

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE
UNIDADE ACADÊMICA DE SAÚDE
CURSO DE BACHARELADO EM NUTRIÇÃO

JOANNA REGINA ALVES DE ARAÚJO MACÊDO

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE
IOGURTE ADICIONADO DA MICROALGA *Spirulina platensis*

Cuité
2023

JOANNA REGINA ALVES DE ARAÚJO MACÊDO

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE IOGURTE
ADICIONADO DA MICROALGA *Spirulina platensis***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito obrigatório para obtenção de título de Bacharel em Nutrição com linha específica em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dra. Nilcimelly Rodrigues Donato

Coorientadora: Prof.^a Dra. Dalyane Laís da Silva Dantas

Cuité

2023

M141a Macêdo, Joanna Regina Alves de Araújo.

Desenvolvimento e análise físico-química de iogurte adicionado da microalga *Spirulina platensis*. / Joanna Regina Alves de Araújo Macêdo. - Cuité, 2023.
25 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Nilcimelly Rodrigues Donato; Dra. Dalyane Laís da Silva Dantas".

Referências.

1. Produtos lácteos. 2. Enriquecimento de alimentos. 3. Tecnologia de alimentos. 4. *Spirulina platensis*. 5. Iogurte - microalga. I. Donato, Nilcimelly Rodrigues. II. Dantas, Dalyane Laís da Silva. III. Título.

CDU 637.12(043)

JOANNA REGINA ALVES DE ARAÚJO MACÊDO

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE IOGURTE
ADICIONADO DA MICROALGA *Spirulina platensis***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito obrigatório para obtenção de título de Bacharel em Nutrição com linha específica em Tecnologia de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Nilcimelly Rodrigues Donato
Universidade Federal de Campina Grande
Orientadora

Prof. Dra. Dra. Dalyane Laís da Silva Dantas
Universidade Federal de Campina Grande
Examinadora

Carlos Eduardo Alves Dantas
Universidade Federal de Campina Grande
Examinador

Cuité - PB

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao bom Deus, que me sustentou até aqui, mesmo quando eu achava que não tinha mais forças, Ele me deu coragem para seguir. Só Ele e Nossa Senhora para me guiar e me proteger durante esse tempo. Obrigada, Senhor, por me guiar nos caminhos e me amar mesmo sem merecer.

A minha família, minha eterna gratidão, que mesmo de longe se fez presente e não mediu esforços para me ajudar, sem o apoio de vocês nada disso seria possível. A minha mãe, que sempre me ajudou com suas orações, é meu exemplo de força e alegria. Ao meu pai, minha avó Salete, vô Toinho, que também sempre estiveram presentes. Peço que Deus proteja sempre vocês.

A minha avó Toinha, “In Memoriam”, que partiu no início da minha graduação, mas me viu entrar na faculdade e nunca media esforços para me ajudar. Eu sei que de onde estiver, a senhora está olhando por mim e sempre estará em meu coração. Essa conquista também é para senhora.

Ao técnico de laboratório, Carlos, porque sem ele eu não teria conseguido realizar as análises. Muito obrigada por me auxiliar e me ensinar, com certeza aprendi muito durante as análises.

Aos meus amigos de caminhada Aldinha, Duda, Lílian, Kaio e Elhinho, que estiveram comigo desde o início para dividir as alegrias, o peso dos dias difíceis, das semanas de provas e trabalhos. Se eu cheguei até aqui, foi porque vocês vieram comigo. Em especial, agradeço a Elhinho, minha dupla de TCC, que embarcou nessa comigo e encaramos esse desafio, procurando sempre um ajudar o outro. Tudo fica mais leve quando temos alguém para dividir. Obrigada!

Não posso deixar de agradecer ao meu namorado, Paulo Henrique, que me incentivou e não me deixou desistir. Agradecer não é suficiente para o que você fez e faz por mim. Passamos por muitos momentos e sei que eles foram essenciais para crescermos. Obrigada por tornar meus dias mais leves, por me motivar, apoiar e acreditar quando nem eu mais acreditava que ia conseguir. Eu te amo demais.

Quero deixar meu agradecimento a Nilcimelly, minha orientadora, por toda disponibilidade e orientações. Teve toda paciência, tirou minhas dúvidas e estava disponível a qualquer momento para me orientar. Obrigada por todos os ensinamentos, seja nas disciplinas que são base do curso, como também na construção deste trabalho. Que Deus ilumine cada vez mais sua vocação e sua vida. Coragem!

A minha coorientadora, Dalyane, que tive o primeiro contato nas práticas em saúde coletiva, em seguida na prática clínica e que contribuiu para minha formação. Obrigada pela paciência e pelas orientações. Deus abençoe sua vida e em tudo que fizer.

Por fim, quero agradecer a todo corpo docente da UFCG, que participaram da minha vida acadêmica, contribuindo para minha formação profissional. Agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para isso.

“Até aqui nos ajudou o Senhor”.

(I Samuel 7:12)

MACÊDO, J. R. A. A. **Desenvolvimento e análise físico-química de iogurte natural adicionado da microalga *Spirulina platensis***. 2023. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2023.

RESUMO

O iogurte possui vários benefícios à saúde, e por isso, vem sendo bastante consumido, pois auxilia na absorção, digestão, e na microbiota intestinal. Além disso, sua composição é rica em cálcio, vitaminas, ferro, proteínas, fósforo e outros minerais e o seu valor nutricional pode aumentar ainda mais com a adição de novos produtos. A *Spirulina* é uma microalga que vem sendo utilizada no mercado como alimento ou suplementar capaz de promover funcionalidade, também denominada de *Arthrospira platensis*. Diante disso, objetivou-se elaborar um iogurte natural adicionado de *Spirulina platensis* e avaliar as características físico-químicas. Trata-se de uma pesquisa de laboratório quantitativa e experimental desenvolvida no Laboratório de Técnica e Dietética e as análises foram executadas no Laboratório de Bromatologia da UFCG-CES. Para isso, foram elaboradas três formulações de iogurte, duas adicionadas de *S. platensis* (1% e 2%) e outra sem adição da *S. platensis*. Posteriormente foram realizadas as análises físico-químicas. As médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, considerando o nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram um aumento no teor de minerais, acidez, proteína, pH e lipídeo nas formulações adicionadas de *Spirulina*. Quanto à umidade, reduziu conforme os insumos adicionados, promovendo uma diminuição na umidade do produto final. Por fim, encontrou-se um produto de alto valor nutricional e resultados positivos quanto ao teor de proteínas, tendo em vista que a *Spirulina* aumentou o valor nutricional.

Palavras-chave: produtos lácteos; enriquecimento de alimentos; tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

Yogurt has several health benefits, and for this reason it has been widely consumed, as it aids absorption, digestion, and the intestinal microbiota. In addition, its composition is rich in calcium, vitamins, iron, protein, phosphorus, and other minerals, and its nutritional value can increase even more with the addition of new products. Spirulina is a microalgae that has been used in the market as a food or supplement able to promote functionality, also called *Arthrospira platensis*. Therefore, the objective was to elaborate a natural yogurt with *Spirulina platensis* and evaluate its physicochemical characteristics. This is a quantitative and experimental laboratory research developed in the Laboratory of Technique and Dietetics and the analyses were performed in the Bromatology Laboratory of UFCG-CES. For this, three formulations of yogurt were prepared, two with added *S. platensis* (1% and 2%) and another without the addition of *S. platensis*. Afterwards the physicochemical analyses were performed. The means were compared by the Tukey test, considering the significance level of 5% ($p < 0.05$). The results showed an increase in the content of minerals, acidity, protein, pH and lipid in the formulations added Spirulina. As for the humidity, it decreased according to the added inputs, promoting a decrease in the humidity of the final product. Finally, a product of high nutritional value was found, with positive results regarding the protein content, considering that Spirulina increased the nutritional value.

Keywords: dairy products; food enrichment; food technology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS.....	13
3.2 IOGURTE.....	13
3.3 ENRIQUECIMENTO DOS ALIMENTOS.....	14
3.4 <i>SPIRULINA PLATENSIS</i>	15
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1 TIPO DE ESTUDO.....	16
4.2 MATÉRIAS-PRIMA E LOCAL DE EXECUÇÃO.....	16
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA	17
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

O iogurte tem sido bastante consumido devido aos seus benefícios à saúde, pois auxilia na absorção, digestão, e na microbiota intestinal. Além de sua composição ser rica em cálcio, vitaminas, ferro, proteínas, fósforo e outros minerais, o seu valor nutricional pode aumentar ainda mais com a adição de novos produtos (SANTOS *et al.*, 2020; AZAMBUJA *et al.*, 2019).

A elaboração do iogurte se dá pela fermentação do leite através de uma cultura mista de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* e deve conter estas duas cepas bacterianas vivas. É importante citar que os probióticos e prebióticos estão presentes nos produtos lácteos e são um dos meios mais habituais de levá-los ao intestino (SFAKIANAKIS; TZIA, 2014).

O mercado está se modificando cada vez mais e para tanto, estão sendo adicionados diversos ingredientes funcionais e diferenciados ao iogurte, dentre tantas variedades que existe no mercado, pode-se citar as frutas, geleias, farinhas, a exemplo da farinha de xique-xique (DANTAS *et al.* 2022), da farinha da casca do maracujá (ANGELO; OLIVEIRA, 2009) e do iogurte de jaca (MEDEIROS *et al.*, 2011). Diante disso, a *Spirulina* é uma possibilidade de adição no iogurte, para tornar o produto ainda mais nutritivo e pode ser considerada uma fonte de proteína completa, por possuir os aminoácidos essenciais (SILVA, 2018).

De acordo com Jung *et al.* (2019) a *Spirulina spp.* é uma microalga multicelular de cor azul esverdeada e vem sendo utilizada no mercado como alimento suplementar e nutritivo, pois é fonte proteínas, vitaminas, minerais, assim como também possui atividade antioxidante. As microalgas do gênero *Spirulina* também são denominadas de *Arthrospira platensis* e *Arthrospira máxima*. Além disso, a *Spirulina* contém muitos pigmentos, como a clorofila (pigmento verde), beta-caroteno (pigmento vermelho, laranja ou amarelo), ficocianina (pigmento azul), entre outros.

As indústrias estão utilizando as microalgas incorporadas em alimentos como estratégia de marketing ou como corante. Entretanto, a *Spirulina* é útil na formulação de novos produtos como ingrediente de bastante valor nutritivo, como por exemplo em alimentos funcionais que vem crescendo na indústria alimentícia. Ainda, estudos mostram a utilização da *Spirulina* na prevenção ou tratamento de doenças metabólicas (LAFARGA, *et al.*, 2020).

Patel *et al.* (2019) relataram que essa microalga em junção com bactérias probióticas de produtos lácteos aumenta as propriedades funcionais e nutricionais do produto. Portanto, a *Spirulina* pode ser utilizada como um importante ingrediente alimentar na preparação de produtos fermentados de leite/iogurte. Porém, produtos lácteos contendo *Spirulina* ainda não são encontrados no mercado.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi elaborar iogurte natural adicionado de *Spirulina platensis*, como também avaliar suas características físico-químicas e desenvolver um produto funcional, visto que ambos possuem características nutricionais ricas em muitos nutrientes como cálcio, proteínas, vitaminas e minerais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar iogurte natural adicionado de *Spirulina platensis*, bem como avaliar as características físico-químicas das amostras visando o desenvolvimento de um novo produto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Desenvolver 3 formulações de iogurte, algumas contendo *Spirulina platensis*;
- ✓ Analisar e caracterizar os produtos conforme a composição físico-química.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS

Os alimentos funcionais estão sendo cada vez mais consumidos na dieta, pois possuem funções nutricionais e atuam na prevenção de doenças como hipertensão, diabetes, câncer, osteoporose e coronariopatias. Esses alimentos apresentam propriedades benéficas, dentre eles as quais estão os probióticos, que são microrganismos capazes de melhorar a microbiota intestinal, e os prebióticos, que também afetam positivamente o organismo. Dessa forma, a indústria de laticínios vem crescendo e encorajando a produção de produtos funcionais (VALERIO; COSTA; CARDINES, 2022).

No Brasil, já existem diversos produtos funcionais no mercado, além dos iogurtes com probióticos, que ajudam no equilíbrio da flora intestinal, há leites enriquecidos com vitaminas, ferro e ômega 3. Para a indústria, a inovação é a chave para a rentabilidade e diferenciação. Além disso, os consumidores estão sempre à procura de produtos que garantem saúde e a indústria deve atender às demandas (RAUD, 2008).

Dessa forma, a consciência dos consumidores em melhorar sua qualidade de vida e optarem por hábitos saudáveis vem contribuindo para o desenvolvimento de produtos funcionais, que são apresentados na forma de alimento comum e consumidos em dietas convencionais (MORAES, 2006).

3.2 IOGURTE

Segundo Silva *et al.* (2022), no Brasil a porcentagem da população que consome iogurte é de 74%, totalizando no país um valor de 76% da produção láctea. O iogurte pode ser elaborado com a incorporação de diversos ingredientes adicionais, os quais conferem sabor ao produto. Nas décadas de 1920 e 1930, o leite de iogurte era visto como um produto de sabor ruim devido a sua acidez. Atualmente, uma variedade de iogurte pode ser encontrada, incluindo iogurte natural, iogurte com sabor de frutas, iogurte com cobertura de granola, iogurte batido, iogurte congelado e iogurte grego (ARYANA; OLSON, 2017).

A coagulação e redução do pH do leite resulta no iogurte em que seu pH varia entre 3,6 a 4,2 e finaliza com um pH de 4,5. O iogurte possui, naturalmente, um sabor ácido. Por isso, ele pode ser acrescido de outros ingredientes para melhorar a

característica do produto como o sabor, aroma, textura e podendo ainda, aumentar o valor nutricional (AZAMBUJA *et al.*, 2019).

A fermentação desse tipo de bebida é realizada por microrganismos probióticos, que quando consumidos, fazem parte da microflora intestinal de seu hospedeiro, beneficiando-o de forma simbiótica (SOUZA *et al.*, 2022). Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando ingeridos em quantidades adequadas, traz benefício à saúde gastrointestinal (SAVAIANO; HUTKINS, 2021).

Desse modo, Kok e Hutkins (2018) relatam que a maioria dos indivíduos intolerantes à lactose são capazes de ingerir iogurte sem apresentar sintomas, e este consumo é recomendado como uma estratégia alimentar adequada. Ainda, mencionam estudos associados ao consumo de iogurte com um risco reduzido de síndrome metabólica, redução do risco de desenvolver câncer, redução de doenças cardiovasculares e diabetes. Entretanto, não foi associado à redução da mortalidade dessas doenças. Os consumidores, em geral, possuem melhor qualidade de dieta quando comparados aos que não consomem e isso explica as diferenças observadas.

3.3 ENRIQUECIMENTO DOS ALIMENTOS

O consumo de iogurtes, no Brasil, aumenta de acordo com a necessidade de diferentes tipos de iogurtes no mercado, uma vez que os consumidores têm buscado por produtos lácteos com sabores diversificados. Por isso, o mercado precisa inovar cada vez mais com incorporação de novos ingredientes no intuito de melhorar o sabor, as propriedades nutricionais e conseqüentemente ter destaque na preferência dos consumidores. Neste sentido, a indústria de alimentos vem enfrentando desafios no desenvolvimento de novos produtos com características nutricionais e sensoriais que sejam aceitas pelo consumidor (LIMA *et al.*, 2021).

Ścieszka e Klewicka (2019) mencionam que as algas são utilizadas na indústria de alimentos como suplementos e complementos alimentares para a construção de alimentos funcionais como os produtos fermentados que podem ser os produtos lácteos, como creme, queijo, sobremesas de leite, iogurte, queijo cottage e queijo processado. Essa combinação de produtos fermentados de alto teor de bactérias lácticas junto com as algas permite não só aumentar o teor de nutrientes, mas também criar um novo produto no setor de alimentos funcionais.

Nos alimentos, os antioxidantes podem estar de forma natural ou ser adicionados. Os antioxidantes podem estar presentes em produtos vegetais, produtos

cárneos, produtos à base de cereais, ovos e ainda, produtos lácteos. No iogurte, a adição de antioxidantes naturais pode acelerar o processo de fermentação, pois auxilia no desenvolvimento dos microrganismos fermentadores, as interações polifenóis-proteínas dificultam a sinérese, além de aumentar a atividade antioxidante do produto final. Por fim, testes mostram o efeito do enriquecimento de iogurtes com *Spirulina platensis*, observando um aumento significativo de proteína bruta, gordura bruta, carboidrato e energia metabolizável (CARDOSO *et al.*, 2021; LIMA *et al.*, 2021).

3.4 SPIRULINA PLATENSIS

A *Spirulina platensis* é uma cianobactéria filamentosa multicelular, rica nutricionalmente, como também é utilizada na alimentação humana. Sua composição centesimal possui altos teores de proteínas, compostos antioxidantes, minerais, vitaminas e ácidos graxos poli-insaturados, por isso, é considerada o melhor alimento do futuro. A composição dessa alga é aproximadamente de 55-70% de proteína, 15-25% de carboidratos, 6-8% de lipídeos e 7-13% de minerais. Porém, o teor de nutrientes vai depender da localização e do tipo de produção (DANTAS, 2017; JUNG *et al.*, 2019).

O cultivo da *Spirulina* vai depender da disponibilidade de nutrientes, temperatura e luz. Ademais, requer um pH alto, muita luz solar, pois estudos mostraram que quando cultivadas no escuro ou intensidade de luz baixa, as culturas de algas produziram uma pequena quantidade de biomassa. A *spirulina* cresce geralmente na água do mar e em climas úmidos e pode ser colhida facilmente. Vale salientar, ainda, que a *Spirulina* é aclamada como um alimento não tóxico (SONI; SUDHAKAR; RANA, 2019).

Além disso, a *Spirulina* é utilizada na produção comercial de ficobiliproteínas (ficoeritrina – coloração vermelha, ficocianina – coloração azul) e clorofila. Esses pigmentos são utilizados como corantes naturais na indústria alimentícia como pigmento de alimentos substituindo pigmentos sintéticos e na indústria de cosméticos, como também em aplicações farmacêuticas. Ademais, além do efeito antioxidante já citado, possui ação antitumoral, efeito hipocolesterolêmico, ação na recuperação nutricional e efeito hepatoprotetor (DONATO, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de uma pesquisa de laboratório, de caráter quantitativa e experimental, com intuito de elaborar diferentes formulações de iogurte adicionado de *Spirulina platensis* e avaliar as características físico-químicas das amostras.

4.2 MATERIA-PRIMA E LOCAL DE EXECUÇÃO

Para a produção, foi utilizado a *Spirulina platensis* da Fazenda Tamanduá. A cultura *starter*, o leite e o açúcar foram adquiridos no comércio local da cidade de Cuité – PB. A elaboração do iogurte foi realizada no Laboratório de Técnica e Dietética (LATED) e as análises foram executadas no Laboratório de Bromatologia dos Alimentos (LABROM) da Unidade Acadêmica de Saúde, Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande - *campus* Cuité.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram elaboradas três formulações de iogurte, sendo duas delas incorporadas de *S. platensis*: F1 (formulação controle sem adição de *Spirulina*) F2 (formulação com 1% de *Spirulina*) e F3 (formulação com 2% de *Spirulina*). As formulações de iogurtes são apresentadas na Tabela 1.

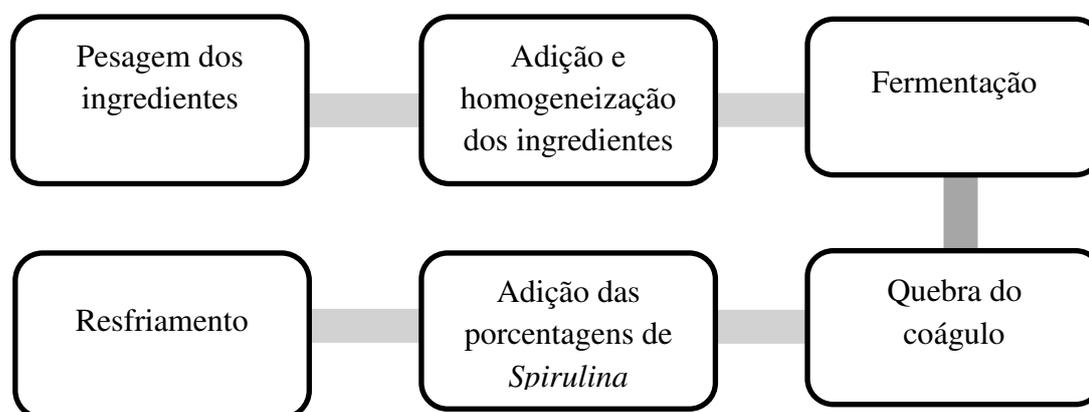
Tabela 1: Formulações dos três tipos de iogurte.

Ingredientes	F1	F2	F3
Leite UHT (ml)	1000	1000	1000
Cultura <i>starter</i> (g)	0,4g/L	0,4g/L	0,4g/L
Açúcar (g)	100	100	100
<i>Spirulina platensis</i> (g)	0	10	20

Fonte: Próprio autor (2023).

Para o processamento, inicialmente todos os equipamentos e utensílios foram higienizados para minimizar os riscos de contaminação, e logo após, todos os ingredientes foram pesados em balança semi analítica. Para o preparo do iogurte, foram adicionados ao leite o açúcar e a cultura *starter*. Em seguida, a mistura foi acondicionada em iogurteira elétrica para fermentar durante seis horas. Depois, foi levado para geladeira por quatro horas e em seguida houve a quebra do coágulo com o auxílio de uma colher. Para a elaboração do iogurte com adição de *Spirulina*, foi adicionada a porcentagem para cada formulação (1% e 2%). O processamento foi esquematizado na Figura 1.

Figura 1: Esquema de produção das amostras.



Fonte: Próprio autor (2023).

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os iogurtes foram submetidos às análises de composição físico-química segundo a *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC, 2016), em triplicatas. Para isso, foram realizados: a determinação de pH foi realizada com o auxílio do pHmetro; a acidez por titulação ácido-base; o teor de cinzas por gravimetria, com incineração prévia das amostras em mufla regulada a 550°C; umidade por gravimetria em estufa convencional regulada a 105°C; a determinação de proteína através da titulação pelo método de Kjeldahl; e lipídeo foi determinado segundo a metodologia de Folch; Less e Stanley (1957).

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados através de análise de variância (ANOVA) One-way. As médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, considerando o nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS PAÇOCAS

Os resultados das análises físico-químicas do iogurte podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado das análises físico-química dos iogurtes.

Parâmetros	F1	F2	F3
Cinzas (%)	0,67c ± 0,00	0,75b ± 0,00	0,88a ± 0,00
Umidade (%)	81,71a ± 0,10	80,83b ± 0,09	79,54c ± 0,24
Acidez (%)	0,94c ± 0,01	1,04b ± 0,01	1,11a ± 0,03
Proteína (%)	2,62b ± 0,20	3,10b ± 0,12	3,99a ± 0,35
pH	4,12c ± 0,00	4,19b ± 0,02	4,29a ± 0,02
Lipídeo (%)	2,37b ± 0,05	2,16c ± 0,05	2,64a ± 0,06

F1 (formulação controle); F2 (formulação com 1% de *Spirulina*); F3 (formulação com 2% de *Spirulina*)

*Médias ± desvio padrão com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste *Tukey* ($p < 0,05$).

Fonte: Próprio Autor (2023).

Os valores de cinzas diferiram estatisticamente entre si. O iogurte F3 teve uma maior ($p < 0,05$) concentração (0,88%) quando comparado com as outras formulações. O teor de cinzas foi influenciado pela adição da microalga, de modo que quanto maior a porcentagem empregada, maior foi o teor de cinzas, possivelmente devido a composição da *Spirulina*. O estudo realizado por Fideliz *et al.* (2014) traz um valor de 0,76% para iogurte desnatado adicionado de inulina. Ainda, Medeiros *et al.* (2011) encontraram valores entre 0,98% e 0,96%, no estudo feito com iogurte adicionado de doce de jaca com diferentes concentrações de açúcar. Rodas *et al.* (2001) encontraram um valor entre 0,65 e 0,77% em iogurtes com frutas de diferentes marcas, similares aos resultados encontrados neste trabalho. Com isso, pode-se afirmar que a adição de *Spirulina* aumentou o teor de minerais do iogurte, graças à composição de nutrientes presentes na alga.

Com relação à umidade, não existe valor de referência na legislação vigente. Porém, é possível observar que os resultados diferiram estatisticamente, mostrando uma redução quando comparados com a amostra F1 (81,71%). Bessa e Silva (2018) também

mostraram essa redução na umidade ao estudarem iogurte prebiótico de tamarindo e encontraram valores de 83,72% para o controle e 82,26% e 82,60% para as demais formulações. Ainda, explicam que a adição de sólidos (proveniente de insumos adicionados) poderá inferir no quantitativo de umidade, tendo em vista que a possibilidade de adsorção da água aos componentes presentes no produto, promovendo uma redução na umidade do produto final, estimulando uma maior retenção de água, concomitantemente aos valores observados nas formulações F2 e F3 (80,83% e 79,5% respectivamente).

Para o resultado de acidez, foi encontrado um percentual de 0,94%, 1,04% e 1,11% das amostras F1, F2 e F3 respectivamente. De acordo com a Instrução Normativa nº 46 de 24 de outubro (BRASIL, 2007), a acidez está dentro do parâmetro recomendado (0,6 a 1,5). Valores similares foram apresentados por Suyama *et al.* (2020) em sua pesquisa com amostras de iogurtes adicionadas 0,25% e 0,50% de *Spirulina* com valores apontando um quantitativo de acidez entre 1,01% e 0,74%.

De acordo com os resultados de proteína, a formulação que obteve um maior teor de proteína foi a amostra F3 com 3,99%. As amostras F1 e F2 não diferiram estatisticamente entre si, o que pode apontar que o quantitativo adicionado de *Spirulina* na formulação F2 não foi capaz de promover alterações significativas à encontrada na amostra controle. Contudo, na amostra F1 (2,62%) o valor apresentou abaixo da legislação que estabelece o valor mínimo de 2,9%. Entretanto, a Instrução Normativa nº 46 de 24 de outubro (BRASIL, 2007), explica que assim como a matéria gorda, este valor pode ter conteúdo inferior devido à adição de açúcares e/ou agregados (BRASIL, 2007). Ainda, quando em comparação de percentuais entre as amostras adicionadas de *Spirulina* (F2 e F3) e o grupo controle (F1) a proteína aumentou 18% no iogurte F2 e 52% ($p < 0,05$) no iogurte F3, tornando este produto proteico enriquecendo a capacidade nutritiva do iogurte.

Quanto ao resultado de Potencial Hidrogeniônico (pH), não há recomendações na legislação brasileira, contudo, Santos *et al.* (2020) relatam que o pH ideal para o iogurte deverá estar entre 3,7 e 4,6. A adição de *Spirulina* nas formulações F2 e F3 parece ter promovido um aumento do pH, 4,19% e 4,29% respectivamente. Este resultado foi curioso, visto que o pH tende a diminuir quanto maior for a acidez do produto pois são parâmetros inversamente proporcionais.

No que diz respeito ao teor de lipídeo, a amostra com maior porcentagem de gordura foi a amostra F3, com 2,64%. Medeiros *et al.* (2011) encontraram um valor de 2,05% de lipídeo em iogurte de jaca. Por sua vez, o resultado encontrado neste trabalho foi inferior ao estabelecido pela Instrução Normativa N° 46 que é de no mínimo 3%, mas à exemplo do teor de proteína, este pode ser inferior quando o iogurte for adicionado de açúcar (BRASIL, 2007), o que justificaria o valor abaixo do limite nas formulações do presente estudo.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que a adição da *Spirulina platenses* em iogurte contribuiu na qualidade físico-química do produto elaborado. Quanto ao valor nutricional, os resultados evidenciaram um aumento significativo no teor de proteína, tornando um alimento de alto valor nutricional.

Com isso, a adição de *Spirulina platenses* em produtos alimentícios torna-se seguro e viável, sendo necessárias mais pesquisas que avaliem a adição da microalga no iogurte, inclusive avaliar a aceitação, pois além dos benefícios nutricionais, é um produto inovador que pode contribuir no desenvolvimento do mercado e promover uma alimentação saudável.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, M. A., & OLIVEIRA, A. M. Elaboração de iogurte com adição de farinha de casca de maracujá. **Anais da SIEPE–Semana de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2009.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18. ed. Gaithersburg: Maryland, 2016.
- ARYANA, KAYANUSH J.; OLSON, DOUGLAS W. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 9987-10013, 2017.
- AZAMBUJA, D.S; AQUINO, A.C. S.; LIMA, I. S. S.; MIRANDA, J. R.; SOUZA, M. M.; PRADO, B. G. Análise sensorial de iogurte natural de maracujá com diferentes tipos de edulcorantes: um olhar do nutricionista. **Revista Uniabeu**, v. 12, n. 30, p. 360-372, 2019.
- BESSA, Marcelino Maia; SILVA, Alvaro Gustavo Ferreira. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de iogurte probiótico de tamarindo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 4, p. 185-195, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 46, de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. **Diário Oficial da União, Brasília-DF**. Seção 1, p. 4, 24 out. 2007
- CARDOSO, M. A. P.; CARVALHO, V. M.; RIBAS, J. C. R.; SARAIVA, B. R.; ANJO, F. A. Implicações nutricionais e tecnológicas da inclusão de antioxidantes em produtos lácteos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p.2, 2021.
- DANTAS, B. S. Bolacha adicionada com *Spirulina platensis*: avaliação físico-química, microbiológica e sensorial. 2017.
- DANTAS, D. L.S.; VIERA, V. B.; SOARES, J. K. B.; SANTOS, K. M. O. EGITO, A. S., FIGUEIRÊDO, R. M. F., & OLIVEIRA, M. E. G. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: Improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt. **LWT**, v. 158, p. 113165, 2022.
- DONATO, N. R. **Secagem de spirulina (*Spirulina platensis*) e utilização na produção de biscoitos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2015.
- FIDELIS, J. C. F.; SCAPIM, M. R.S., TONON, L. A. C., DOS SANTOS POZZA, M. S., PIERETTI, G. G., ANTIGO, J. L. D.; MADRONA, G. S.. Iogurte natural desnatado adicionado de inulina. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2S, 2014.
- FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.**, v. 226, p.497-509, 1957.

JUNG, F.; KRÜGER-GENGE, A.; WALDECK, P.; KÜPPER, J. H. Spirulina platensis, a super food?. **Journal of Cellular Biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 43-54, 2019.

KOK, C. R.; HUTKINS, R. Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. **Nutrition reviews**, v. 76, n. Supplement_1, p. 4-15, 2018.

LAFARGA, T.; FERNÁNDEZ-SEVILLA, J. M.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, C.; ACIÉN-FERNÁNDEZ, F. G. Spirulina for the food and functional food industries. **Food Research International**, v. 137, p. 109356, 2020.

LIMA, K. Y. G. Enriquecimento de iogurtes com microalgas e frutas tropicais: uma revisão narrativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos pesquisa e práticas contemporâneas**, 2021.

MEDEIROS, T. C.; MOURA, A. S.; ARAÚJO, K. B. Elaboração de iogurte de jaca: Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial. **Scientia Plena**, v. 7, n. 9, 2011.

MORAES, F. P. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista eletrônica de farmácia**, v. 3, n. 2, 2006.

PATEL, P.; JETHANI, H.; RADHA, C.; VIJAYENDRA, S. V. N.; MUDLIAR, S. N., SARADA, R.; CHAUHAN, V. S. Development of a carotenoid enriched probiotic yogurt from fresh biomass of Spirulina and its characterization. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 8, p. 3721-3731, 2019.

RAUD, C. Os alimentos funcionais: a nova fronteira da indústria alimentar análise das estratégias da Danone e da Nestlé no mercado brasileiro de iogurtes. **Revista de sociologia e política**, v. 16, p. 85-100, 2008.

RODAS, M.A.B.; RODRIGUES, R.M.M.S.; SAKUMA, H.; TAVARES, L.Z.; SGARBI, C.R.; LOPES, W.C.C. Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 21, p. 304-309, 2001.

SANTOS, J., VASCONCELOS, M. D. F. M., DE OLIVEIRA, G. L. S., DA COSTA SILVA, V., JÚNIOR, I. D. B.; PAGANI, A. A. C. Avaliação dos compostos bioativos e ação antioxidante do iogurte de beterraba com limão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29301-29311, 2020.

SAVAIANO, D. A.; HUTKINS, R. W. Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. **Nutrition reviews**, v. 79, n. 5, p. 599-614, 2021.

ŚCIESZKA, S.; KLEWICKA, E. Algae in food: A general review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 59, n. 21, p. 3538-3547, 2019.

SFAKIANAKIS, P.; TZIA, C. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. **Foods**, v. 3, n. 1, p. 176-193, 2014.

SILVA, I. M.; ROCHA, L. D. O. F.; SCHMIELE, M.; NEVES, N. A. Obtenção de corante natural de antocianinas extraídas de capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) e estudo da aplicação em iogurtes. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e9811326230-e9811326230, 2022.

SILVA, S. C. **Spirulina platensis como fonte de ingredientes funcionais e testes de incorporação da sua forma livre e microencapsulada em iogurtes**. Tese de Doutorado. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal). 2018.

SONI, R.A.; SUDHAKAR, K.; RANA, RS. Estudo comparativo do desempenho de crescimento de *Spirulina platensis* em meios de cultura modificadores. **Relatórios de Energia**, v. 5, p. 327-336, 2019.

SOUZA, P. G.; DE CASTRO, M. S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R. N.; MARINHO, H. A. Avaliação da qualidade físico-química de bebidas lácteas sabor de araçá-boi (*Eugenia stipitata*). **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 2, p. 59-64, 2022.

SUYAMA, I. M.; BARISON, L.; SANTOS, S. S.; PARAÍSO, C. M.; STAFUSSA, A. P.; MADRONA, G. S. Aplicação da microalga *Spirulina* spp. em iogurte liofilizado. **Scientia Plena**, v. 16, n. 2, 2020.

VALÉRIO, G. S.; COSTA, I. F.; CARDINES, P. H. F. Desenvolvimento de iogurte enriquecido com batata Yacon: uma proposta de alimento funcional. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 38, n. especial, p. 172-182, 2022.