

Desenvolvimento de microcápsulas de camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) obtidas pelo processo de gelificação iônica

development of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) microcapsules obtained by the ionic gelation process

Desarrollo de microcapsulas de camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) obtenidas mediante el proceso de gelación iónica

DOI: 10.34188/bjaerv9n2-207

Submitted: Mar 20th, 2026

Approved: Apr 2nd, 2026

Geneluce Cruz Siqueira Santana

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Sergipe
São Cristóvão, SE. Brasil
E-mail: annuska.cabrall@hotmail.com

Annuska Vieira Cabral

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Sergipe
São Cristóvão, SE. Brasil
E-mail: annuska.cabrall@hotmail.com

Jucenir dos Santos Ferreira

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, MG. Brasil
E-mail: jucenir.santos@ufv.br

Carla Crislan de Souza Bery

Doutora em Biotecnologia
Universidade Federal de Sergipe
São Cristóvão, SE. Brasil
E-mail: carlaberys@gmail.com

Gabriel Francisco da Silva

Doutor em Engenharia de Alimentos
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Campinas, SP. Brasil
E-mail: gabrieldasilva1961@gmail.com

Alessandra Almeida Castro Pagani

Doutora em Engenharia de Processos
Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande, PB. Brasil
E-mail: alesspagani@yahoo.com.br

RESUMO

O camu-camu (*Myrciaria dubia* (Mc Vaugh)) é um fruto exótico que se destaca pelo elevado teor de vitamina C. A gelificação iônica é um método de encapsulação que traz ao produto maior durabilidade protegendo seu núcleo contra o meio externo, liberando-o de forma gradativa. Dessa forma, a utilização da microencapsulação no suco de camu-camu, resulta em partículas mais estáveis promovendo uma proteção aos compostos bioativos da fruta. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver microcápsulas de camu-camu por meio da técnica de gelificação iônica utilizando o alginato de sódio como agente gelificante e verificar a estabilidade dos compostos bioativos bem como as alterações físico químicas e microbiológica dos produtos P (controle) e S (controle com adição de suco) durante o armazenamento refrigerado a 5 ± 1 °C por 45 dias em embalagens de vidro transparentes. A matéria-prima utilizada para o processamento foi o suco de camu-camu (solução com a fruta liofilizada a 25% m/v) que diferiu ($p<0,05$) das microcápsulas na maioria dos parâmetros analisados. Durante o período de armazenamento verificou-se um produto mais ácido, com redução significativa do pH. Em relação a cor observou-se perda de tons avermelhados com leve aumento de saturação e intensidade. A obtenção de microcápsula de camu-camu apresentou pontos positivos devido a formação de um produto com um alto poder nutricional, aplicável na formulação de alimentos inovadores, ajudando na prevenção de várias doenças e assim, beneficiando a saúde dos consumidores: seu potencial torna-se promissor.

Palavras-chave: camu-camu, microencapsulação, alginato de sódio

ABSTRACT

Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Mc Vaugh)) is an exotic fruit notable for its high vitamin C content. Ionic gelation is an encapsulation method that provides greater product durability by protecting its core from the external environment, releasing it gradually. Therefore, the use of microencapsulation in camu-camu juice results in more stable particles, promoting protection of the fruit's bioactive compounds. This study aimed to develop camu-camu microcapsules using the ionic gelation technique with sodium alginate as a gelling agent and to verify the stability of the bioactive compounds as well as the physicochemical and microbiological changes in products P (control) and S (control with added juice) during refrigerated storage at 5 ± 1 °C for 45 days in transparent glass packaging. The raw material used for processing was camu-camu juice (a 25% w/v freeze-dried fruit solution) which differed ($p<0.05$) from the microcapsules in most of the parameters analyzed. During the storage period, a more acidic product was observed, with a significant reduction in pH. Regarding color, a loss of reddish tones was observed, with a slight increase in saturation and intensity. Obtaining camu-camu microcapsules presented positive points due to the formation of a product with high nutritional value, applicable in the formulation of innovative foods, helping in the prevention of various diseases and thus benefiting the health of consumers: its potential becomes promising.

Keywords: camu-camu, microencapsulation, sodium alginate

RESUMEN

El camu-camu (*Myrciaria dubia* (Mc Vaugh)) es una fruta exótica notable por su alto contenido de vitamina C. La gelificación iónica es un método de encapsulación que proporciona mayor durabilidad al producto al proteger su núcleo del entorno externo, liberándolo gradualmente. Por lo tanto, el uso de microencapsulación en jugo de camu-camu resulta en partículas más estables, promoviendo la protección de los compuestos bioactivos de la fruta. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar microcápsulas de camu-camu utilizando la técnica de gelificación iónica con alginato de sodio como agente gelificante y verificar la estabilidad de los compuestos bioactivos, así como los cambios físicoquímicos y microbiológicos en los productos P (control) y S (control con jugo añadido) durante el almacenamiento refrigerado a 5 ± 1 °C durante 45 días en envases de vidrio

transparente. La materia prima utilizada para el procesamiento fue jugo de camu-camu (una solución de fruta liofilizada al 25% p/v) que difirió ($p < 0,05$) de las microcápsulas en la mayoría de los parámetros analizados. Durante el periodo de almacenamiento, se observó un producto más ácido, con una reducción significativa del pH. En cuanto al color, se apreció una pérdida de tonos rojizos, con un ligero aumento de la saturación e intensidad. La obtención de microcápsulas de camu-camu presentó aspectos positivos debido a la formación de un producto con alto valor nutricional, aplicable en la formulación de alimentos innovadores, que contribuye a la prevención de diversas enfermedades y, por lo tanto, beneficia la salud de los consumidores: su potencial se vuelve prometedor.

Palabras clave: camu-camu, microencapsulación, alginato de sodio

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é um ecossistema que abriga uma flora nativa em abundância, muitas delas ainda desconhecidas em termos comerciais que possuem, em geral, extraordinárias características quanto ao sabor, cor, aroma e nutrientes, e tem despertado o interesse da comunidade científica (INPA, 2011).

A exemplo do camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) que é um fruto exótico também conhecido como “araçá”, “caçari”, “sarão” e “socoró” dependendo de onde é encontrado. É uma espécie selvagem pertencente à família Myrtaceae que cresce de forma natural ao longo das margens dos rios e lagos de águas escuras formando bosques (Chirinos *et al.*, 2010).

Além da polpa, a fruta é processada na forma de geléia, sorvetes ou como ingrediente na produção de vários produtos alimentícios a fim de se obter um ganho nutricional e sensorial já que sua elevada acidez dificulta o consumo da sua polpa *in natura* (Fujita *et al.*, 2013). Porém, devido ao seu elevado teor de vitamina C e outros compostos bioativos, como reportados por diversas pesquisas, os frutos de camu-camu tem sido foco de vários estudos devido as suas propriedades nutricionais. Esses benefícios foram atribuídos em parte aos fitoquímicos: os compostos fenólicos, carotenóides, e as vitaminas antioxidantes como exemplo a vitamina C, presentes em alimentos vegetais (Granato, Santos, Maciel e Nunes, 2016).

A ingestão desses compostos é de grande interesse, porém, as dificuldades associadas à instabilidade deles aos diversos efeitos externos, ou condições prejudiciais de processamento de alimentos tem proporcionado um esforço para melhorar sua biodisponibilidade (Moura *et al.*, 2018). De acordo com Pasin *et al.* (2012) compostos bioativos presentes nos frutos, incluindo o camu-camu Fujita *et al.* (2015), podem ser preservados pelo método de microencapsulação de alimentos, pela técnica de gelificação iônica que se utiliza hidrocolóides e soluções iônicas em concentrações adequadas. Esse método é simples, utiliza condições suaves, uma vez que não emprega altas

temperaturas ou solventes orgânicos, ou seja, as substâncias são encapsuladas evitando a degradação sob outras condições (Colak *et al.*, 2016).

Portanto, a microencapsulação representa um conceito promissor de solução tecnológica para superar esse desafio, pois permite o revestimento fino de partículas sólidas, gotas de líquidos e dispersões, com um filme protetor. Essa técnica vem solucionando várias limitações no emprego de ingredientes ativos na indústria alimentícia que, além de preservá-los, prolonga a vida útil dos alimentos (Ye, Georges, Selomulya, 2018; Food Ingredients Brasil, 2013).

A técnica de gelificação iônica para encapsulamento de frutos e outras matérias-primas utilizando alginato de sódio como material de parede foi utilizada com sucesso por Xavier, (2014); Ferreira, (2018) e Linhares, (2018) cujas microcápsulas obtidas conseguiram preservar, respectivamente, os fenóis do suco de maracujá; vitamina C e compostos fenólicos do extrato da beterraba; os altos níveis de antioxidantes e os compostos voláteis que são responsáveis pelo aroma do café; concluindo que tal técnica apresenta boa aceitabilidade nas características nutricionais e sensoriais.

O potencial bioativo e antioxidante apresentado no camu-camu precisa ser ainda mais explorado e no mercado ainda não foi encontrado derivados da fruta a partir da técnica de gelificação iônica com alginato de sódio como material de parede. Sendo assim, e considerando a necessidade de consumir alimentos que garantam a ingestão de compostos bioativos tão necessários para a promoção da saúde, aliado a tecnologia de baixo custo e viável este estudo teve como objetivo verificar a estabilidade dos compostos bioativos presentes em microcápsulas de camu-camu obtidas pelo método de gelificação iônica utilizando o alginato de sódio como gelificante, observando as alterações em seu armazenamento refrigerado a 5 ± 1 °C durante 45 dias sendo acondicionadas em embalagens de vidro transparentes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Alimento e no Laboratório de *Flavor*, Universidade Federal de Sergipe, *campus* São Cristóvão.

A matéria-prima utilizada para a fabricação das microcápsulas foi a fruta de camu-camu liofilizada (Camu-camu solúvel), obtida em Cerealista Express, loja de produtos naturais, localizada em São Paulo.

2.1 PROCESSAMENTO DA MICROCÁPSULA

As microcápsulas de Camu-camu foram obtidas através da técnica de gelificação iônica com metodologia de gotejamento, utilizando o alginato de sódio (2%), como agente gelificante.

O processo de gelificação iônica ocorreu utilizando duas soluções: A solução 1, suco de camu-camu 25% mais alginato de sódio a 2%, foi inserida numa seringa de capacidade de 10 mL e foi gotejada, por gravidade, em uma solução gelificante de cloreto de cálcio, solução 2, (2% p / v) para formar microcápsulas carregadas com o suco. O bico da seringa, fixada num suporte de vidro, ficou a 5 cm acima da superfície do banho gelificante. As microcápsulas foram mantidas no banho de gelificação por aproximadamente 2 minutos para promover a reticulação superficial. Com o auxílio de uma peneira inox as microcápsulas formadas foram drenadas e logo após imersas em um recipiente com água mineral para eliminar algum resíduo dessa solução. Após a lavagem, estas foram acondicionadas em potes de vidro transparentes com capacidade de 30 g.

O armazenamento foi feito em potes de vidro transparentes à temperatura de refrigeração de $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 45 dias. As microcápsulas foram armazenadas em 2 grupos sendo analisadas a cada 9 dias em duplicatas totalizando 6 dias de análises (0, 9, 18, 27, 36 e 45 dias)

Grupo 1 (P) – armazenadas em potes de vidro transparentes sem solução (controle)

Grupo 2 (S) – armazenadas em potes de vidro transparentes contendo suco de camu-camu como meio de conservação.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS DE CAMU-CAMU

2.2.1 Análises Físicas

Os procedimentos de tamanho e peso foram realizados em quintuplicata, e o resultado obtido em média.

2.2.2 Rendimento

O rendimento foi obtido pesando o suco antes do processamento, e as microcápsulas após serem processadas.

2.2.3 Tamanho das microcápsulas

Foi avaliado o tamanho das microcápsulas de camu-camu utilizando um paquímetro digital Pantec com a escala de 0 a 25 mm 0,001 mm.

2.2.4 Peso das microcápsulas

As microcápsulas foram pesadas em mini balança, capacidade de 30 g x 0,001 g.

2.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Foram efetuadas análises para caracterização físico-química do suco de camu-camu e das microcápsulas cuja finalidade foi avaliar os componentes nutricionais do suco e das microcápsulas de camu-camu além das alterações após o processamento.

2.3.1 Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem direta em estufa (Icamo modelo 4) a 105°C até peso constante, seguindo o método 012/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005).

2.3.2 Cinzas ou minerais

Foi utilizado o método de incineração em mufla (GP Científica) a 550°C, seguindo o método 018/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005).

2.3.3 Potencial hidrogeniônico - pH

Para determinação do pH, foi utilizado o método Potenciométrico seguindo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005,017/IV). O pH foi medido em potenciômetro da marca Tecnocon, modelo MPA-210, calibrado com soluções-tampão nos pH 4 e 7 a 20°C. Foram pesados 5g da amostra (5 mL do suco): as microcápsulas foram maceradas e diluídas com o auxílio de 50 mL de água, e foi observada a leitura do pH dada pelo aparelho.

2.3.4 Sólidos Solúveis (°BRIX)

Para a determinação de sólidos solúveis, a avaliação foi realizada em refratômetro Abbé de bancada (Biobrix) e o resultado expresso em °Brix.

2.3.5 Acidez titulável

O teor de acidez foi determinado pelo método de acidez titulável determinada por titulação com NaOH 0,1M de acordo com o método 016/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005) e expressa em porcentagem de ácido cítrico.

2.3.6 Parâmetros de Cor

As leituras da cor foram obtidas com a utilização do colorímetro Color Meter Minolta 200b. No sistema que representa a cor, os parâmetros descrevem a uniformidade da cor no espaço tridimensional, sendo os valores de luminosidade L* variando de 0 (preto) a 100 (branco) mostrando como quão claro e quão escuro é o produto analisado.

Já os parâmetros a^* e b^* tem seus valores correspondentes a escala do verde (-) ao vermelho (+) e escala do azul (-) ao amarelo (+) respectivamente. O ângulo Hue (h°) formado entre a^* e b^* indica a saturação da cor do objeto e varia de 0° corresponde à cor vermelha, 90° corresponde ao amarelo, 180° ao verde e 270° ao azul. O Croma, (C^*) diz sobre a saturação e intensidade da cor.

As amostras foram dispostas em placas de Petri numa superfície branca, sendo utilizada a mesma incidência de luz.

2.3 ANALISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises foram submetidos à comparação através de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambos com 5% de significância ($p < 0,05$), sendo utilizado o software SAS®. Os resultados foram expressos em média $\pm$ desvio padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DO SUCO E DAS MICROCÁPSULAS DE CAMU-CAMU

O processo de gelificação iônica utilizando 2% de alginato na obtenção de microcápsulas de camu-camu alcançou um rendimento de 80,35% do produto em relação ao suco. Estudos semelhantes com gelificação iônica foi observado valores abaixo do encontrado. Xavier (2014) observou em seus estudos com polpa de maracujá rendimento de 70%, valores próximos foram observados nos estudos de Morais (2015) também com maracujá, 62,12% e Benavides et al., (2016) registraram um rendimento de 61,2 em microesferas de óleo essencial de tomilho e justificou o baixo rendimento devido a perdas de emulsão na seringa. Levando em consideração a justificativa de Benavides et al., (2016), o rendimento neste estudo poderia ser ainda maior apesar de ser aceitável.

De acordo com Baker (1986) as cápsulas se classificam pelo tamanho em macro, micro- e nano- sendo que a categoria micro- varia entre $0,2-5000 \mu\text{m}$. O presente estudo observou peso (figura 8) de $0,032 \pm 0,008 \text{ g}$ e tamanho (figura 9) de $3,469 \pm 0,008 \text{ mm}$, caracterizando-se assim como microcápsulas.

Em relação a forma, observa-se que as microcápsulas obtidas, apresentaram forma esférica conforme esperado. O tamanho e a forma podem ser explicados com base no processo de gotejamento na solução de cloreto de cálcio e no momento de formação das microesferas. Para que a queda da gota ocorra, é necessária uma massa mínima capaz de quebrar a tensão superficial da solução de cloreto (Benavides *et al.*, 2016). Esses parâmetros dependem da viscosidade da solução inicial (suco + alginato), diâmetro do orifício de gotejamento assim como a distância entre o orifício

da seringa e a superfície do meio encapsulante. Para Fernandes, Borges e Botrel (2014), quanto maior a viscosidade da solução utilizada para alimentação, maiores serão as gotas formadas em processos de spray.

Tabela 1. Caracterização físico-química do Suco e das microcápsulas de camu-camu.

Parâmetro	Suco	Microcápsulas
Acidez Titulável (g ácido cítrico/100g)	1,22 ± 0,041 ^a	0,51 ± 0,002 ^b
Umidade (%)	85,87 ± 1,103 ^a	83,54 ± 0,170 ^b
Cinzas (%)	0,36 ± 0,057 ^b	0,65 ± 0,071 ^a
pH	3,12 ± 0,000 ^b	4,34 ± 0,000 ^a
Sólidos Solúveis (°Brix)	2,0 ± 0,000 ^a	1,9 ± 0,000 ^b
Cor		
L*	50,35 ± 0,778 ^a	33,00 ± 1,697 ^b
a*	10,00 ± 0,000 ^a	3,70 ± 0,000 ^b
b*	12,40 ± 0,424 ^b	13,45 ± 0,495 ^a
C*	16,30 ± 0,849 ^a	14,05 ± 0,354 ^b
°h	49,50 ± 1,414 ^b	73,35 ± 2,192 ^a

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

*Os parâmetros de cor foram feitos na fruta liofilizada (pó) ao invés do suco.

Fonte: Autor (2026)

A acidez indica sabor ácido ou azedo dos frutos, o que é representado pela presença de ácidos orgânicos, sendo o ácido cítrico um dos mais comuns (Chitarra; Chitarra, 2005). Em relação a acidez titulável (tabela 1) houve um decréscimo na microcápsula em relação ao suco o qual obteve um valor de 1,22 g de ácido cítrico/100g, número ligeiramente maior foi encontrado nos estudos de Balisteiro *et al.*, (2017) cujo teor foi de 1,72 mg ácido cítrico em suco de camu-camu.

Valores acima deste foi encontrado por Grigio (2013), 4 g de ácido cítrico /100 mL na polpa de Camu-camu. Rosário *et al.* (2015), encontraram teores variando entre 2,08 a 3,69 g/100g dependendo da polpa dos frutos dos diferentes genótipos estudados ratificando a acidez da polpa do fruto. O teor de acidez no suco foi maior que no produto, 0,51 g de ácido cítrico/100g de microcápsulas, (tabela 1) esse resultado pode ter relação com a absorção de água visto que, as microcápsulas são submersas neste solvente para eliminar possíveis resíduos de cloreto de cálcio, solução gelificante.

Como comentado, o camu-camu tem uma acidez elevada por isso seu consumo *in natura* assim como a polpa integral não é bem aceito. A redução da acidez na microcápsula só agrega valor a mesma, pois será consumido um produto palatável visto que não se consegue o mesmo com fruta *in natura*.

Comparando o suco com as microcápsulas em relação aos parâmetros umidade e cinzas (tabela 1), observa-se um comportamento inverso: o primeiro teve uma diferença significativa ($P \leq 5\%$) no teor de umidade enquanto o segundo, em cinzas.

A porcentagem de 85,87% de umidade no suco está em concordância com o valor de 84,00% encontrado por Rodrigues, *et al.* (2020). O teor de umidade no suco encontrado no presente estudo foi significativamente ($P \leq 5\%$) maior que as microcápsulas.

Estudos anteriores com sucos de frutas encontraram valores ligeiramente acima dos referenciados neste estudo, porém esses valores referem-se aos sucos de frutos de camu-camu *in natura*. Silva, (2017) verificou a faixa de porcentagem entre 92,39% a 94,04%, valores próximos foram verificados também nos estudos de Ribeiro *et al.*, (2016).

Já no parâmetro de cinzas, o teor para as microcápsulas foi superior, e com diferença significativa, 0,65%, esse resultado pode ser explicado porque os resíduos inorgânicos, presentes nas películas que o alginato forma nas microcápsulas, que é rica em fibras, são incorporados ao produto final durante a gelificação iônica (Pasin *et al.*, 2012).

O camu-camu apresenta como característica de sua polpa um pH ácido o qual foi encontrado nas pesquisas de Akter *et al.* (2011), o teor de 2,44, valor inferior ao apresentado por este estudo, 3,14 para o suco (tabela 1). Resultado semelhante foi referenciado por Rodrigues, *et al.* (2020), 3,24 para o suco de camu-camu. O suco apresentou pH inferior ($p \leq 0,05$) quando comparados com a microcápsulas.

Em relação ao °Brix, o suco apresentou maior valor significativo do que as microcápsulas (tabela 1). Morais *et al.* (2015), encontrou resultados semelhantes em seu estudo com encapsulação por gelificação iônica de maracujá assim como Oliveira (2011), com mamão e atribuiu à técnica de encapsulação visto que em uma das etapas ocorre a imersão das microcápsulas em solução de cloreto de cálcio, e em seguida na água, gerando uma possível lixiviação dos sólidos solúveis.

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE O ARMAZENAMENTO

Nas tabelas abaixo estão expostos os resultados das análises físico-químicas e nutricionais durante o armazenamento por 45 dias a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ dos produtos obtidos: **P** (controle) e **S** (controle + suco de camu-camu como meios de conservação). Apesar de **P** não ser estudado com meio de conservação adicional, com o tempo foi observado a exsudação das microcápsulas nesse produto e, portanto, foi considerado a interação entre eles.

De acordo com a tabela 2 pode-se observar que o produto **P** manteve-se mais estável no controle da acidez da microcápsula apresentando um valor no 45º dia de 0,575g de ácido cítrico/100g ($p > 0,05$), próximo ao teor inicial. Em relação ao produto **S** houve uma variação mais significativa durante o armazenamento, percebe-se um aumento da acidez nos tempos 9 e 36 dias, é provável que as microcápsulas e o suco, adicionado como meio de conservação, tenham interagido entre si.

Tabela 2. Acidez titulável (g de ácido cítrico/100g) das microcápsulas de camu-camu armazenadas a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 45 dias em embalagens de vidro.

PRODUTOS	TEMPO (DIAS)					
	0	9	18	27	36	45
P	0,515 ^{aA}	0,600 ^{aA}	0,535 ^{aA}	0,545 ^{aA}	0,535 ^{bA}	0,575 ^{aA}
S	0,475 ^{bB}	0,630 ^{aA}	0,465 ^{aB}	0,450 ^{bB}	0,680 ^{aA}	0,620 ^{aA}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *P= Controle; **S=controle +suco de camu-camu.

Fonte: Autor (2026)

Os valores de pH durante o período de armazenamento de 45 dias (tabela 3) apresentaram uma oscilação significativa ($p<0,05$), observa-se uma redução do pH de ambos os produtos em relação ao tempo inicial. Essa variação e redução pode ter sido ocasionado por meio da interação com o meio. O pH entre os dois produtos não diferiu estatisticamente a um nível de 5% de probabilidade no final do armazenamento tornando-se satisfatório pois, estão abaixo do pH ótimo para crescimento biológico, para bactérias próximo da neutralidade e bolores e leveduras entre 4,5 a 70. Esses resultados corroboram com o aumento da acidez, vista na tabela 2.

Tabela 3. pH das microcápsulas de camu-camu armazenadas a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 45 dias em embalagens de vidro.

PRODUTOS	TEMPO (DIAS)					
	0	9	18	27	36	45
P	4,33 ^{aA}	3,61 ^{aBC}	3,54 ^{bC}	3,67 ^{aBC}	3,63 ^{aBC}	3,69 ^{aB}
S	4,33 ^{aA}	3,63 ^{aBC}	3,61 ^{aCD}	3,72 ^{aB}	3,54 ^{bD}	3,64 ^{aBC}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *P= Controle; **S=controle +suco de camu-camu.

Fonte: Autor (2026).

Na tabela 4 encontra-se o teor de sólidos solúveis durante o tempo de armazenamento das microcápsulas. Houve uma redução significativa do teor em P a partir do 9º dia. S mostrou-se instável ($p<0,05$), ou seja, no 18º dia observou uma redução e posterior acréscimo a partir do 36º dia. O suco inserido na amostra S não apresentou influência significativa (5%) no tempo final de armazenamento em relação ao controle.

Tabela 4 - Teor de Sólidos Solúveis (°Brix) das microcápsulas de camu-camu armazenadas a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 45 dias em embalagens de vidro.

PRODUTOS	TEMPO (DIAS)					
	0	9	18	27	36	45
P	1,90 ^{aA}	1,45 ^{bB}	1,45 ^{aB}	1,65 ^{aB}	1,55 ^{aB}	1,60 ^{aB}
S	1,90 ^{aA}	1,85 ^{aA}	1,15 ^{aB}	1,25 ^{bB}	1,75 ^{aA}	1,65 ^{aA}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *P= Controle; **S=controle +suco de camu-camu.

Fonte: Autor (2026).

4 CONCLUSÃO

O processo de microencapsulação do suco de camu-camu por gelificação iônica utilizando como agente gelificante o alginato de sódio mostrou-se viável resultando em um produto com rendimento satisfatório preservando as características físico químicas e nutricionais da fruta, na maioria dos parâmetros analisados durante o período de armazenamento. Foi possível observar um aumento na acidez em concordância com a redução do pH. Houve redução também dos sólidos solúveis.

Como o comportamento das microcápsulas foi analisado de forma isolada, sem interagir com os componentes de uma matriz, seria interessante para trabalhos futuros, incorporar as microcápsulas desenvolvidas em sistemas reais a exemplo de matrizes alimentícias funcionais ou formulações cosméticas para avaliar fenômenos de sinérese, interações químicas com outros ingredientes e estabilidade física do produto final.

REFERÊNCIAS

- AKTER, M.S.; OH, S.; EUN, J. –B.; and AHMED, M. Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*Myrciaria dúbia*) fruit: A review, *Food Research International* 44, 1728-1732. 2011.
- BALISTEIRO, D. M.; ARAÚJO, R. L. DE; GIACAGLIA, L. R.; GENOVESE, M. I. Efeito de sucos de frutas nativos brasileiros clarificados na glicemia pós-prandial em indivíduos saudáveis. *Food Research International*. 2017
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2ª ed. rev. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 783 p. 2005.
- CHIRINOS R.; GALARZA, J.; BETALLELUZ-PALLARDEL, I; PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidante capacity of Peruan camu camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) fruita t diferente maturity stages. *Food Chemistry*. V. 120, p.1019-1024. 2010.
- COLAK, N.; TORUN, H.; GRUZ, J.; STRNAD, M.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; HAYIRLIOGLU-AYAZ, S.; AYAZ, F. A. Fenólicos do mirtilo, capacidade antioxidante e perfil de nutrientes. *Química de Alimentos*_Volume 201 , Páginas 339-349. 2016.
- FERREIRA, L. P. C. Microencapsulação de extrato de beterraba pelo processo de gelificação iônica. 59 p. Dissertação (Mestrado) – *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos*, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Universidade Federal de Sergipe, 2018.
- FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; FRANCO, BDGdM.; GENOVESE, M.I. Impacto f spotted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidante activities of comercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) *Food Research International*, 54, p. 495 – 500. 2013.
- FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; FRANCO, B.D.G.d.M.; GENOVESE, M.I. Avaliação de bioativos ligados a enólicos de camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) para anti-hiperglicemia, anti-hipertensivos, propriedades antimicrobianas e rejuvenescimento celular. *Alimentos Res Int*, 77, pp.194-203. 2015.
- GRANATO, D.; SANTOS, J. S.; MACIEL, L. G.; NUNES, D. S. Perspectiva e crítica química de métodos analíticos selecionados usados para estimar o conteúdo total de compostos fenólicos em matrizes alimentares. Volume 80 , *Tendências do TrAC em Química Analítica*. Páginas 266-279. 2016.
- GRIGIO, M. L. Caracterização e conservação pós-colheita de camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh). 2013. 72p. *Dissertação (Mestrado em Agronomia)*, Universidade Federal de Roraima. 2013.
- INPA/CPCA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônomicas), WNW.inpa.gov.br, 2000.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*, 3. ed. São Paulo: IMESP,2005. p. 21-22.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. *Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos: Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. (p. 670–672). Capítulo XIX – Vitaminas. São Paulo. 2008.

LINHARES, C. S. Desenvolvimento de microcápsulas de café pelo processo de gelificação iônica: determinação dos compostos bioativos e perfil volátil. 2018. 79 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Universidade Federal de Sergipe, 2018.

MORAIS A. B. L.; XAVIER A. C. R.; SILVA G. F.; SILVA M. A. A. P.; PAGANI A. A. C. Bioactivation of Carbonated Mineral Water with Passion Fruit Microcapsules. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, v. 4, n. 3, p. 310-319, 2015.

MOURA, R. S. de; BERLING, C. L.; GERMER, S. P.; ALVIM, I. D.; HUBINGER, M. D. Antocianinas encapsuladas de *Hibiscus sabdariffa* L. calyces por gelificação iônica: estabilidade do pigmento durante o armazenamento de micropartículas. *Química de alimentos*. Volume 241 , páginas 317-327. 2018

OLIVEIRA, M. C. Estudo do processo de obtenção de gotas de mamão (*Caricapapaya* L.) por esferificação básica. 87f. *Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)* - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2011.

PASIN, B. L., AZÓN, C. G.; GARRIGA, A. M. Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, v. 3, n. 1, p. 130-151, 2012.

RIBEIRO, P. F. A.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, E. B.; MENDONÇA, A. C.; SANT'ANA, H. M. P. **Níveis de vitamina C, β -caroteno e minerais em camu-camu cultivados em diferentes ambientes.** *Ciência Rural*, 46, pp. 567 – 572. 2016.

RODRIGUES, L. M.; ROMANINI, E. B.; SILVA, E.; PILAU, E. J.; COSTA, S. C DA; MADRONA, G. S. Extração de compostos bioativos de *camu-camu* por processos sequenciais ecologicamente corretos (extração assistida por ultrassom e osmose reversa). *Sonochemistry Ultrasonics*. Volume 64. 2020.

XAVIER, A. C. R. Pérolas de maracujá obtido por processo de gelificação iônica. 2014. 77 p. *Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos*, Pró Reitoria de Pós-Graduação, Universidade Federal de Sergipe, 2014.