increasing the total solids of the emulsion, low hygroscopicity, and protecting the encapsulated compounds from light, humidity, and ambient air oxidation. The microencapsulation of the concentrated acerola juice was efficient, storing 16.34 mg/100g of vitamin C, presented pH 4.43 and water activity 0.48 Aw. The microencapsulated material was applied to breads that obtained sensory acceptance and purchase intent greater than 80% and greater softness compared to bread without the microencapsulated material. The microencapsulated protein bullet was added, which received a "source of" claim for having 1.53% in 100 g of bullet. According to the Temporal Dominance of Sensations (TDS) test, the sticky attribute was felt first, after which the hard attribute and cocoa were perceived together, characteristic attributes of chewy candies. The greatest dominance of sensations was for the attributes cocoa, bitterness and softness (10 to 20s).

**Keywords:** vitamin C, atomization, pruni anthan, nutrient preservation

## **Lista de Figuras**

Figura 1	Morfologia e diâmetro médio das microcápsulas do suco concentrado.....	67
Figura 2	Escala hedônica de 9 pontos e impressão global dos pães de forma com microencapsulado e reforçador.	67
Figura 3	Taxa de Dominância Temporal de Sensações da bala de proteína adicionada do suco concentrado de acerola.	68
Figura 4	Dominância Temporal de Sensações da bala de proteína adicionada do suco concentrado de acerola.	68

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1	Resultados do pH e atividade de água do microencapsulado do suco concentrado da acerola.....	68
Tabela 2	Propriedades físico-químicas, quantificação de ácido ascórbico e compostos fenólicos totais e atividade antioxidante do suco concentrado de acerola microencapsulado.....	69
Tabela 3	Parâmetros de textura dos pães de forma com suco concentrado de acerola microencapsulado e com reforçador. ....	69

## **Sumário**

1 Introdução .....	10
2 Revisão da Literatura .....	13
3 Artigo.....	19
Microencapsulamento do suco concentrado da acerola: potencial de enriquecimento em aplicações alimentícias.....	20
4. Considerações finais .....	56
Referencias .....	57



## **1 Introdução**

A acerola é a segunda fruta de maior teor de ácido ascórbico (vitamina C), perdendo apenas para o camu-camu (*Myrciaria dubia*) (Garcia et al., 2020). Seu conteúdo de ácido ascórbico varia de acordo com estádio de maturação, quanto mais madura, menor o teor de ácido ascórbico. (Freitas et al., 2006) compilou diferentes autores em seu estudo de revisão, onde apresentaram uma grande variação na quantidade de ácido ascórbico em polpa de acerola de 779 mg a 3.094 mg em 100 g. Quando consumida frequentemente, a fruta traz benefícios fisiológicos, pela presença de compostos bioativos naturalmente presentes (Padayatty & Levine, 2016a). Portanto, a acerola pode ser considerada um alimento funcional pela presença de ácido ascórbico, carotenóides e antocianinas (ANVISA, 1999). A acerola possui alto aproveitamento industrial, podendo ser consumida in natura ou utilizada na forma de aditivos alimentares, cosméticos e fármacos (Aquino et al., 2023). A Resolução Diretiva Colegiada 269, de 22 de setembro de 2005 (ANVISA, 2005), estabelece que adultos devem ter uma ingestão diária recomendada de ácido ascórbico de 45 mg, crianças de 0 a 10 anos entre 25 mg a 35 mg, gestantes de 55 mg e lactantes de 70 mg. Portanto, o consumo de acerola in natura ou seus produtos tendem a suprir a necessidade diária de um indivíduo saudável, levando em conta as altas concentrações de ácido ascórbico em 100 g de polpa de acerola. O potencial antioxidante do ácido ascórbico é benéfico ao homem e tem se revelado cada vez mais importante no desenvolvimento e inovação de produtos à base de acerola, indo ao encontro da prevenção de doenças (Comunian et al., 2013).

O coronavírus (COVID-19) impactou toda a sociedade exigindo medidas profiláticas diárias como dietas ricas em antioxidantes e hábitos de vida saudáveis, os quais podem auxiliar no aumento das defesas do organismo (Duarte et al., 2022; Pisoschi et al., 2022). Existem evidências de oxidantes causarem danos aos tecidos pulmonares e provocarem doenças como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica e síndrome do desconforto respiratório agudo (Prevedello & Comachio, 2021). Com isso, a suplementação de ácido ascórbico com produtos à base de acerola pode ser uma importante alternativa, auxiliando no mantimento e aumento das defesas do

indivíduo. Entretanto, o ácido ascórbico é bastante instável frente a elementos externos e precisa estar protegido para apresentar bioatividade quando adicionado a alimentos (Guena, 2019). Neste contexto, a microencapsulação de ácido ascórbico é promissora, pois protege o composto e aumenta sua vida útil, podendo ser utilizado a longo prazo como suplemento alimentar. Ainda, a microcápsula serve como transporte do ácido ascórbico para o intestino delgado, onde é absorvido, promovendo sua liberação específica e controlada (Comunian et al., 2013; Cruz et al., 2018; Padayatty & Levine, 2016).

A microencapsulação pode ser realizada pela técnica de atomização (spray dryer), podendo-se utilizar diversos materiais microencapsulantes. A goma xantana e a maltodextrina são comumente utilizadas como materiais encapsulantes, por serem eficientes barreiras de proteção do núcleo. A goma xantana é um muco heteropolissacarídeo produzido por meio da fermentação pela bactéria *Xanthomonas*. É uma bactéria fitopatogênica, causa doenças e danos à fruticultura de verão, porém em seres humanos não apresenta toxicidade (Almeida et al., 2021). A xantana pruni é produzida pela bactéria *Xanthomonas arboricola* pv pruni, estável em diversos níveis de pH, temperaturas e sais, tem propriedade de formação de emulsões e possui capacidade de formar microcápsulas (Perez et al., 2020). A utilização da xantana comercial que é mais viscosa que a xantana pruni na microencapsulação pode influenciar negativamente na formação de gotas durante o processo de atomização, deixando-as exposta a altas temperaturas da câmara de secagem por mais tempo, afetando os compostos termossensíveis (Nascimento Filho et al., 2022). Já a maltodextrina é o produto resultante da hidrólise do amido de milho ou mandioca. Normalmente se apresenta comercialmente na forma de pó branco, possui aroma e sabor neutros, características importantes para agentes microencapsulantes. Embora a maltodextrina seja muito utilizada na formação de microcápsulas, ela não é resistente sendo necessária sua combinação com outro agente encapsulante, como a xantana. A maltodextrina é empregada na microencapsulação por atomização em função do aumento da concentração de sólidos totais da emulsão microencapsulante ocorrendo um leve aumento da sua viscosidade (Ribeiro, 2021). Outra característica da maltodextrina é a baixa higroscopidade, grande capacidade de solubilidade em

água fria e baixo custo (Constant et al., 2021). A maltodextrina no processo de atomização, protege compostos encapsulados da luz, umidade e oxidação do ar ambiente (Garcia et al., 2020). O carbonato de cálcio na indústria de alimentos é utilizado como aditivo (E 170), como corante branco, antiumectante e agente de firmeza (ANVISA, 2010). Este aditivo consegue absorver a água sem tornar o alimento fisicamente úmido, não prejudicando suas qualidades sensoriais. O Aerosil® ou sílica pirogênica, serve como dessecante, antiaderente, agente espessante e antiaglomerante em pós, muito utilizada em secagem por atomização, auxilia aprimorando as características físicas do pó, o que produz um maior rendimento de microencapsulação (EVONIK, 2015). Ambos foram usados com intuito de diminuir a absorção de água do ambiente e para melhorar as características do pó. A utilização de microencapsulados em alimentos é uma tentativa de se elevar a preservação dos nutrientes e aumentar o consumo de proteínas, fibras, minerais e vitaminas. O suco concentrado de acerola é uma fonte excepcional de vitamina C, que se perde por características próprias e a microencapsulação do suco concentrado de acerola, ajuda a manter esses níveis de vitamina C viáveis para aplicação em alimentos. Várias alternativas têm sido propostas para preservação de vitamina C a partir da acerola, como desenvolvimento de novos compostos alimentícios que possam promover valor nutricional superior ao alimento original e sejam acessíveis às classes economicamente menos favorecidas. O pão e os produtos de panificação representam o constituinte essencial da dieta humana em todo o mundo e está na mesa de todas as pessoas, de uma forma ou de outra (Elena et al., 2021; Mitelut et al., 2021). As percepções e o comportamento do consumidor em relação a este alimento são de grande relevância para o setor de panificação (Elena et al., 2021). Com o fechamento das padarias durante a pandemia de COVID-19 o acesso ao pão francês se tornou inviável, assim, o pão de forma se tornou uma opção para o consumidor por ter uma vida útil maior não necessitando sair de casa tantas vezes para comprar pão. O consumo do pão de forma passou a ser também no almoço e jantar e não só no café da manhã (ABIMAPI 2022). Com os consumidores exigindo cada vez mais alimentos funcionais que tenham uma vida útil maior e que conservem

as qualidades sensoriais por mais tempo, se faz necessário pesquisas neste nicho de produtos e que atendam essa demanda.

A proteína de leite é indicada para quem precisa suplementar a quantidade de proteínas na dieta e não consegue suprir a necessidade diária na alimentação. O consumo deste suplemento auxilia no ganho de massa muscular (Davies et al., 2018). Para que aconteça uma queima de gordura e definição muscular necessita-se o consumo de proteína de alta qualidade que por sua elevada capacidade de aminoácidos essenciais que auxilia na construção dos tecidos, auxiliando na preservação dos músculos, cabelos, unhas e outras partes do corpo (Camargo et al., 2020). A utilização se dá por pessoas que possuem deficiência de proteína, praticantes de musculação e atletas de alto desempenho físico. Este suplemento é indicado como uma alternativa na aceleração da recuperação da função muscular após a realização de exercícios físicos (Almeida et al., 2016). A adição de vitamina C microencapsulada em bala de proteína do soro do leite pode ser uma alternativa para enriquecer o produto nutricionalmente e garantir junto de outros alimentos um consumo adequado desta vitamina. Balas de proteína enriquecidas com vitamina C microencapsulada são uma alternativa aos dias corridos de quem não consegue se alimentar corretamente, consumidores de suplementos e, também se torna um alimento saboroso e atrativo como uma guloseima saudável.

A adição do microencapsulado do suco concentrado de acerola em pães de forma teve o objetivo de avaliar o perfil sensorial e qualidade tecnológica adquirida pelo pão com a adição do microencapsulado, bem como, preservar a vitamina C e verificar o potencial em aplicações alimentícias.

## **2 Revisão da Literatura**

A acerola, fruto da aceroleira, é originária da América Central e América do Sul, cientificamente chamada de (*Malpighia Emarginata L.*). A cor e formato, lembra a cereja (*Prunus avium*), pode apresentar-se entre as cores vermelho e amarelo, polpa amarelada de sabor azedo característico (YAMASHITA TOLEDO et; al 2003). A fruta

contém baixo teor calórico, porém, rica em compostos minerais, como fósforo, potássio, zinco, vitaminas, auxilia na prevenção do envelhecimento precoce das células, aumento e manutenção das defesas do sistema imunológico e doenças degenerativas.

A acerola é a segunda fruta de maior teor de ácido ascórbico (vitamina c), perdendo apenas para o camu-camu (*Myrciaria dubia*) que pode conter até 20 vezes mais vitamina C que a acerola. Seu conteúdo de vitamina C varia de acordo com estágio de maturação, quanto mais madura, menor o teor de vitamina c, de acordo com estudo de revisão bibliográfica (Freitas et Al. 2006), onde diferentes relatos foram apresentados, observando-se uma grande variação de vitamina C, 779 mg a 3.094,43 mg em 100 g de polpa (VENDRAMINI; TRUGO 2000). Portanto, a acerola pode ser considerada um alimento funcional pela presença de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas, quando consumida frequentemente, traz benefícios fisiológicos, pela presença de compostos bioativos naturalmente presentes na fruta (FREITAS; MAIA 2006) (MORAES; COLLA 2006).

A acerola possui grande aproveitamento industrial, tem sabor agradável, podendo ser consumida in natura, polpas congeladas, sorvetes, bolos, suplementos alimentares, aditivos alimentares e cosméticos (MEZADRI; FERNÁNDEZ-PACHÓN 2006). A Resolução RDC nº 269 de 2005, estabelece que adultos devem ter uma ingestão diária recomendada de 45 mg de vitamina c, crianças de 0 a 10 anos em 25 mg a 35 mg de vitamina c e gestantes 55 mg lactantes 70 mg, portanto o consumo de acerola in natura ou seus produtos tendem a suprir a necessidade diária do indivíduo saudável, levando em conta as altas concentrações de vitamina c em 100 gramas de polpa de acerola. O potencial antioxidante da vitamina C presente na acerola é benéfico ao homem e tem se revelado cada vez mais importante no desenvolvimento e inovação de produtos à base de acerola, indo ao encontro da prevenção de doenças.

O ácido ascórbico ou vitamina C, sendo uma vitamina essencial para seres humanos, não é sintetizada pelo organismo e apenas obtida na dieta. É uma vitamina hidrossolúvel, então, reage com radicais livres disponíveis em meio aquoso, como no interior da célula (FENNEMA, DAMODARAN, & PARKIN, 2010), (MANELA-AZULAY; MANDARIM-DE-LACERDA 2003) (FREITAS; MAIA 2006). Os antioxidantes como a

vitamina C, atuam doando um de seus elétrons ao radical livre, sem prejuízo ao seu estado natural e ao hospedeiro, auxilia na restauração das propriedades antioxidantes da vitamina E oxidada (ANDRADE JÚNIOR; de SOUZA et al., 2005). A vitamina C tem nome químico 2-oxo-L-treo-hexano ou 4-lactona-2,3-enediol e em sua forma reduzida é o L-ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ), quando oxidada se chama ácido deidroascórbico, perdendo 2 hidrogênios ( $C_6H_6O_6$ ) ainda tendo capacidade de se regenerar. A molécula de ácido ascórbico possui dois carbonos quirais, onde um átomo de carbono está ligado a quatro grupos diferentes entre si e sua fórmula molecular é de seis átomos de carbono, oito de hidrogênio e seis de oxigênio ( $C_6H_8O_6$ ). (ROCHA; COMINETTI; COZZOLINO 2013).

Tendo a forma de pó branco a amarelado cristalino sua solubilidade em água 0,33 g/mL de água (SHABBAR, CHANG, KHIZAR, ZHANG 2012). A vitamina C não é sintetizada pelo organismo humano pela falta da enzima L-gulonolactona oxidase, necessária para produção da vitamina C a partir da glicose, como acontece em plantas e algumas espécies de animais. O ácido ascórbico é absorvido na parte superior do intestino delgado. Ao atingir a parte superior do intestino delgado o ácido ascórbico cai na corrente sanguínea e atinge sua maior concentração no córtex suprarrenal, hipófise, cérebro e pâncreas. É armazenado até certo ponto no fígado e no pâncreas. Quando armazenada na forma intracelular, pode ser encontrada como ácido ascórbico e na forma oxidada como ácido deidroascórbico, quando usado no organismo é reduzido a ácido ascórbico.

A suplementação de vitamina C com produtos à base de acerola pode ser um importante aliado no mantimento e aumento das defesas do indivíduo. Como o coronavírus (COVID-19) impactou toda a sociedade exigindo medidas profiláticas diárias: Lavar as mãos, evitar o contato com pessoas doentes e uma boa higiene, foram hábitos adotados para reduzir o risco de contaminação por vírus, bactérias e outros patógenos, além de dieta ricas em antioxidantes e hábitos de vida saudável podendo ajudar a aumentar as defesas do organismo (SCUDIERO, O. et al. 2021). Segundo (Andrade et al 2005), existem evidências de oxidantes causarem danos nos tecidos pulmonares e provocarem doenças como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica e síndrome do desconforto respiratório agudo. Portanto, a

manutenção da vitamina C microencapsulada veio como uma técnica promissora pois aumenta a vida útil desta vitamina podendo ser consumida a longo prazo. Quando adicionado em alimentos que necessitam de cocção a vitamina C microencapsulada consegue resistir ao calor, sendo uma ótima opção para enriquecimento de produtos de panificação. A microcápsula serve também como transporte da vitamina C para o intestino delgado onde é absorvida.

O microencapsulamento é uma técnica utilizada na conservação de compostos que possam sofrer prejuízo em diferentes condições de temperatura, umidade, incidência de luz, pH, aumento de vida útil. Ela também contribui para mascarar sabor, aroma e cor de produtos. A microencapsulação utilizada em compostos onde sua liberação é controlada, acionada ou retardada é interessante pois, o produto age no momento e lugar desejado, a exemplo de microrganismos e vitaminas que tem sua liberação desejada no intestino (HUANG et al., 2010) (SHABANA PRAVEEN D, JIBIN HE 2020) (ALVES, 2018).

A estrutura de uma microcápsula pode variar de acordo com o método de secagem e produto microencapsulante e microencapsulado. A organização da microcápsula pode conter núcleo com o material encapsulado, contendo o agente ativo e recoberto por uma camada de material de espessura variável, (cobertura, parede, matriz, agente encapsulante) (MOREIRA, 2007). Pode ser também um aglomerado com o agente encapsulante e a matriz se liga a esse aglomerado (MICHAEL JACOB, 2014).

O uso de diversos produtos microencapsulados tem sido muito utilizado na indústria alimentícia, por ser uma técnica que permite a liberação do agente encapsulado em determinadas condições previamente determinadas, a exemplo de substâncias como óleos essenciais, aromatizantes, microrganismos, vitaminas e corantes preservando as propriedades, assim como existe uma grande variedade de agentes encapsulantes de diversas fontes (ALVES, 2018).

A atomização ou spray drying é uma operação unitária em que o produto é bombeado, aspergido e seco por um gás quente, podendo-se apresentar em uma solução, emulsão ou suspensão, obtendo-se no produto final as micropartículas em forma de pó (ALVES, 2018). Embora o spray dryer seja muito utilizado e barato em

comparação a liofilização, por ser necessário altas temperaturas, pode ocorrer perda da integridade dos compostos do núcleo (MICHAEL JACOB, 2014).

A gama de materiais microencapsulantes é vasta e partindo das propriedades do produto encapsulado escolhe-se a matriz encapsulante mais adequada. Entre as propriedades desejadas da cápsula se destaca a não reatividade com o material encapsulado, comestível (atóxico), agrade sensorialmente, capacidade de retenção e proteção do encapsulado, e que tenha um custo baixo (NAZZARO et al., 2012)

A goma Xantana é um muco heteropolissacarídeo produzido pela bactéria *Xanthomonas campestris*, naturalmente gerada por meio da fermentação da bactéria. É uma bactéria fitopatogênica, causadora de doenças e danos à fruticultura de verão, mas em seres humanos não traz toxicidade (ISHIDA, 2009), (RIBEIRO et A, 2019). Essa goma é muito utilizada na indústria de alimentos e farmacêutica como modificador reológico.

A xantana pruni de baixa viscosidade está sob patente WO/2006/047845, é produzida pela cepa 101 *Xanthomonas arboricola* *pv pruni* no Laboratório de Biopolímeros CDTec da Universidade Federal de Pelotas – Campus Capão do Leão. Estável em diversos níveis de pH, temperaturas e sais tem propriedade de formação de emulsões e assim sendo possui boa capacidade de formar microcápsulas agregando o núcleo (PEREZ et. Al 2020). Como agente encapsulante, tem grande capacidade de preservação de microrganismo, o que pode estar relacionado ao seu potencial antioxidante (MOREIRA et Al., 2020).

A maltodextrina é o produto resultante da hidrólise do amido de milho e mandioca. Normalmente se apresenta comercialmente na forma de pó branco, possui aroma e sabor neutro, características importantes para agentes microencapsulantes. E embora a maltodextrina seja muito utilizada na formação de paredes de microcápsulas não é resistente sendo necessário por tanto o uso de outro agente encapsulante como a xantana. A maltodextrina é empregada na microencapsulação por spray drying em função da baixa higroscopidade, grande capacidade de solubilidade em água fria e baixo custo Bhandari et al. (1997). Segundo (Finotelli & Rocha Leão, 2005) a maltodextrina não tem uma retenção de compostos voláteis no

processo de atomização, mas protege compostos encapsulados da oxidação do ar ambiente.

A utilização de microencapsulados em alimentos é uma tentativa de se elevar o consumo de vitaminas, proteínas, fibras e minerais, tornando-os mais nutritivos. Várias alternativas têm sido propostas, como desenvolvimento de novos compostos alimentícios que possam dar um valor nutricional superior ao alimento original e sejam acessíveis às classes economicamente menos favorecidas.

### **3 Artigo**

#### **Microencapsulamento do suco concentrado da acerola: potencial de enriquecimento em aplicações alimentícias**

Gabriela dos Santos Ferrão, Lucila Vicari, Karine Laste Macagnan, Layla Damé,  
Camila Castencio Nogueira, Angelita Silveira Moreira, Marcia Arocha Gularde

Será submetido à revista \_LWT- Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie

## **Microencapsulamento do suco concentrado da acerola: potencial de enriquecimento em aplicações alimentícias**

Gabriela dos Santos Ferrão<sup>a\*</sup>, Lucila Vicari<sup>a</sup>, Karine Laste Macagnan<sup>b</sup>, Layla Damé<sup>a</sup>, Camila Castencio Nogueira<sup>c</sup>, Angelita Silveira Moreira<sup>d</sup>, Marcia Arocha Gularde<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de análise sensorial Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – Rio Grande do Sul, Brasil

<sup>b</sup>Departamento de Biotecnologia - Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – Rio Grande do Sul, Brasil

<sup>c</sup>Departamento de Nutrição de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

<sup>d</sup>Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – Rio Grande do Sul, Brasil

Brasil E-mail: [gabrielaferrao92@gmail.com](mailto:gabrielaferrao92@gmail.com)  
[arochagularte@gmail.com](mailto:arochagularte@gmail.com)

\*Autora correspondente: Gabriela dos Santos Ferrão

E-mail: [gabrielaferrao92@gmail.com](mailto:gabrielaferrao92@gmail.com)

### **Resumo:**

A acerola é conhecida por seu alto teor de vitamina C. O objetivo da microencapsulação do suco concentrado de acerola foi preservar o potencial da vitamina C para aplicação em alimentos, bem como estudar suas propriedades tecnológicas e sensoriais atribuídas aos alimentos. A microencapsulação foi realizada pela técnica de atomização. Pruni xantana foi usado porque provou ser estável em diferentes pH, temperaturas, sais, formou uma emulsão. A maltodextrina tem a capacidade de formar microcápsulas, aumentando os sólidos totais da

emulsão. A microencapsulação do suco de acerola concentrado foi eficiente, armazenando 16,34 mg/100g de vitamina C, tem pH de 4,43 e atividade de água de 0,48 Aw . O microencapsulado foi aplicado em pães que obtiveram aceitação sensorial e intenção de compra maior que 80% e maior maciez em relação ao pão sem o material microencapsulado. Foi adicionada a bala de proteína microencapsulada, que recebeu a alegação de “fonte de” por ter 1,53% em 100 g de bala. De acordo com o teste de Dominância Temporal das Sensações (TDS), o atributo pegajoso foi sentido primeiro, após o que foram percebidos o atributo duro e o cacau, atributos característicos de balas mastigáveis. A maior predominância de sensações foi para os atributos cacau, amargor e maciez (10 a 20s).

Palavras chave: Vitamina C, atomização, Xantana pruni, preservação de nutriente

## **1 Introdução**

A acerola é a segunda fruta de maior teor de ácido ascórbico (vitamina C), perdendo apenas para o camu-camu (*Myrciaria dubia*) (Garcia et al., 2020). Seu conteúdo de ácido ascórbico varia de acordo com estádio de maturação, quanto mais madura, menor o teor de ácido ascórbico. (Freitas et al., 2006) compilou diferentes autores em seu estudo de revisão, onde apresentaram uma grande variação na quantidade de ácido ascórbico em polpa de acerola de 779 mg a 3.094 mg em 100 g. O consumo frequente da fruta traz benefícios fisiológicos, pela presença de compostos bioativos naturalmente presentes (Padayatty & Levine, 2016a). A acerola é considerada um alimento funcional pela presença de vitamina C, carotenóides e antocianinas (ANVISA, 1999). A ingestão diária de vitamina C por adultos deve ser de 45 mg, crianças de 0 a 10 anos entre 25 mg a 35 mg, gestantes

de 55 mg e lactantes de 70 mg (ANVISA, 2005). O consumo de acerola in natura ou seus produtos tendem a suprir a necessidade diária de um indivíduo saudável, levando em conta as altas concentrações de vitamina C em 100 g de polpa de acerola.

O coronavírus (COVID-19) impactou toda a sociedade exigindo medidas profiláticas diárias como, dietas ricas em antioxidantes, hábitos de vida saudáveis, os quais auxiliam o aumento da imunidade (Duarte et al., 2022; Pisoschi et al., 2022). Existem evidências de oxidantes causarem danos aos tecidos pulmonares e provocarem doenças como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica e síndrome do desconforto respiratório agudo (Prevedello & Comachio, 2021). O potencial antioxidante da vitamina C é benéfico ao homem e tem se revelado cada vez mais importante no desenvolvimento e inovação de produtos à base de acerola, indo ao encontro da prevenção de doenças e aumento da imunidade (Comunian et al., 2013). Entretanto, a vitamina C é bastante instável e precisa estar protegida para apresentar bioatividade quando adicionado a alimentos (Guena. Cortines de Almeida, 2019). Neste contexto, a microencapsulação da vitamina C é promissora, pois fica protegida e aumenta sua vida útil, sendo utilizada a longo prazo como suplemento alimentar e coadjuvante de tecnologia. A microcápsula serve também como transporte de vitamina C para o intestino delgado, onde é absorvida, e ocorre a liberação específica e controlada (Comunian et al., 2013; Cruz et al., 2018; Padayatty & Levine, 2016).

A microencapsulação pode ser realizada pela técnica de atomização (spray dryer), utilizando-se diversos materiais microencapsulantes. A goma xantana e a

maltodextrina são comumente utilizadas como materiais encapsulantes, por serem eficientes barreiras de proteção do núcleo. A goma xantana é um muco heteropolissacarídeo produzido por meio da fermentação da bactéria *Xanthomonas*. Esta bactéria causa doenças à fruticultura de verão, porém em seres humanos não apresenta toxicidade (Almeida et al., 2021). A bactéria *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* cepa 101 produz a xantana *pruni*, estável em diversos níveis de pH, temperaturas e sais, tem propriedade de formação de emulsões e capacidade de formar microcápsulas (Perez et al., 2020). A utilização da xantana de alta viscosidade pode influenciar negativamente na formação de gotas durante o processo de atomização, deixando-as exposta a altas temperaturas e tempo excessivo na câmara de secagem, afetando compostos termossensíveis (Nascimento Filho et al., 2022), por isso utilizou-se a xantana *pruni* de baixa viscosidade cepa 101 na microencapsulação.

A maltodextrina resulta da hidrólise do amido de milho ou mandioca, comercializada normalmente na forma de pó branco, aroma e sabor neutros, características desejáveis para agentes microencapsulantes. Embora a maltodextrina seja comumente utilizada na microencapsulação não é resistente sozinha, sendo necessário a combinação com outro agente encapsulante, como a xantana. A maltodextrina aumenta a concentração de sólidos na emulsão microencapsulante, ocorrendo um leve aumento da sua viscosidade (Ribeiro, 2021). Outras características da maltodextrina ser utilizada na microencapsulação é a baixa higroscopicidade, solubilidade em água fria e baixo custo, protege compostos da luz, umidade e oxidação do ar ambiente (Constant et al., 2021; Garcia et al., 2020).

O carbonato de cálcio é utilizado como aditivo alimentar (E 170), corante branco, antiumectante e agente de firmeza (ANVISA, 2010). É capaz de absorver água sem tornar o alimento fisicamente úmido, sem prejudicar suas qualidades sensoriais. O Aerosil® ou sílica pirogênica, é dessecante, antiaderente, agente espessante e antiaglomerante em pó, tem propriedade de melhoramento das características físicas do pó, proporcionando aumento no rendimento da microencapsulação (EVONIK, 2015). Ambos foram usados com intuito de diminuir a absorção de água do ambiente e para melhorar as características do pó.

A utilização de microencapsulados em alimentos é uma tentativa de se elevar a preservação dos nutrientes e aumentar o consumo de proteínas, fibras, minerais e vitaminas. O suco concentrado de acerola é uma fonte excepcional de vitamina C, que se perde por características próprias da vitamina e a microencapsulação do suco concentrado de acerola, ajuda a manter esses níveis viáveis para aplicação em alimentos. Várias alternativas têm sido propostas para preservação de vitamina C a partir da acerola, como desenvolvimento de novos compostos alimentícios que possam promover valor nutricional superior ao alimento original e sejam acessíveis às classes economicamente menos favorecidas.

O pão e os produtos de panificação representam o constituinte essencial da dieta humana em todo o mundo e está na mesa de todas as pessoas, de uma forma ou de outra (Elena et al., 2021; Mitelut et al., 2021). As percepções e o comportamento do consumidor em relação a este alimento são de grande relevância para o setor de panificação (Elena et al., 2021). Com o fechamento das padarias durante a pandemia de COVID-19 o acesso ao pão francês se tornou inviável,

assim, o pão de forma se tornou uma opção para o consumidor por ter uma vida útil maior não necessitando sair de casa tantas vezes para comprar pão. O consumo do pão de forma passou a ser também no almoço e jantar e não só no café da manhã (ABIMAPI 2022). Com os consumidores exigindo cada vez mais alimentos funcionais que tenham uma vida útil maior e que conservem as qualidades sensoriais por mais tempo, se faz necessário pesquisas neste nicho de produtos e que atendam essa demanda.

A proteína de leite é indicada para quem precisa suplementar a quantidade de proteínas na dieta e não consegue suprir a necessidade diária na alimentação. O consumo deste suplemento auxilia no ganho de massa muscular (Davies et al., 2018). Para que aconteça uma queima de gordura e definição muscular necessita-se o consumo de proteína de alta qualidade que por sua elevada capacidade de aminoácidos essenciais que auxilia na construção dos tecidos, preservação dos músculos, cabelos, unhas e outras partes do corpo (Camargo et al., 2020). A utilização de proteínas se dá por pessoas que possuem deficiência de proteína, praticantes de musculação e atletas de alto desempenho físico. Este suplemento é indicado como uma alternativa na aceleração da recuperação da função muscular após a realização de exercícios físicos (Almeida et al., 2016). A adição de vitamina C microencapsulada em bala de proteína do soro do leite pode ser uma alternativa para enriquecer o produto nutricionalmente e garantir junto de outros alimentos um consumo adequado desta vitamina, pode-se afirmar que as balas de proteína são uma alternativa aos dias corridos de quem não consegue se alimentar corretamente, tornando-se um alimento saboroso e atrativo como uma guloseima saudável.

Assim, objetivou-se produzir o microencapsulamento de suco concentrado de acerola, aplicado a pães e balas de proteína afim de avaliar as características de textura, sensorial e qualidade tecnológica adquirida pelos mesmos, bem como a capacidade de preservação da vitamina C em balas de proteína.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Material

Suco concentrado de acerola e maltodextrina (CAS 9050-36-6) advindos do Ceará, fornecidos pela empresa Duas Rodas Indústria Ltda. A xantana utilizada foi produzida pela cepa 101 da bactéria Xanthomonas arboricola pv pruni, sob a patente WO/2006/047845, produzida no Laboratório de Biopolímeros CD Tec da Universidade Federal de Pelotas. Carbonato de cálcio (CAS 471-34-1, Sigma-Aldrich) e sílica pirogênica (CAS 7631-86-9 Sigma-Aldrich). Proteína de leite marca comercial Body Protein Equilav (São Paulo, Brasil).

### 2.2 Formação das microcápsulas

Para o preparo da emulsão microencapsulante foram utilizados 60% de suco concentrado de acerola, 30% de xantana pruni (solução na concentração de 2,5% de xantana), 10% de maltodextrina, 1% de carbonato de cálcio e 1% de sílica pirogênica. Os constituintes da emulsão foram definidos após a realização de testes preliminares, onde a formação de pó e a maior retenção de vitamina C foram os

fatores decisivo para utilização desta formulação. Foram misturados primeiramente os ingredientes secos e depois adicionados os líquidos, utilizando um agitador de hélices (IKA LaborTechnik, RW 20.n, Brasil). As microcápsulas foram obtidas pela secagem da emulsão por atomização com um Spray dryer (LabMaq do Brasil, MSD 1.0, Brasil), utilizando os seguintes parâmetros; temperatura do ar de secagem 100 ± c vazão de ar ajustada em 4,0 m<sup>3</sup>/min; velocidade de bombeamento do líquido de 0,37 L/h. Os parâmetros para secagem foram escolhidos de forma que a solução microencapsulante rica em vitamina C não ficasse exposta por um longo período em alta temperatura, na câmara de secagem, reduzindo a degradação da vitamina C. Foi utilizado um frasco schott de 250 mL como descarte e um frasco schott de 100 mL para a coleta do microencapsulado. Após a secagem, o frasco coletor do microencapsulado foi fechado com tampa de rosca e armazenado em dessecador até esfriar para realizar a pesagem e demais análises

### 2.3 Morfologia e diâmetro médio

A morfologia dos microencapsulados foi avaliada utilizando um microscópio eletrônico de varredura (MEV, Jeol, JSM-6610LV, Japão). As amostras foram recobertas com ouro em uma câmara a vácuo (Denton Vacuum in Sputtering, DESK V, EUA) e logo analisadas com uma voltagem de aceleração de 15 kV (Lehn et al., 2018). Avaliou-se as microcápsulas quanto ao tamanho médio de partícula medindo-se o diâmetro de partículas utilizando o software ImageJ®.

## 2.4 Análise físico-química

### 2.4.1 Análise de pH

Segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) o equipamento que mensura pH foi calibrado segundo as especificações do fabricante com solução tampão e o bulbo detector do pH foi colocado em um béquer com 2 g de microencapsulado do suco concentrado de acerola e 20 mL de água destilada

### 2.4.2 Análise de atividade de água

A atividade de água foi determinada pela técnica do ponto de orvalho, com leitura direta no equipamento leitor de atividade de água marca Meter, (AQUALAB, 2023, 4TE, Brasil). Colocou-se na câmara de amostra 3 g de microencapsulado do suco concentrado de acerola e obteve-se o resultado da atividade da água em 5 min, com precisão de resultado de  $\pm 0,003$  aw.

## 2.5 Quantificação de vitamina C

A quantificação de vitamina C foi quantificada por iodometria para o suco concentrado de acerola segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) e para o microencapsulado por cromatografia segundo Zermiani (2018). A quantificação de vitamina C por iodo (iodométrica) é dada por uma reação de oxirredução e baseia-se na conversão do iodo molecular em íon iodeto. Uma

solução de amido solúvel 1% (CAS 9005-25-8) funciona como indicador da cessão da reação, adiciona-se iodo 1% (CAS 541-28-6) até reagir completamente com o ácido sulfúrico (CAS 7664-93-9) presente na amostra, onde a solução passa de um amarelo-palha até uma cor roxa avermelhada. O método consiste em pesar 0,4 g do microencapsulado e adicionar em 100 mL de água destilada. Logo, adiciona-se 25 mL de ácido sulfúrico 0,1 N (CAS 7664-93-9) 3 mL de solução de amido solúvel e realiza-se a titulação com iodo 0,1 N (CAS 7553-56-2).

A quantificação de vitamina C no suco e no microencapsulado foi realizada utilizando-se um cromatógrafo líquido HPLC (Agilent modelo 1100) acoplado a um detector de arranjo de diodos (DAD) (VWD). Para isto, utilizou-se a coluna (Agilent) LiChrosorb 100 RP-18, 5 µm, 4.6 x 150 mm pelo método isocrático. A fase móvel consistiu-se de água UP acidificada com ácido fórmico pH 2,7 a uma vazão de 1,0 mL/min. A análise foi monitorada a 244 nm em tempo de corrida de 10 min. Como padrão utilizou-se ácido l-ascórbico (A5960, Sigma Aldrich).

## 2.6 Quantificação de compostos fenólicos totais

A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com o método de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). Para isto, foram pesadas 2 g de amostra e diluídas em 20 mL de metanol. Em seguida, a solução foi submetida a banho de Maria (Cap-Lab 5 Litros Brasil) à 25 °C, durante 3 h. Após, a solução foi filtrada e seu volume foi ajustado com metanol. Fez-se a reação colorimétrica para quantificação de compostos fenólicos, extraindo 1 mL do extrato e adicionando 10

mL de água e 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteau, deixando-se reagir por 3 min. Adicionou-se 1,5 mL de carbonato de sódio 20%, deixou-se reagir por 2 h e, logo, fez-se a leitura da absorbância da amostra em espectrofotômetro (Ultrospect® 2000 UV/Visível Pharmacia), utilizando comprimento de onda 765 nm. Foi construída uma curva padrão de ácido gálico para realizar a quantificação dos fenóis expressa em mg de ácido gálico/100g de amostra. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente em ácido gálico por 100 gramas de microencapsulado.

## 2.7 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante frente ao radical 2,2-azino-bis (3etilbezotiazolina)-6-acido sulfônico (ABTS<sup>•+</sup>), foi realizado de acordo com a metodologia do (Re et al.,1999). Para isto, utilizou-se uma solução de ABTS 7,4 mM com absorbância entre 0,70 ± 0,05 nm, medido a 734 nm. Em seguida, a reação foi realizada com adição de 1 g de amostra do microencapsulado do suco concentrado de acerola seca e 3 mL da solução de ABTS<sup>• +</sup>. A amostra foi misturada em vórtex por 30 s e armazenada em local escuro durante 30 min em temperatura ambiente (25 ± 2 °C). A absorbância das amostras foi medida a 734 nm e os resultados expressos em percentual de inibição do radical ABTS conforme Equação 1.

Eq.1

$$\frac{\% \text{ de inibição} = \text{ABS branco} - \text{ABS amostra} \times 100}{\text{ABSbranco}}$$

A avaliação do potencial antioxidante frente ao radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) foi realizada de acordo com o método proposto por (Brand-Williams et al., 1995). Para isto, utilizou-se uma solução de DPPH na concentração de 25 µg/mL. Em seguida, para a avaliação do potencial, foram pesadas 1 g de amostra do microencapsulado do suco concentrado de acerola e adicionou-se 3,9 mL de DPPH então agitado em vórtex por 30 s e mantidas durante 2 h e 30 min no escuro à temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C). A absorbância das amostras foi medida a 515 nm (SpectraMax 190, Microplate Reader, Molecular Devices, EUA) e a capacidade de sequestrar o radical DPPH foi calculada em relação ao branco (padrão sem antioxidante) e o resultado expresso em porcentagem de acordo com a Equação 1.

## 2.8 Aplicação em matrizes alimentícias e sua caracterização

Com o suco de acerola microencapsulado foram realizadas aplicações a fim de verificar seu comportamento em produtos alimentícios. Selecionou-se um produto muito consumido pela população mundial, o pão de forma, em que a adição de ácidos na massa aprimora suas características e um outro produto consumido por atletas ou por opção de enriquecimento proteico, neste caso se desenvolveu uma balinha proteica enriquecida de vitamina C.

### 2.8.1 Preparação dos pães

A formulação dos pães foi baseada em estudos do grupo de pesquisa em Análise Sensorial da Universidade Federal de Pelotas (dados ainda não publicados). Pão “A” utilizou-se suco concentrado de acerola microencapsulado. Utilizou-se 59% de farinha de trigo, 33% de água mineral gelada, 4,70% de açúcar, 1,07% de sal, 1,44% de fermento biológico, 0,35% de antimofo comercial e 0,14% de suco concentrado de acerola. Na formulação do pão “B” foi feita a substituição do microencapsulado por reforçador comercial. Formneou-se os pães em forno do tipo industrial (FTT-120, Tedesco, Brasil) durante 31 min para os pães A e 26 min para os pães B.

O processo de elaboração dos pães iniciou-se pela adição dos ingredientes secos na masseira (AR 06, G. paniz, Brasil), para completa homogeneização. Em seguida, for adicionada água e bateu-se novamente por 2 min. Ao final do batimento, obteve-se uma massa em “ponto de véu”, em aproximadamente 6 min. A massa foi fracionada e colocada em formas e colocadas em estufa de crescimento. O assamento foi realizado a 150 °C

## 2.8.2 Avaliação dos pães

### 2.8.2.1 Perfil de textura

A análise do perfil de textura foi realizada pelo método instrumental de acordo com Feitosa et al. (2013), com modificações. Foi utilizado o texturômetro (TA XT2i, Stable Micro Systems, Inglaterra) com interface acoplada a um computador e as curvas

obtidas pelo programa Texture Expert for Windows, sendo os parâmetros dureza, elasticidade e gomosidade observados. Os parâmetros utilizados foram: velocidade do teste 2,0 mm/s; distância de deslocamento do probe 20,0 mm/s; e 5kg de compressão na célula de carga.

#### 2.8.2.2 Avaliação sensorial

O pão foi avaliado por Teste de Aceitabilidade pelos atributos de ‘impressão global’, ‘sabor’, ‘odor’ e ‘textura’ e intenção de compra (DUTCOSKY, 2019). A ficha sensorial foi elaborada no Google Forms, disponibilizada por QrCode e respondida no celular de cada um dos consumidores. A ficha continha escala hedônica de 9 pontos, sendo 1 para ‘Desgostei muitíssimo’ e 9 para “Gostei muitíssimo”. Cinquenta consumidores foram convidados a participar da análise, sendo a mesma realizada em cabines de análise sensorial, livre de ruídos, odores, climatizada e provida de luz branca segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2015). O pão foi servido e fatiado em 1 cm e pesado em 10 g em balança de bancada (Toledo, Prix 3 Plus, Brasil) em pratos brancos de porcelana e codificados com números de 3 dígitos aleatórios. Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA com comparação de médias por meio do teste t a um nível de significância de 5%. A avaliação sensorial foi submetida ao comitê de ética e recebeu o registo CAAE 76628617.0.0000.5317.

#### 2.8.3 Preparação das balas

A formulação da bala de proteína foi elaborada priorizando o uso mínimo de processamento e exposição ao calor, para que não se perdesse as propriedades do ácido ascórbico. O preparo da bala de proteína foi realizado misturando os ingredientes secos em um recipiente culinário plástico oval, sendo proteína de leite (66,54%), suco concentrado de acerola microencapsulado (13,02%) e cacau (2,85%). Adicionou-se os ingredientes líquidos; mel e água mineral (suficiente para moldar as balas), a qual foi adicionada aos poucos para que a massa não perdesse o ponto para modelagem. Após a mistura e amassamento feito a mão, pequenas porções de massa foram pesadas, padronizando-as em 5 g cada e embaladas em plástico filme.

## 2.8.4 Avaliação e caracterização das balas

### 2.8.4.1 Determinação de proteína pelo método Kjeldahl

Foi realizada análise de proteína bruta no sistema de micro digestão de Kjeldahl. Os resultados foram expressos em porcentagem de proteína bruta total (Instituto Adolfo Lutz, 2008). No sistema de microdigestão, adicionou-se 0,3 g de amostra em tubos digestores de 100 mL, 2 g de mistura catalítica e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Após a digestão por 24 h foi adicionado ao tubo 50 mL de água destilada e 30 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 50%. Para a destilação foi posicionado o tubo com o conteúdo digerido no destilador e adicionado 30 mL de ácido bórico no equipamento. Do conteúdo destilado foi extraído 200 mL

de borato de amônio. Para a titulação utilizou-se ácido clorídrico 0,1 N, saindo da cor azul celeste até o ponto de viragem da cor rosa claro translúcido, resultando em cloreto de amônio. Após foi calculado pela Equação 2, em que “P” é o peso da amostra, “Va” é o volume de ácido clorídrico 0,1N gasto na titulação, “Vb” volume de ácido clorídrico 0,1N gasto na prova em branco, “f” é o fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 N. O fator de transformação de nitrogênio em proteína foi considerado 6,25, considerando 16% de nitrogênio ( $100/16 = 6,25$ ). Este fator muda em função do tipo de amostras analisada, como, amostras cárneas são ricas em proteínas, soja e milho o fator de transformação é considerado 6,25, lácteos 6,38 e assim, por conseguinte. 0,014 refere-se a miliequivalente grama do nitrogênio.

Eq.2

$$\text{Proteína bruta \%} = \frac{100 \times 0,014 \times 6,25 \times (V_a - V_b) \times f}{NP}$$

#### 2.8.4.2 Análise de vitamina C por cromatografia

A identificação e quantificação de vitamina C presentes no suco foi realizada utilizando-se um cromatógrafo líquido HPLC Agilent modelo 1100 acoplado a um detector de arranjo de diodos (DAD) marca VWD ajustado a 250 nm para ácido ascórbico. Para isto, utilizou-se a coluna da marca Agilent LiChrosorb 100 RP-18, 5

$\mu\text{m}$ , 4,6 x 150 mm pelo método isocrático. A fase móvel consistiu-se de água UP acidificada com ácido fórmico pH 2,7 a uma vazão de 1,0 mL/min. A análise foi monitorada a 244 nm em tempo de corrida de 10 min.

#### 2.8.4.3 Antioxidantes (DPPH e ABTS)

A avaliação dos antioxidantes frente ao radical ABTS  $\bullet+$ , e o método de sequestro do radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) que foi aplicada no microencapsulado foi aplicada também nas barras de proteína de acordo com o item 2.7 .

#### 2.8.4.4 Compostos fenólicos

Segundo a metodologia Folin-Ciocalteau utilizou-se 2 g de amostra triturada em gral e pistilo e diluiu-se em 20 mL de metanol, adicionou-se a mistura em banho-maria Cap-Lab 5 Litros Brasil) a 25 °C, durante 3 h, com papel filtro e balão volumétrico de 50 mL foi feita a filtragem, completando o volume com metanol. Fez-se a reação colorimétrica para quantificação de compostos fenólicos, extraindo 1 mL do extrato e adicionando 10 mL de água e 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteau, deixando-se reagir por 3 min. Adicionou-se 1,5 mL de carbonato de sódio 20%, deixou-se reagir por 2 h e, logo, fez-se a leitura da absorbância da amostra em espectrofotômetro (Ultrospect® 200 UV/Visível Pharmacia), utilizando comprimento de onda 765 nm. Foi construída uma curva padrão de ácido gálico para realizar a quantificação dos

fenóis expressa em mg de ácido gálico/100g de amostra. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente em ácido gálico por 100 gramas de bala de proteína.

#### 2.8.4.5 Análise sensorial

A análise sensorial aplicada à bala de proteína adicionado de microencapsulado do suco concentrado de acerola foi por meio da "Dominância Temporal de Sensações" ou TDS pelo software Sensomaker e submetida ao comitê de ética recebendo o registo CAAE 76628617.0.0000.5317. Foram convidados 11 consumidores semi-treinados para o teste. Oito atributos foram previamente definidos, por consenso através de discussão com painel sensorial e pesquisadores, a saber: cacau, amargor, cítrico, característico, macio, duro, desagradável e grudento. O teste foi realizado por 50 segundos (Pineau et al., 2009; Rodrigues et al., 2016). Cada avaliador recebeu uma amostra de bala de 5 g.

### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Morfologia

As micrografias (Figura 1) demonstram microcápsulas com formato esférico e superfície lisa, ausência de irregularidade e trincas superficiais. A presença de tais defeitos é indesejável nas microcápsulas, pois pode afetar a estabilidade a longo prazo do material microencapsulado (Alves et al., 2017).

Com o auxílio da microscopia eletrônica de varredura foi possível obter o comprimento médio das microcápsulas 7.638 µm. Segundo a literatura, este tamanho confere a característica de micropartícula (Alves et al., 2017). Quando se utiliza amidos hidrolisados, como material de parede, é necessário adicionar produtos tensoativos, para formar uma emulsão estável e garantir a integridade do material encapsulado antes da secagem por pulverização. Esses aglomerados presentes na figura 1 são formados por outras microcápsulas, o que pode auxiliar na preservação do composto de interesse neste caso a vitamina C (Alves et al., 2017),

### 3.2 Análise físico-química

Na Tabela 1 apresentam-se os dados obtidos para pH e atividade de água do suco concentrado de acerola microencapsulado. O suco de acerola tem pH ácido característico da fruta (2,00 - 3,00) Freitas et al. (2006). No presente estudo o microencapsulado apresentou o pH 4,43 para o suco concentrado de acerola microencapsulado (ácido), que apresentou valor acima da faixa reportada na literatura. Santos et al. (2015) encapsularam pó de acerola verde com maltodextrina como material de parede e o pó apresentou pH de 3,52. Esta faixa de pH pode ser explicada devido a característica do ácido ascórbico presente na fruta.

A xantana pruni advinda da cepa 101 de *X. arboricola* pv *pruni*, utilizada no presente estudo, possui característica de baixa viscosidade e boa aceitação sensorial, pois não confere sensação de gomosidade e possui liberação lenta de compostos, quando utilizada como material de parede para microencapsulação. A

estabilidade em diferentes faixas de pH é uma característica desejável, pois o suco concentrado de acerola possui o pH em torno de 2,8 (Perez et al., 2020). Pela xantana pruni de baixa viscosidade possuir estabilidade térmica, torna-se um material bastante indicado para microencapsulação, neste estudo durante a secagem da emulsão e formação das microcápsulas a emulsão chegou aos 100 °C durante a secagem o que pode ter auxiliado a preservação da vitamina C.

### 3.4 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante do microencapsulado frente aos radicais ABTS e DPPH foi expressa em percentual de inibição (Tabela), apresentando valor de 99,17% de inibição do radical ABTS e de 97,29% de inibição do radical DPPH, demonstrando excelente atividade antioxidante. Acredita-se que o alto valor percentual antioxidante do microencapsulado se deve à ação encapsulante que a xantana pruni confere, protegendo da ação do calor, frio, variação de pH entre outros interferentes, atuando também na preservação do ácido ascórbico (FIORAVANTE et al., 2017).

### 3.5 Textura e análise sensorial dos pães de forma com microencapsulado

Na Tabela 3 estão summarizados os parâmetros de textura dos pães de forma A (com acerola microencapsulada) e B (controle), com microencapsulado e com reforçador, respectivamente. O pão A teve menor dureza em comparação com o pão B que

apresentou maior dureza e menor elasticidade. A elasticidade se deve às características reológicas de extensibilidade e elasticidade das proteínas do glúten, características já atribuídas a vitamina C e a xantana (Preichardt et al., 2020). Franco et al. (2022) produziu pães com adição de acerola em pó para substituir o ácido ascórbico e identificou que os pães obtiveram maior volume específico, característica atribuída a vitamina C, o que pode explicar a maior elasticidade e extensibilidade do pão A. A gomosidade foi maior no pão B em comparação com o pão A. A vitamina C age aglutinando as proteínas presentes na farinha de trigo, fortalecendo a rede de glúten criando pontes dissulfídicas durante a mistura, oferecendo maior resistência à massa, causando uma maior retenção de gás, aumentando o poder de fermentação, principalmente na fase de crescimento da massa (FRANCO et al. 2022). Por suas características de pseudoplasticidade a goma xantana atua como elementos de ligação e também na retenção de gás, proporcionando aumento do volume específico dos produtos de panificação (ROVERSI et al., 2021). Segundo Macedo et al. (2016), altos valores de gomosidade, mastigabilidade e dureza são características de produtos envelhecidos.

Quanto à análise sensorial, na Figura 2 está representado o histograma com o índice de frequência da escala hedônica sob os atributos de impressão global dos pães. Observou-se que a nota 7 “Gostei moderadamente” apresentou a maior porcentagem para o pão B. A porcentagem para a nota 8 “gostei muito” para o pão A, representou melhor aceitação do pão com microencapsulado quando comparado com o pão padrão B. Observou-se também que não houve rejeição para o pão A, sendo que de 50 consumidores, nenhum desgostou do pão, o que demonstra uma

boa aceitabilidade por parte dos avaliadores. (Conto et al., 2012) analisou a aceitação de pães enriquecidos com ômega-3 microencapsulado e os resultados foram semelhantes quanto à aceitação, escores >5 considerado aceitável. Tanto o pão A quanto o pão B apresentaram uma elevada intenção de compra, ambas superiores a 80%.

Observou-se as características visuais dos pães após 7 dias de armazenamento em sacos plásticos fechados com lacre metálico do tipo amarrilho. Os pães A e B apresentaram início de bolor. Novos trabalhos serão realizados e verificar-se-á a influência do microencapsulamento do suco concentrado de acerola e da vitamina C na sobrevivência sensorial destes pães, assim como os parâmetros de textura e microrganismos na massa e nos pães.

### 3.6 Aplicação em balas mastigáveis de proteína de leite

A bala de proteína foi elaborada priorizando o mínimo de processamento e exposição ao calor, para que não se perdesse as propriedades da vitamina C. A bala de proteína de leite adicionado do suco concentrado de acerola microencapsulado apresenta alegações de “enriquecido ou fortificado” em nutrientes essenciais, pois em 100 g de alimento deve apresentar mais que 30% da ingestão diária recomendada para sólidos (Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998). No presente estudo, em 5 g da bala de proteína foram obtidas 2,45 g de proteína (49%). Segundo a Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998 da ANVISA, há limite de 15% da ingestão diária recomendada de nutrientes essenciais em alimentos sólidos com alegação.

Para a vitamina C, esta bala possui alegações de “fonte de” por apresentar 1,53% de vitamina C em 100 g de bala.

O consumo de proteína na alimentação humana é de suma importância, pois dos 20 aminoácidos constituintes das proteínas, 9 o corpo humano não produz, conhecidos como “aminoácidos essenciais”. A deficiência de proteínas na dieta pode causar problema de desenvolvimento muscular como no crescimento, cardíaco e cerebral. A deficiência calórica causa catabolismo que consiste na degradação dos músculos para fornecer energia ao corpo (Landi et al., 2019). Considerando-se a rotina diária corrida, onde as pessoas nem sempre conseguem suprir as necessidades diárias de nutrientes na alimentação, foi aplicada a uma bala de proteína de soro de leite sabor cacau o microencapsulado do suco concentrado de acerola, com intuito de adicionar uma fonte de vitamina C. A atividade antioxidante, as balas mostraram potencial de inibição frente aos radicais ABTS e DPPH de 40,17 e 33,15%, respectivamente, o que apresenta um bom potencial antioxidante quando comparado a balas macias enriquecidas com luteína, diante do radical DPPH e ABTS (Pan et. Al. 2022)

### 3.7 Análise sensorial da bala de proteína

No Software SensoMaker obteve-se as curvas de Dominância Temporal de Sensação com alguns parâmetros quantitativos das curvas TDS, como DRmax (maior taxa de dominância); T max (linha de nível de significância) e T90% (taxa de dominância máxima). As balas de proteína tiveram os atributos sensoriais cacau

amargor, característico de suplemento alimentar, cítrico, macio, duro, grudento e desagradável observados no teste. O atributo grudento foi sentido primeiro de acordo com gráfico de Dominância Temporal de Sensações e os atributos duro e cacau foram sentidos juntos por segundo, atributos característicos de bala mastigável. A maior taxa de dominância de sensação fora dos atributos cacau, amargor, macio (10 a 20s), seguido pela mudança de pegajoso para macio, e finalizando com a percepção do atributo amargo (45 a 50 s).

#### 4. Conclusões

A microencapsulação do suco concentrado de acerola foi eficiente, mantendo 16,34 g/100g de vitamina C, apresentou elevada capacidade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS respectivamente 97,29 e 99,17, baixa higroscopidade, capacidade de formação de microcápsula com valor médio de apresentaram 7.638 µm e uniformidade das mesmas, característica desejáveis em microcápsulas para a preservação dos compostos de interesse. Aplicou-se o microencapsulado em pães de forma que apresentou menor dureza e gomosidade e uma maior elasticidade que o pão de forma padrão com reforçador de farinha comercial. Por estas características dadas ao pão de forma, o microencapsulado pode ser considerado um coadjuvante de tecnologia, pois aprimorou suas características sensoriais. A escala hedônica a aceitação sensorial por parte dos consumidores também foi superior nos pães com adição do microencapsulado do suco concentrado de acerola. As balas proteicas com o microencapsulado do suco

concentrado de acerola apresentaram características de bala mastigável e produtos de cacau. O sabor cítrico característico da acerola não foi um atributo percebido como dominante.

Pode-se vislumbrar a aplicabilidade do suco concentrado de acerola microencapsulado em gêneros alimentícios, dependendo das características desejadas ao produto. A estabilidade e manutenção da vitamina C durante a vida útil dos alimentos também poderá ser avaliada, assim como estudos de vida útil do microencapsulado do suco concentrado de acerola e diferentes tempos e temperaturas de armazenamento.

#### Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul FAPERGS. Agradecemos a Centro de Microscopia Eletrônica da Zona Sul (CEME-Sul), Fundação Universidade do Rio Grande (FURG) pela análise de microscopia eletrônica de varredura MEV

## Referencias

ABNT. (2015). ABNT NBR ISO 8589:2015, Análise sensorial — **Guia geral para o projeto de ambientes de teste**. Disponível em:

<<https://wp.ufpel.edu.br/sensorial/2015/11/11/normas-de-analise-sensorial-abnt-2015/>> Acessado em 15 de abril de 2022

ALMEIDA, C. C., ALVARES, T. S., COSTA, M. P., & CONTE-JUNIOR, C. A. (2016). Protein and Amino Acid Profiles of Different Whey Protein Supplements. **Journal of Dietary Supplements**, 13(3), 313–323. Disponível em:

<<https://doi.org/10.3109/19390211.2015.1036187>> Acessado em 15 de abril de 2022

ALVES, A. I., RODRIGUES, M. Z., RIBEIRO PINTO, M. R. M., LAGO VANZELA, E. S., STRINGHETA, P. C., PERRONE, I. T., & RAMOS, A. M. (2017). Morphological characterization of pequi extract microencapsulated through spray drying.

**International Journal of Food Properties**, 1–8. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1343344>> Acessado em 15 de abril de 2022

ANVISA. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998, Pub. L. No. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998, **Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância Sanitária (1988). ANVISA. (1999). PORTARIA Nº 398, DE 30 DE ABRIL DE 1999.

ANVISA. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 45, DE 3 DE NOVEMBRO DE 2010. In Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Disponível em:

<[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/rdc0045\\_03\\_11\\_2010.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/rdc0045_03_11_2010.pdf)> Acessado em 15 de abril de 2022

AQUALAB. (2023). **AQUALAB SERIES 4TE**. Disponível em:

<<Https://Metergroup.Com.Br/Aqualab/Produtos/4te-Ponto-de-Orvalho/>> Acessado em 15 de abril de 2022

AQUINO S. M, R., DO NASCIMENTO, L. Á., COLUSSI, R. (2023). Bioactive compounds from acerola pomace: A review. **Food Chemistry**, 404, 134613.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134613>> Acessado em 15 de abril de 2023

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, 28(1), 25–30. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)> Acessado em 15 de abril de 2022

CAMARGO, L. DA R., DONEDA, D., & OLIVEIRA, V. R. (2020). Whey protein ingestion in elderly diet and the association with physical, performance and clinical outcomes. **Experimental Gerontology**, 137, 110936. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110936>>

COMUNIAN, T. A., THOMAZINI, M., ALVES, A. J. G., DE MATOS JUNIOR, F. E., DE CARVALHO BALIEIRO, J. C., FAVARO-TRINDADE, C. S. (2013). Microencapsulation of ascorbic acid by complex coacervation: Protection and controlled release. **Food Research International**, 52(1), 373–379. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.028>> Acessado em 15 de abril de 2022

CONSTANT, P. B. L., SILVA, A. G. DA, BORGES, Â. DA S., MELO, F. O., FANCHIOTTI, F. E., SILVA, F. L. A. T. DA, & STRINGHETA, P. C. (2021). Microencapsulação de pigmento natural de urucum e avaliação de sua estabilidade. **Research, Society and Development**, 10(9), e51910918179. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18179>> Acessado em 15 de abril de 2022

CONTO, L. C., PORTO OLIVEIRA, R. S., PEREIRA MARTIN, L. G., CHANG, Y. K., & STEEL, C. J. (2012). Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread. **LWT - Food Science and Technology**, 45(1), 103–109. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.027>> Acessado em 15 de abril de 2023

CRUZ, M. C. R., PERUSSELLO, C. A., MASSON, M. L. (2018). Microencapsulated ascorbic acid: Development, characterization, and release profile in simulated gastrointestinal fluids. **Journal of Food Process Engineering**, 41(8), e12922. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jfpe.12922>> Acessado em 15 de abril de 2022

DAVIES, R., CARSON, B., JAKEMAN, P. (2018). The Effect of Whey Protein Supplementation on the Temporal Recovery of Muscle Function Following Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, 10(2), 221. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/nu10020221>> Acessado em 15 de abril de 2022

DUARTE, G. B. D., SOUSA, I. DOS S., CUNHA, A. P. G. DA, PIRES, M. E. L. L., LEITE, D. M., & BRITO, M. M. DE. (2022). Alimentação saudável em tempos de Covid-19: uma revisão. **Research, Society and Development**, 11(13), e129111335281. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35281>>Acessado em: 15 de abril de 2023

DUTCOSKY, SD. (2019). **Análise sensorial de alimentos** (de Barros A. Maria & Nicola. S de M Rosane, Eds.; 5<sup>a</sup> Edição).

ELENA, P. M., LOREDANA, U. E., CARMEN, M. A., ELENA, P. E., & ALEXANDRA, J. (2021). **Consumer preferences and expectations**. In Trends in Wheat and Bread Making (pp. 431–458). Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00015-5>>Acessado em: 15 de abril de 2023

EVONIK. (2015). AEROSIL® and AEROPERL® Colloidal Silicon Dioxide for Pharmaceuticals. Technical Information TI 1281 Aerosil 200.

FEITOSA, L. R. G. DE F., MACIEL, J. F., BARRETO, T. A., & MOREIRA, R. T. (2013). Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. **Semina: Ciências Agrárias**, 34(2), 693–704. Disponível em: <<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p693>>Acessado em: 15 de abril de 2023

FIORAVANTE, J. B., SOUZA, V. R. D. DE, RODRIGUES, R. D. S., DIAZ, P. D. O., & MOREIRA, A. D. S. (2017). Alternatives for preservation of bioactive compounds in blueberry pulp: heat treatment associated with the addition of xanthan pruni. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 39(3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017541> >Acessado em 15 de abril de 2023

FRANCO, M., BELORIO, M., & GÓMEZ, M. (2022). Assessing Acerola Powder as Substitute for Ascorbic Acid as a Bread Improver. **Foods**, 11(9), 1366. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/foods11091366>>Acessado em 15 de abril de 2023

FREITAS A. C., SILVA, M. G. ARRAES, C. J. M CORREIA, F. R W. SOUSA. MACHADO P H. (2006). ACEROLA: PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO, ASPECTOS NUTRICIONAIS E PRODUTOS. **R. Bras. Agrociência**, 12. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/4688/3521>>Acessado: em 15 de abril de 2023

GARCIA, V. A. S., BORGES, J. G., VANIN, F. M., & CARVALHO, R. A. DE. (2020). Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, 23. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.23719> >Acessado em 12 de julho de 2023

GOUVEA, I. F. S., MACIEL, M. P. R., CARVALHO, E. E. N., BOAS, B. M. V., & NACHTIGALL, A. M. (2020). Caracterização física e química de farinha de talo de beterraba. **Brazilian Journal of Development**, 6(3), 15814–15823. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-452> >Acessado em 15 de abril de 2023

GUENA. A CORTINES DE ALMEIDA. (2019). **Encapsulação da vitamina c por coacervação complexa empregando goma xantana e proteína como material de parede**. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2008). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** (4<sup>a</sup> Ed 1<sup>a</sup> Ed digital). Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>. <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos> >Acessado em 15 de abril de 2023

LANDI, F., CAMPRUBI-ROBLES, M., BEAR, D. E., CEDERHOLM, T., MALAFARINA, V., WELCH, A. A., & CRUZ-JENTOFT, A. J. (2019). Muscle loss: The new malnutrition challenge in clinical practice. **Clinical Nutrition**, 38(5), 2113–2120. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.11.021> >Acessado em 15 de abril de 2023

LEHN, D. N., ESQUERDO, V. M., DAHLEM JÚNIOR, M. A., DALL'AGNOL, W., DOS SANTOS, A. C. F., DE SOUZA, C. F. V., & DE ALMEIDA PINTO, L. A. (2018). Microencapsulation of different oils rich in unsaturated fatty acids using dairy industry waste. **Journal of Cleaner Production**, 196, 665–673. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.127> >Acessado em 15 de abril de 2023

ALMEIDA, M. DE O., K., R. DE OLIVEIRA, A., R. PEREIRA, J., G. DA SILVA, J., M. HÚNGARO, H., P. RODARTE, M., L. SEQUETTO, P., & M. L. DENADAI, Â. (2021). Rheological and Colloidal Characterization of Xanthan Biosynthesized from Glucose. **Revista Virtual de Química**, 13(6), 1241–1250. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210084> >Acessado em 15 de abril de 2023

MACEDO, M. C. C., MARO, K. F., CONCEIÇÃO, K. R. O., QUEIROZ, V. A. V., SILVA, W. A., & PIRES, C. V. (2016). Elaboração de pães formulados com farinhas de sorgo, semente de abóbora, trigo e aveia. **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 25.; CIGR SECTION 6 INTERNATIONAL TECHNICAL SYMPOSIUM, 10., 2016, Gramado. Alimentação: árvore que sustenta a vida: anais. Gramado: SBCTA Regional, 2016.

MITELUT, A. C., POPA, E. E., POPESCU, P. A., & POPA, M. E. (2021). **Trends of innovation in bread and bakery production**. In Trends in Wheat and Bread Making (pp. 199–226). Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00007-6>> Acessado em 15 de abril de 2023

NASCIMENTO F, E. , BARROCA S, N. N., CONVERTI, A., FERREIRA G, C. R., PINHEIRO S, A. M., SILVA R, D. MACIEL, M. I. S. (2022). Microencapsulation of acerola (*Malpighia emarginata* DC) AND ciruela (*Spondias purpurea* L) mixed juice with different wall materials. **Food Chemistry Advances**, 1, 100046. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodcha.2022.100046>> Acessado em 10 de abril de 2023

PADAYATTY, S., & LEVINE, M. (2016). VITAMIN C: the known and the unknown and Goldilocks. **Oral Diseases**, 22(6), 463–493. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/odi.12446>> Acessado em 15 de janeiro de 2023

PEREZ, I. A., MACAGNAN, K. L., COSTA, E. DOS S. M., OLIVEIRA, G. D., AMES, C. W., ROSSI, D., VENDRUSCOLO, C. T., & MOREIRA, A. DA S. (2020). Efeito de novos extratos de levedura no crescimento celular, produção e viscosidade de xantana pruni por xanthomonas arboricola pv pruni cepa 106. **Brazilian Journal of Development**, 6(4), 21543–21552. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-357>> Acessado em 15 de janeiro de 2023

PINEAU, N., SCHLICH, P., CORDELLE, S., MATHONNIÈRE, C., ISSANCHOU, S., IMBERT, A., ROGEAUX, M., ETIÉVANT, P., & KÖSTER, E. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. **Food Quality and Preference**, 20(6), 450–455. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.005>> Acessado em 15 de abril de 2023

PISOSCHI, A. M., POP, A., IORDACHE, F., STANCA, L., GEICU, O. I., BILTEANU, L., & SERBAN, A. I. (2022). Antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory roles of vitamins in COVID-19 therapy. **European Journal of Medicinal Chemistry**, 232, 114175. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2022.114175>> Acessado em 10 de abril de 2023

PREICHARDT, L. D., VENDRUSCOLO, C. T., MOREIRA, A. DA S., & GULARTE, M. A. (2020). **Eficiência da xantana pruni na produção de bolos sem glúten.** In **Ciência e Tecnologia dos Alimentos** – Volume 9. Editora Poisson. Disponível em: <<https://doi.org/10.36229/978-65-5866-031-6.CAP.06>> Acessado em 15 de abril de 2023

PREVEDELLO, M. T., & COMACHIO, G. (2021). Antioxidantes e sua relação com os radicais livres, e Doenças Crônicas Não Transmissíveis: uma revisão de literatura / Antioxidants and their relationship with free radicals, and Chronic Non communicable Diseases: a literature review. **Brazilian Journal of Development**, 7(6), 55244–55285. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-096>> Acessado em 15 de abril de 2023

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., & RICE-EVANS, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, 26(9–10), 1231–1237. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)> Acessado em 15 de abril de 2023

REZENDE, Y. R. R. S. (2016). **Otimização da extração e obtenção de microcápsulas de compostos bioativos da polpa e resíduo agroindustrial de acerola.** Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: <<Http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/16101>> Acessado em 10 de abril de 2022

RIBEIRO, J. S. (2021). **Produção de corante natural azul de jenipapo encapsulado com amido de araruta e maltodextrina de mandioca.** Universidade estadual do sudoeste da bahia.

RODRIGUES, J. F., SOUZA, V. R. DE, LIMA, R. R., CARNEIRO, J. DE D. S., NUNES, C. A., & PINHEIRO, A. C. M. (2016). Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary study with chocolate. **Food Quality and Preference**, 54, 51–57. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.07.002>> Acessado em 06 de março de 2023

ROVERSI, R. M., WALLISON DE JESUS, D., & CARDOSO AGIBERT, S. A. (2021). **Otimização da interação entre xantana e hpmc na qualidade de pão sem glúten.** Disponível em:

<<Https://Periodicoscientificos.ltp.lfsp.Edu.Br/Index.Php/Rbic/Article/View/383>.>Acessado em 10 de abril de 2022

SANCHES R.;, HERNANDES R.;, & MOTTA A (Eds.). (2022). **Anuario 2022 ABIMAP Directory.**

SANTOS, L. M. L., MUNIZ, J. L., PIRES, A. P. M., & ARAÚJO, R. S. (2015). MICROENCAPSULAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EM PÓ DE ACEROLA VERDE OBTIDO POR SPRAY DRYING. **Anais Do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 3687–3694. . Disponível em:  
<<https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-0559-24953-182519>>Acessado em 22 de maio de 2023

SILVA, F. C, A. MAIA. A. G, CORREIAC. J M, RAIMUNDO F, MACHADO S, P H. (2006). Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, 12(4), 395–400.

SINGLETON, V. L., & ROSSI, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, 16(3), 144–158. . Disponível em:  
<<https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>>Acessado em 08 de setembro de 2022

TANAKA. L Daise. (2007). **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia ssp*)**. Universidade Estadual Paulista “Professor Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em:  
<[Https://www2.fcfar.unesp.br/Home/Posgraduacao/AlimentoseNutricao/deise\\_tanaka-completo.pdf](Https://www2.fcfar.unesp.br/Home/Posgraduacao/AlimentoseNutricao/deise_tanaka-completo.pdf)>Acessado em 22 de janeiro de 2023

Zermiani T. (2018). **RELATÓRIO FINAL – ETAPA UNIVALI PROJETO ACEROLA.** UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ.

## Figuras

Figura 1. Morfologia e diâmetro médio das microcápsulas do suco concentrado da acerola.

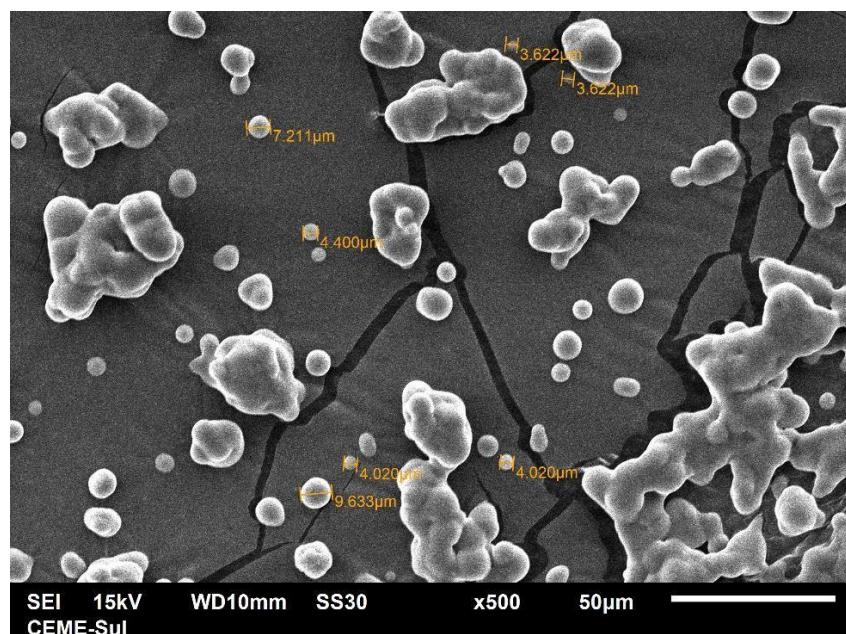


Figura 2. Escala hedônica de 9 pontos onde 1 representa desgostei muitíssimo e 9 gostei muitíssimo mensurando a impressão global dos pães de forma com microencapsulado e 756 com reforçador.

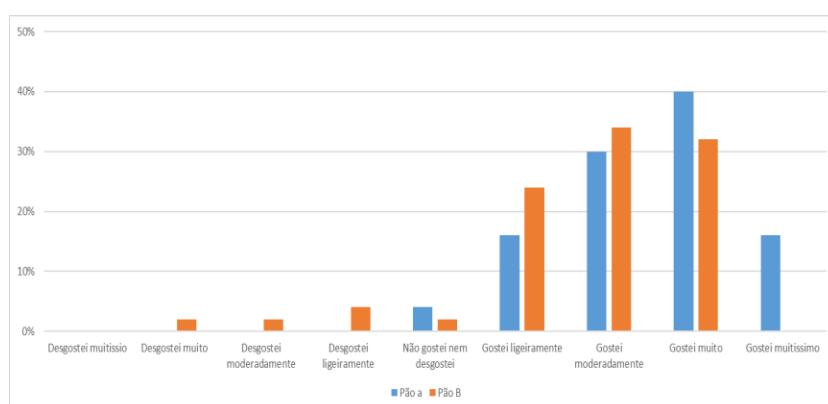


Figura 3. Taxa de Dominância Temporal de Sensações da bala de proteína adicionada do suco concentrado de acerola.

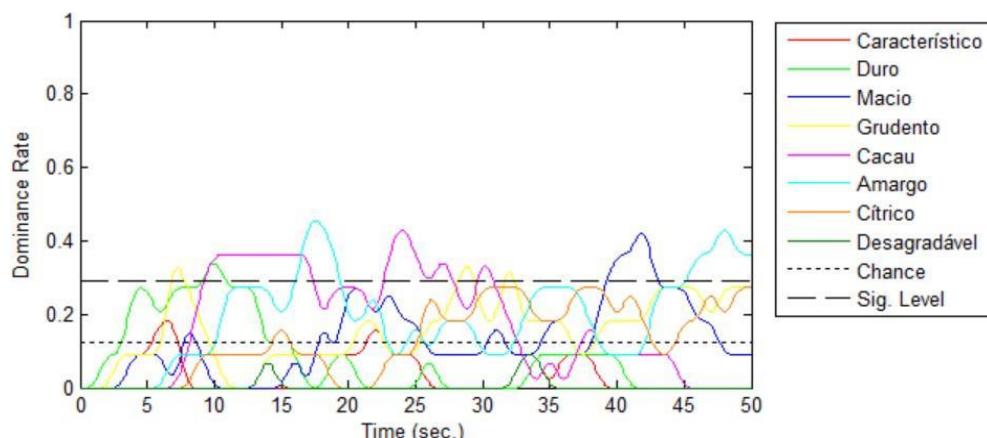
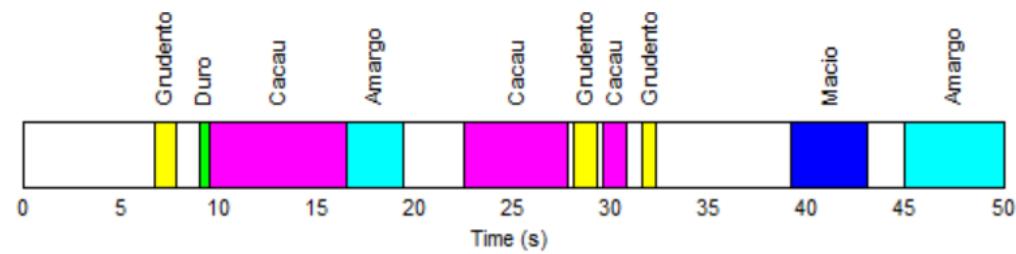


Figura 4. Dominância Temporal de Sensações da bala de proteína adicionada do suco concentrado de acerola.



## Tabelas

Tabela 1: Resultados do pH e atividade de água do microencapsulado do suco concentrado da acerola

pH	Atividade de água (aw)

Microcápsula do suco concentrado de acerola	4,43	0,48
---	------	------

Tabela 2. Propriedades físico-químicas, quantificação de ácido ascórbico e compostos fenólicos totais e atividade antioxidante do suco concentrado de acerola microencapsulado.

	Ác. ascórbico iodometria mg/1g	Ác. ascórbico cro g/100g	Antioxida n te DPPH (%)	Antioxidant e ABTS (%)	Composto s fenólicos mgEAG/1g
Microcáps ulado suco concentrad o de acerola	16717	16,34	97,29	99,17	0,19

Tabela 3. Parâmetros de textura dos pães de forma com suco concentrado de acerola microencapsulado e com reforçador.

	A (Microencapsulado)	B (Padrão)
Dureza (g)	609,4 ± 37,2 <sup>a</sup>	661,0 ± 13,8 <sup>b*</sup>
Textura		
Gomosidade (g)	447,4 ± 25,7 <sup>a</sup>	473,4 ± 14,8 <sup>b</sup>
Elasticidade (mm)	0,86 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,80 ± 0,05 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa.

#### **4. Considerações finais**

A microencapsulação do suco concentrado de acerola foi eficiente, mantendo 16,34 g/100g de vitamina C, apresentou elevada capacidade antioxidante frente aos radicais redutores DPPH e ABTS respectivamente 97,29 e 99,17, baixa higroscopicidade, capacidade de formação de microcápsula com valor médio de apresentaram 7.638 µm e uniformidade das mesmas, característica desejáveis em microcápsulas para a preservação dos compostos de interesse. Aplicou-se o microencapsulado em pães de forma que apresentaram menor dureza e gomosidade e uma maior elasticidade que o pão de forma padrão com reforçador de farinha comercial. Por estas características dadas ao pão de forma, o microencapsulado pode ser considerado um coadjuvante de tecnologia, pois aprimorou suas características sensoriais. A escala hedônica a aceitação sensorial por parte dos consumidores também foi superior nos pães com adição do microencapsulado do suco concentrado de acerola. As balas proteicas com o microencapsulado do suco concentrado de acerola apresentaram características de bala mastigável e produtos de cacau. O sabor cítrico característico da acerola não foi dominante.

Pode-se vislumbrar a aplicabilidade do suco concentrado de acerola microencapsulado em gêneros alimentícios, dependendo das características desejadas ao produto. Em estudos futuros a estabilidade e manutenção da vitamina C do microencapsulado poderá ser avaliada em diferentes tempos e temperaturas de armazenamento bem como, na aplicação de alimentos e as características a eles adquiridas.

## Referencias

ABNT. (2015). ABNT NBR ISO 8589:2015, Análise sensorial — **Guia geral para o projeto de ambientes de teste**. Disponível em:  
<https://wp.ufpel.edu.br/sensorial/2015/11/11/normas-de-analise-sensorial-abnt-2015/>.> Acessado em 15 de abril de 2022

ALMEIDA, C. C., ALVARES, T. S., COSTA, M. P., & CONTE-JUNIOR, C. A. (2016). Protein and Amino Acid Profiles of Different Whey Protein Supplements. **Journal of Dietary Supplements**, 13(3), 313–323. Disponível em:  
<https://doi.org/10.3109/19390211.2015.1036187>>Acessado em 15 de abril de 2022

ALMEIDA, M. DE O., K., R. DE OLIVEIRA, A., R. PEREIRA, J., G. DA SILVA, J., M. HÚNGARO, H., P. RODARTE, M., L. SEQUETTO, P., & M. L. DENADAI, Â. (2021). Rheological and Colloidal Characterization of Xanthan Biosynthesized from Glucose. **Revista Virtual de Química**, 13(6), 1241–1250. Disponível em:  
<https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210084> >Acessado em 15 de abril de 2023

ALVES, A. I., RODRIGUES, M. Z., RIBEIRO PINTO, M. R. M., LAGO VANZELA, E. S., STRINGHETA, P. C., PERRONE, Í. T., & RAMOS, A. M. (2017). Morphological characterization of pequi extract microencapsulated through spray drying. **International Journal of Food Properties**, 1–8. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1343344>>Acessado em 15 de abril de 2022

ANVISA. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998, Pub. L. No. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998, **Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância Sanitária (1988).

ANVISA. (1999). PORTARIA Nº 398, DE 30 DE ABRIL DE 1999.

ANVISA. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 45, DE 3 DE NOVEMBRO DE 2010. In Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Disponível em:  
[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/rdc0045\\_03\\_11\\_2010.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/rdc0045_03_11_2010.pdf).>Acessado em 15 de abril de 2022

AQUALAB. (2023). **AQUALAB SERIES 4TE**. Disponível em:  
<<https://Metergroup.Com.Br/Aqualab/Produtos/4te-Ponto-de-Orvalho/>>Acessado em 15 de abril de 2022

AQUINO S. M, R., DO NASCIMENTO, L. Á., COLUSSI, R. (2023). Bioactive compounds from acerola pomace: A review. **Food Chemistry**, 404, 134613. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134613>>Acessado em 15 de abril de 2023

Bhandari, BR; Howes, T. Implication of Glass Transition for the Drying and Stability of Dryed Foods. **J. Food Eng.** 1999, 40 , 71-79 . DOI: 10.1016/S0260-8774(99)00039-4.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, 28(1), 25–30. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)>Acessado em 15 de abril de 2022

CAMARGO, L. DA R., DONEDA, D., & OLIVEIRA, V. R. (2020). Whey protein ingestion in elderly diet and the association with physical, performance and clinical outcomes. **Experimental Gerontology**, 137, 110936. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110936>>

COMINETTI, Cristiane et al. **O livro Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição:** Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença. Barueri: Manole

COMUNIAN, T. A., THOMAZINI, M., ALVES, A. J. G., DE MATOS JUNIOR, F. E., DE CARVALHO BALIEIRO, J. C., FAVARO-TRINDADE, C. S. (2013). Microencapsulation of ascorbic acid by complex coacervation: Protection and controlled release. **Food Research International**, 52(1), 373–379. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.028>>Acessado em 15 de abril de 2022

CONSTANT, P. B. L., SILVA, A. G. DA, BORGES, Â. DA S., MELO, F. O., FANCHIOTTI, F. E., SILVA, F. L. A. T. DA, & STRINGHETA, P. C. (2021). Microencapsulação de pigmento natural de urucum e avaliação de sua estabilidade. **Research, Society and Development**, 10(9), e51910918179. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18179>> Acessado em 15 de abril de 2022

CONTO, L. C., PORTO OLIVEIRA, R. S., PEREIRA MARTIN, L. G., CHANG, Y. K., & STEEL, C. J. (2012). Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread. **LWT - Food Science and Technology**, 45(1), 103–109. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.027>> Acessado em 15 de abril de 2023

CRUZ, M. C. R., PERUSSELLO, C. A., MASSON, M. L. (2018). Microencapsulated ascorbic acid: Development, characterization, and release profile in simulated gastrointestinal fluids. **Journal of Food Process Engineering**, 41(8), e12922. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jfpe.12922>> Acessado em 15 de abril de 2022

DAMODARAN, Srinivasan et al. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed editora, 2018.

DHAKAL, S HE, J. Microencapsulation of Vitamins in Food Applications to Prevent Losses in Processing and Storage: A Review. **Food Research International**. 137. Disponível em <109326. 10.1016/j.foodres.2020.109326.> Acessado em 28 de junho de 2023

DAVIES, R., CARSON, B., JAKEMAN, P. (2018). The Effect of Whey Protein Supplementation on the Temporal Recovery of Muscle Function Following Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, 10(2), 221. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/nu10020221>> Acessado em 15 de abril de 2022

DUARTE, G. B. D., SOUSA, I. DOS S., CUNHA, A. P. G. DA, PIRES, M. E. L. L., LEITE, D. M., & BRITO, M. M. DE. (2022). Alimentação saudável em tempos de

Covid-19: uma revisão. **Research, Society and Development**, 11(13), e129111335281. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35281>> Acessado em: 15 de abril de 2023

DUTCOSKY, SD. (2019). **Análise sensorial de alimentos** (de Barros A. Maria & Nicola. S de M Rosane, Eds.; 5<sup>a</sup> Edição).

ELENA, P. M., LOREDANA, U. E., CARMEN, M. A., ELENA, P. E., & ALEXANDRA, J. (2021). **Consumer preferences and expectations**. In Trends in Wheat and Bread Making (pp. 431–458). Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00015-5>> Acessado em: 15 de abril de 2023

EVONIK. (2015). AEROSIL® and AEROPERL® Colloidal Silicon Dioxide for Pharmaceuticals. Technical Information TI 1281 Aerosil 200.

FEITOSA, L. R. G. DE F., MACIEL, J. F., BARRETO, T. A., & MOREIRA, R. T. (2013). Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. **Semina: Ciências Agrárias**, 34(2), 693–704. Disponível em: <<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p693>> Acessado em: 15 de abril de 2023

FINOTELLI, P. V.; ROCHA-LEÃO, M. H. M. Microencapsulation of ascorbic acid in maltodextrin and capsul using spray-drying, 2005.

FIORAVANTE, J. B., SOUZA, V. R. D. DE, RODRIGUES, R. D. S., DIAZ, P. D. O., & MOREIRA, A. D. S. (2017). Alternatives for preservation of bioactive compounds in blueberry pulp: heat treatment associated with the addition of xanthan pruni. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 39(3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017541> Acessado em 15 de abril de 2023

FRANCO, M., BELORIO, M., & GÓMEZ, M. (2022). Assessing Acerola Powder as Substitute for Ascorbic Acid as a Bread Improver. *Foods*, 11(9), 1366. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/foods11091366>> Acessado em 15 de abril de 2023

FREITAS A. C., SILVA, M. G. ARRAES, C. J. M CORREIA, F. R W. SOUSA. MACHADO P H. (2006). ACEROLA: PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO, ASPECTOS NUTRICIONAIS E PRODUTOS. *R. Bras. Agrociência*, 12. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/4688/3521>> Acessado: em 15 de abril de 2023

GARCIA, V. A. S., BORGES, J. G., VANIN, F. M., & CARVALHO, R. A. DE. (2020). Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-6723.23719>> Acessado em 12 de julho de 2023

GOUVEA, I. F. S., MACIEL, M. P. R., CARVALHO, E. E. N., BOAS, B. M. V., & NACHTIGALL, A. M. (2020). Caracterização física e química de farinha de talo de beterraba. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 15814–15823. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-452>> Acessado em 15 de abril de 2023

GUENA. A CORTINES DE ALMEIDA. (2019). **Encapsulação da vitamina c por coacervação complexa empregando goma xantana e proteína como material de parede.** UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO.

HUANG, Liangliang et al. Preparation of chitosan/chondroitin sulfate complex microcapsules and application in controlled release of 5-fluorouracil. *Carbohydrate Polymers*, v. 80, n. 1, p. 168-173, 2010

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2008). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** (4<sup>a</sup> Ed 1<sup>a</sup> Ed digital). Disponível em: <<http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>. <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>> Acessado em 15 de abril de 2023

ISHIDA, A. K. N.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Mancha-bacteriana do maracujazeiro (*Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*): etiologia e estratégias de controle. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2009. 23p. (Documentos/ Embrapa Amazônia Oriental).

JANSEN-ALVES, Cristina. **Microencapsulação de própolis utilizando matrizes proteicas para aplicação como ingrediente funcional em alimentos.** 2018. 132 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Disponível em: [https://quaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/4131/tese\\_Cristina%20Jansen%20Alves.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://quaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/4131/tese_Cristina%20Jansen%20Alves.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Acessado em: 25 de junho de 2023)

LANDI, F., CAMPRUBI-ROBLES, M., BEAR, D. E., CEDERHOLM, T., MALAFARINA, V., WELCH, A. A., & CRUZ-JENTOFT, A. J. (2019). Muscle loss: The new malnutrition challenge in clinical practice. **Clinical Nutrition**, 38(5), 2113–2120. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.11.021>> Acessado em 15 de abril de 2023

LEHN, D. N., ESQUERDO, V. M., DAHLEM JÚNIOR, M. A., DALL'AGNOL, W., DOS SANTOS, A. C. F., DE SOUZA, C. F. V., & DE ALMEIDA PINTO, L. A. (2018). Microencapsulation of different oils rich in unsaturated fatty acids using dairy industry waste. **Journal of Cleaner Production**, 196, 665–673. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.127>> Acessado em 15 de abril de 2023

MOREIRA, A. da S.; FIORAVANTE, J. B.; VENDRUSCOLO, C. T.; MACAGNAN, K. L. **Microcápsulas à base de xantana para preservação ou liberação controlada de probióticos e composição para microcápsulas a base de xantana.** Ano: 2018, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020180687239, título: "Microcápsulas à base de xantana para preservação ou liberação controlada de probióticos e composição para microcápsulas a base de xantana", Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depositante: Universidade Federal de Pelotas. Depósito: 14/09/2018. Data da publicação nacional: 24/03/2020.

MOREIRA, G. E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola.** 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, 2007. Disponível em:

<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15742> Acessado em 13 de setembro de 2022

MACEDO, M. C. C., MARO, K. F., CONCEIÇÃO, K. R. O., QUEIROZ, V. A. V., SILVA, W. A., & PIRES, C. V. (2016). Elaboração de pães formulados com farinhas de sorgo, semente de abóbora, trigo e aveia. **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 25.; CIGR SECTION 6 INTERNATIONAL TECHNICAL SYMPOSIUM, 10., 2016, Gramado. Alimentação: árvore que sustenta a vida: anais. Gramado: SBCTA Regional, 2016.

MITELUT, A. C., POPA, E. E., POPESCU, P. A., & POPA, M. E. (2021). **Trends of innovation in bread and bakery production**. In Trends in Wheat and Bread Making (pp. 199–226). Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00007-6>> Acessado em 15 de abril de 2023

NASCIMENTO F, E. , BARROCA S, N. N., CONVERTI, A., FERREIRA G, C. R., PINHEIRO S, A. M., SILVA R, D. MACIEL, M. I. S. (2022). Microencapsulation of acerola (*Malpighia emarginata* DC) AND ciruela (*Spondias purpurea* L) mixed juice with different wall materials. **Food Chemistry Advances**, 1, 100046. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100046>> Acessado em 15 de abril de 2023

PADAYATTY, S., & LEVINE, M. (2016). VITAMIN C: the known and the unknown and Goldilocks. **Oral Diseases**, 22(6), 463–493. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/odi.12446>> Acessado em 15 de abril de 2023

PEREZ, Izadora Almeida. **Xantana Pruni de baixa viscosidade como agente encapsulante e sílica pirogênica como antiagregante na estabilidade de probiótico microencapsulado em spray dryer**. 2021. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de PósGraduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021. Disponível em: <[https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/8053/Dissertacao\\_Izadora\\_Almeida\\_Perez.pdf?sequence=1](https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/8053/Dissertacao_Izadora_Almeida_Perez.pdf?sequence=1)> Acessado em 13 de janeiro de 2023.

PEREZ, I. A., MACAGNAN, K. L., COSTA, E. DOS S. M., OLIVEIRA, G. D., AMES, C. W., ROSSI, D., VENDRUSCOLO, C. T., & MOREIRA, A. DA S. (2020). Efeito de novos extratos de levedura no crescimento celular, produção e viscosidade de xantana pruni por xanthomonas arboricola pv pruni cepa 106. **Brazilian Journal of Development**, 6(4), 21543–21552. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-357>> Acessado em 15 de abril de 2023

PINEAU, N., SCHLICH, P., CORDELLE, S., MATHONNIÈRE, C., ISSANCHOU, S., IMBERT, A., ROGEAUX, M., ETIÉVANT, P., & KÖSTER, E. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. **Food Quality and Preference**, 20(6), 450–455. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.005>> Acessado em 15 de abril de 2023

FINOTELLI, P. V.; ROCHA-LEÃO, M. H. M. Microencapsulation of ascorbic acid in maltodextrin and capsul using spray-drying, 2005.

PISOSCHI, A. M., POP, A., IORDACHE, F., STANCA, L., GEICU, O. I., BILTEANU, L., & SERBAN, A. I. (2022). Antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory roles of vitamins in COVID-19 therapy. **European Journal of Medicinal Chemistry**, 232, 114175. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2022.114175>> Acessado em 15 de abril de 2023

PREICHARDT, L. D., VENDRUSCOLO, C. T., MOREIRA, A. DA S., & GULARTE, M. A. (2020). **Eficiência da xantana pruni na produção de bolos sem glúten.** In **Ciência e Tecnologia dos Alimentos** – Volume 9. Editora Poisson. Disponível em: <<https://doi.org/10.36229/978-65-5866-031-6.CAP.06>> Acessado em 15 de abril de 2023

PREVEDELLO, M. T., & COMACHIO, G. (2021). Antioxidantes e sua relação com os radicais livres, e Doenças Crônicas Não Transmissíveis: uma revisão de literatura / Antioxidants and their relationship with free radicals, and Chronic Non communicable Diseases: a literature review. **Brazilian Journal of Development**, 7(6), 55244–55285. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-096>> Acessado em 15 de abril de 2023

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., & RICE-EVANS, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, 26(9–10), 1231–1237. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)> Acessado em 15 de abril de 2023

REZENDE, Y. R. R. S. (2016). **Otimização da extração e obtenção de microcápsulas de compostos bioativos da polpa e resíduo agroindustrial de acerola.** Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: <<Http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/16101>> Acessado em 10 de abril de 2022

RIBEIRO, J. S. (2021). **Produção de corante natural azul de jenipapo encapsulado com amido de araruta e maltodextrina de mandioca.** Universidade estadual do sudoeste da bahia.

RODRIGUES, J. F., SOUZA, V. R. DE, LIMA, R. R., CARNEIRO, J. DE D. S., NUNES, C. A., & PINHEIRO, A. C. M. (2016). Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary study with chocolate. **Food Quality and Preference**, 54, 51–57. . Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.07.002>> Acessado em 06 de março de 2023

ROVERSI, R. M., WALLISON DE JESUS, D., & CARDOSO AGIBERT, S. A. (2021). **Otimização da interação entre xantana e hpmc na qualidade de pão sem glúten.** . Disponível em: <<Https://Periodicoscientificos.ltp.Ifsp.Edu.Br/Index.Php/Rbic/Article/View/383>> Acessoado em 10 de abril de 2022

SANCHES R.;, HERNANDES R.;, & MOTTA A (Eds.). (2022). **Anuario 2022 ABIMAP** Directory.

SANTOS, L. M. L., MUNIZ, J. L., PIRES, A. P. M., & ARAÚJO, R. S. (2015). **MICROENCAPSULAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EM PÓ DE ACEROLA VERDE OBTIDO POR SPRAY DRYING.** **Anais Do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 3687–3694. . Disponível em:

<<https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-0559-24953-182519>> Acessado em 22 de maio de 2023

SCUDIERO, O. et al. Exercise, Immune System, Nutrition, Respiratory and Cardiovascular Diseases during COVID-19: A Complex Combination. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 18, n. 3, p. 904, Jan. 2021.

Shabbar A, et al. Ascorbic Acid: Microencapsulation Techniques and Trends—a Review. **Food reviews international**, v. 28 ,.4 pp. 343-374. Disponível em <<https://pubag.nal.usda.gov/catalog/265554>> Acessado em 10 de fevereiro de 2022

SILVA, F. C, A. MAIA. A. G, CORREIAC. J M, RAIMUNDO F, MACHADO S, P H. (2006). Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, 12(4), 395–400.

SINGLETON, V. L., & ROSSI, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, 16(3), 144–158. . Disponível em:  
<<https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>> Acessado em 08 de setembro de 2022

TANAKA. L Daise. (2007). **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia* ssp).** Universidade Estadual Paulista “Professor Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em:  
<[Https://www2.fcfar.unesp.br/Home/Posgraduacao/AlimentoseNutricao/deise\\_tanaka-completo.pdf](Https://www2.fcfar.unesp.br/Home/Posgraduacao/AlimentoseNutricao/deise_tanaka-completo.pdf)> Acessado em 22 de janeiro de 2023

ZERMIANI T. (2018). **RELATÓRIO FINAL – ETAPA UNIVALI PROJETO ACEROLA.** UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ.

## Figuras

Figura 1. Morfologia e diâmetro médio das microcápsulas do suco concentrado da acerola.

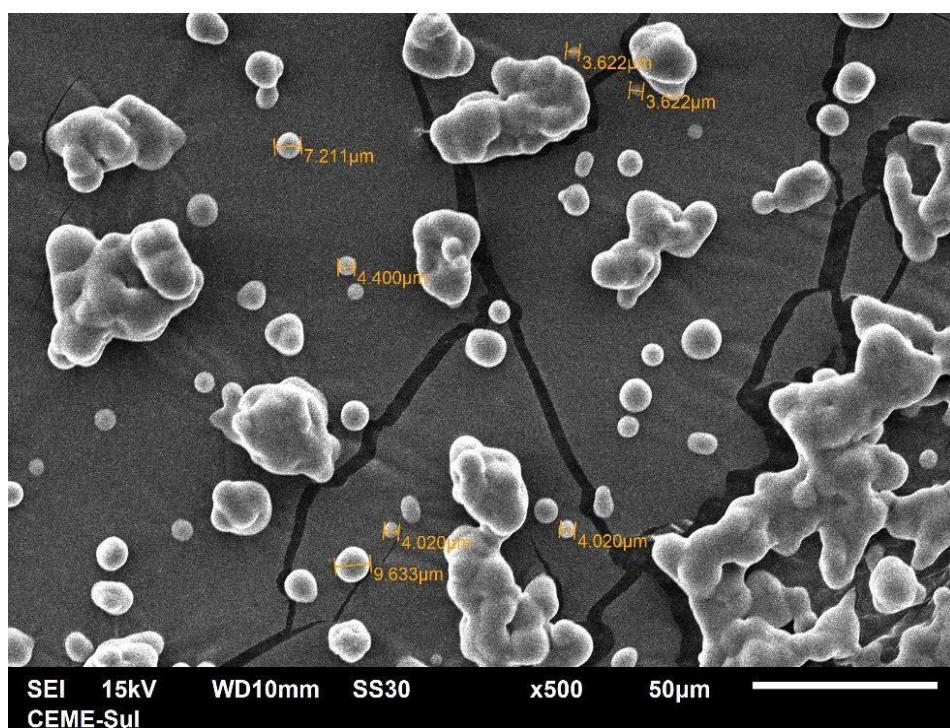


Figura 2. Escala hedônica de 9 pontos onde 1 representa desgostei muitíssimo e 9 gostei muitíssimo mensurando a impressão global dos pães de forma com microencapsulado e 756 com reforçador.

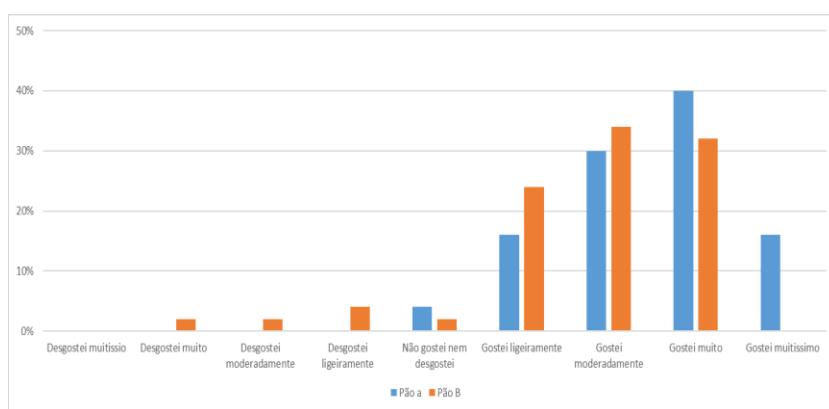


Figura 3. Taxa de Dominância Temporal de Sensações da bala de proteína adicionada do suco concentrado de acerola.

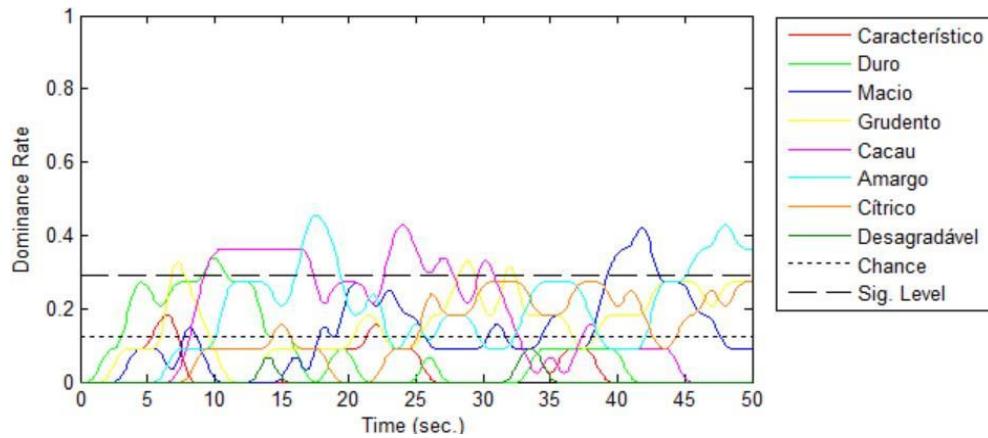
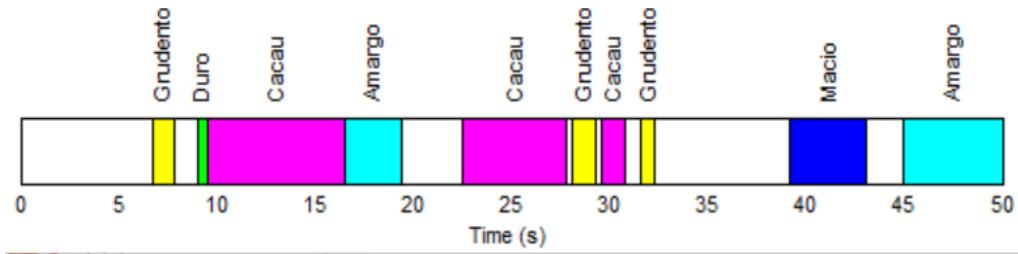


Figura 4. Dominância Temporal de Sensações da bala de proteína adicionada do suco concentrado de acerola.



## Tabelas

Tabela 1: Resultados do pH e atividade de água do microencapsulado do suco concentrado da acerola

	pH	Atividade de água (aw)
Microcápsula suco concentrado acerola	do de 4,43	0,48

Tabela 2. Propriedades físico-químicas, quantificação de ácido ascórbico e compostos fenólicos totais e atividade antioxidante do suco concentrado de acerola microencapsulado.

	Ác. ascórbico iodometria mg/1g	Ác. ascórbico cro g/100g	Antioxida n te DPPH (%)	Antioxidant e ABTS (%)	Composto s fenólicos mgEAG/1g
<b>Microcáps ulado suco concentrad o de acerola</b>					
	16717	16,34	97,29	99,17	0,19

Tabela 3. Parâmetros de textura dos pães de forma com suco concentrado de acerola microencapsulado e com reforçador.

	A (Microencapsulado)	B (Padrão)
Dureza (g)	609,4 ± 37,2 <sup>a</sup>	661,0 ± 13,8 <sup>b*</sup>
Textura		
Gomosidade (g)	447,4 ± 25,7 <sup>a</sup>	473,4 ± 14,8 <sup>b</sup>
Elasticidade (mm)	0,86 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,80 ± 0,05 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa