



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

MARIA TEREZA LUCENA PEREIRA

RESPOSTA GLICÊMICA E PERFIL DE SACIEDADE DE SOBREMESA À BASE DE
PLANTAS E SUA CONVERSÃO EM PRODUTO EM PÓ OBTIDO POR
ATOMIZAÇÃO

FORTALEZA

2025

MARIA TEREZA LUCENA PEREIRA

RESPOSTA GLICÊMICA E PERFIL DE SACIEDADE DE SOBREMESA À BASE DE
PLANTAS E SUA CONVERSÃO EM PRODUTO EM PÓ OBTIDO POR ATOMIZAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Socorro Vanesca Frota Gaban.

Coorientadora: Profa. Dra. Andréa Cardoso de Aquino.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P493r Pereira, Maria Tereza Lucena.
Resposta glicêmica e perfil de saciedade de sobremesa à base de plantas e sua conversão em produto em pó obtido por atomização / Maria Tereza Lucena Pereira. – 2025.
118 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Socorro Vanesca Frota Gaban.
Coorientação: Profa. Dra. Andréa Cardoso de Aquino .
1. alimentos vegetais. 2. índice glicêmico. 3. apetite. 4. secagem de alimentos. 5. alimentos em pó. I. Título.

CDD 664

MARIA TEREZA LUCENA PEREIRA

RESPOSTA GLICÊMICA E PERFIL DE SACIEDADE DE SOBREMESA À BASE DE
PLANTAS E SUA CONVERSÃO EM PRODUTO EM PÓ OBTIDO POR ATOMIZAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal.

Aprovada em 27 de junho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Socorro Vanesca Frota Gaban (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ariclécio Cunha de Oliveira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Profa. Dra. Carla Soraya Costa Maia
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Profa. Dra. Camila Carolina de Menezes Santos Bertozzo
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Profa. Dra. Mayara Queiroga Estrela Abrantes Barbosa
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

À minha mãe, Gilvaneide Gomes de Lucena,
por ter sido os meus pés e as minhas mãos, por
ter feito dos meus sonhos os seus sonhos, por
ter me dado confiança – e todas as ferramentas
necessárias – para ir ao mundo. Pelas orações.
Pelas noites mal dormidas. Pelas abdições.
Pelas malas feitas e desfeitas.

“[...]Pois só ela me entende e me acode, na
queda ou na ascensão ela é a paz na minha
guerra, ela é meu estado de espírito, ela é a
minha proteção[...]” Jorge Ben Jor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, à minha Santa Mãe Maria e à minha amiga Santa Teresinha, por conduzirem o meu caminho.

A todas as pessoas que estiveram comigo, que torceram por mim, que me deram suporte, que me auxiliaram, que me entenderam, que me motivaram.

Aos integrantes (alunos e servidores) do Laboratório de Nutrição Funcional e do Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimentos, pelo acolhimento, pela amizade, pela consideração e pelos ensinamentos.

À minha orientadora Profa. Dra. Socorro Vanesca Frota Gaban, por ter me acolhido, me ensinado e me motivado por diversas vezes com seu otimismo e determinação.

À minha coorientadora Profa. Dra. Andréa Cardoso Aquino, por ter me acolhido, me ensinado e me acalmado por diversas vezes com sua paciência e doçura.

Ao Laboratório de Frutas e Hortaliças, ao Laboratório de Raio-X e à EMBRAPA, pela colaboração.

À Universidade Federal do Ceará, pela estrutura e pelo apoio necessários à realização desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro à minha formação acadêmica (o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001).

Aos membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições.

A mim mesma, por ter resistido.

Minha mãe achava estudo a coisa mais fina do mundo. Não é. A coisa mais fina do mundo é o sentimento. Aquele dia de noite, enquanto eu fazia serão, ela falou comigo: ‘Coitada, até essa hora no serviço pesado’. Arrumou pão e café, deixou o tacho no fogo com água quente. Não me falou em amor. Essa palavra de luxo (Poema adaptado de Adélia Prado, 1991).

RESUMO

É crescente a demanda por alimentos à base de plantas devido questões ambientais e à correlação com desfechos positivos à saúde, como controle glicêmico e promoção da saciedade. Esse cenário tem impulsionado o desenvolvimento de produtos inovadores que conciliem qualidade nutricional, praticidade e versatilidade. Nesse contexto, a secagem por atomização surge como uma alternativa promissora para obtenção de alimentos em pó que reúnam tais atributos. Portanto, objetivou-se avaliar a resposta glicêmica (RG) e a saciedade em indivíduos adultos após o consumo de uma sobremesa à base de plantas (SBP), além de otimizar sua formulação e convertê-la em um produto em pó (PEP) obtido por atomização. Na primeira etapa, foi conduzido um estudo piloto randomizado cruzado com onze participantes, que consumiram a SBP, uma sobremesa láctea comercial (SLC) equivalente e uma solução padrão de glicose. A glicemia capilar foi monitorada por 120 minutos para avaliação da RG, e escalas visuais analógicas foram aplicadas para mensuração da saciedade subjetiva. A glicose induziu RG significativamente superior ($p < 0,05$) à da SBP aos 15, 30, 45, 60 e 90 minutos, e à da SLC aos 30, 45 e 60 minutos. A SBP, por sua vez, promoveu RG inferior ($p < 0,05$) ($94,50 \pm 9,36$ mg/dL) à da SLC ($101,59 \pm 11,40$ mg/dL) aos 90 minutos, sugerindo um retorno mais precoce aos níveis glicêmicos basais. A área incremental sob a curva glicêmica também foi significativamente superior ($p < 0,05$) para a solução de glicose (16209 ± 1052 mg·min/dL) em comparação à SBP (13003 ± 466 mg·min/dL) e à SLC ($13492 \pm 492,2$ mg·min/dL). Além disso, a SBP foi mais eficaz em promover mais saciedade aos 90 e 120 minutos e menor apetite aos 60, 90 e 120 minutos, em comparação à SLC. Após o consumo da SBP, os participantes também demonstraram menor interesse por alimentos salgados ou saborosos. Na etapa posterior do estudo, a SBP foi aprimorada e reconstituída em uma solução contendo água destilada e 10% de adjuvantes (maltodextrina ou proteína da ervilha), originando doze formulações. Estas foram submetidas à secagem por atomização sob condições pré-determinadas. A formulação M4, com 60% de diluição e adição de 10% de maltodextrina, apresentou o melhor rendimento (40,01%) e, portanto, foi selecionada para a caracterização físico-química. O PEP obtido demonstrou reduzida umidade (2,81%) e A_w (0,24%), elevado conteúdo de carboidratos (91,37%) e fibras (6,69%), baixo teor lipídico (1,46%), reduzida densidade energética (119,91 kcal/100g) e elevada atividade antioxidante (99,36%). Adicionalmente, demonstrou característica não higroscópica (5,0%), solubilidade aceitável (52,29%), tempo rápido de reidratação (34,57 segundos) e reduzida densidade aparente (0,40 g/mL). A análise de Raio-X revelou que o PEP

possui estrutura amorfa, enquanto a espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear identificou a presença de carboidratos (maltotetraose e sacarose), aminoácidos essenciais (com predomínio da treonina) e ácidos orgânicos. Em suma, os resultados obtidos evidenciaram que a SBP apresenta efeitos positivos principalmente sobre a saciedade e a modulação dos desejos alimentares, bem como, confirmaram a viabilidade tecnológica de sua conversão em um PEP. Este, por sua vez, apresentou propriedades nutricionais e tecnológicas promissoras, além de elevado potencial mercadológico.

Palavras-chave: alimentos vegetais; índice glicêmico; apetite; secagem de alimentos; alimentos em pó.

ABSTRACT

The demand for plant-based foods is growing due to environmental issues and the correlation with positive health outcomes, such as glycemic control and promotion of satiety. This scenario has driven the development of innovative products that reconcile nutritional quality, practicality and versatility. In this context, spray drying emerges as a promising alternative to obtain powdered foods that meet these attributes. Therefore, the objective of this study was to evaluate the glycemic response (GR) and satiety in adult individuals after the consumption of a plant-based dessert (SBP), in addition to optimizing its formulation and converting it into a powdered product (PEP) obtained by atomization. In the first stage, a randomized crossover pilot study was conducted with eleven participants, who consumed SBP, an equivalent commercial milk dessert (SLC), and a standard glucose solution. Capillary blood glucose was monitored for 120 minutes to assess GR, and visual analog scales were applied to measure subjective satiety. Glucose induced a significantly higher GR ($p<0.05$) than that of SBP at 15, 30, 45, 60 and 90 minutes, and that of SLC at 30, 45 and 60 minutes. The SBP, in turn, promoted an inferior GR ($p<0.05$) (94.50 ± 9.36 mg/dL) to that of the CFS (101.59 ± 11.40 mg/dL) at 90 minutes, suggesting an earlier return to baseline glucose levels. The incremental area under the glycemic curve was also significantly higher ($p<0.05$) for the glucose solution (16209 ± 1052 mg·min/dL) compared to SBP (13003 ± 466 mg·min/dL) and SLC (13492 ± 492.2 mg·min/dL). In addition, SBP was more effective in promoting more satiety at 90 and 120 minutes and lower appetite at 60, 90 and 120 minutes, compared to SLC. After consuming SBP, participants also showed less interest in salty or savory foods. In the subsequent stage of the study, SBP was improved and reconstituted in a solution containing distilled water and 10% adjuvants (maltodextrin or pea protein), resulting in twelve formulations. These were subjected to spray drying under predetermined conditions. The M4 formulation, with 60% dilution and the addition of 10% maltodextrin, showed the best yield (40.01%) and, therefore, was selected for physicochemical characterization. The PEP obtained showed reduced moisture (2.81%) and A_w (0.24%), high carbohydrate (91.37%) and fiber (6.69%) content, low lipid content (1.46%), reduced energy density (119.91 kcal/100g) and high antioxidant activity (99.36%). Additionally, it demonstrated non-hygroscopic characteristics (5.0%), acceptable solubility (52.29%), fast rehydration time (34.57 seconds) and reduced bulk density (0.40 g/mL). X-ray analysis revealed that PEP has an amorphous structure, while Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy identified the presence of carbohydrates (maltotetraose and sucrose), essential amino acids

(with a predominance of threonine) and organic acids. In summary, the results obtained showed that SBP has positive effects mainly on satiety and the modulation of food cravings, as well as confirmed the technological feasibility of its conversion into a PEP. This, in turn, presented promising nutritional and technological properties, in addition to high market potential.

Keywords: plant foods; glycemic index; appetite; food drying; powdered foods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Tipos de grão de bico: (A) Kabuli e (B) Desi.....	23
Figura 2 -	Grãos de quinoa.....	25
Figura 3 -	Tipos de batata doce.....	28
Figura 4 -	Arroz do tipo integral.....	30
Figura 5 -	Frutos do cacaueteiro.....	32
Figura 6 -	Sistema de secagem em equipamento <i>Spray Dryer</i>	34
Figura 7 -	Fluxograma geral do estudo.....	37
Figura 8 -	Solução de glicose (250g) (A); SBP (241,66g) (B); SLC (225g) (C)	41
Figura 9 -	Resposta glicêmica para solução de glicose (n=11), SBP (n=11), e SLC (n=11).....	56
Figura 10 -	Área incremental sob a curva ao longo do tempo (n=11).....	58
Figura 11 -	Variação dos parâmetros fome (A), saciedade (B), plenitude (C) e consumo alimentar prospectivo (D) em jejum (T0) e após o consumo de sobremesa à base de plantas ou sobremesa láctea comercial.....	61
Figura 12 -	Variação dos parâmetros de fome por alimento doce (A), salgado (B), saboroso (C) e gorduroso (D) em jejum (T0) e após o consumo da sobremesa à base de plantas ou da sobremesa láctea comercial.....	63
Figura 13 -	Efeitos da maltodextrina (M) e da proteína de ervilha (PE), em diferentes percentuais de diluição, no rendimento do pó.....	68
Figura 14 -	Características da amostra M4 antes (A) e após a secagem (B).....	70
Figura 15 -	Difratograma de raios-X do PEP.....	77
Figura 16 -	Espectros de 1H RMN da SBPR (a) e do PEP (b).....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional em 100g de grão de bico, quinoa, batata doce, arroz integral e cacau em pó.....	22
Tabela 2 - Composição nutricional em 100g da sobremesa à base de plantas e da sobremesa láctea comercial	39
Tabela 3 - Composição das formulações.....	45
Tabela 4 - Características antropométricas dos participantes	54
Tabela 5 - Glicemia em jejum e respostas glicêmicas médias dos participantes (n=11) após o consumo de solução de glicose, SBP e SLC.....	56
Tabela 6 - Análise de Regressão Linear e Correlação de Pearson entre glicemia e parâmetros subjetivos.....	65
Tabela 7 - Efeitos da maltodextrina (M) e da proteína de ervilha (PE), em diferentes percentuais de diluição, no rendimento do pó.....	68
Tabela 8 - Caracterização físico-química da SBPR e do PEP.....	70
Tabela 9 - Compostos orgânicos identificados na SBPR e no PEP.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
ABESO	Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade
AGCC	Ácidos Graxos de Cadeia Curta
Aw	Atividade de água
BCAA	Aminoácidos de Cadeia Ramificada
CE	Ceará
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DE	Dextrose Equivalente
DEAL	Departamento de Engenharia de Alimentos
DP	Desvio Padrão
DRX	Difração de Raio-X
EVA	Escala Visual Analógica
FAO	Food and Agriculture Organization
HbA1c	Hemoglobina Glicada
HDL-c	Lipoproteína de alta densidade
HepG2	Células de Hepatocarcinoma Humano
iAUC	Area Under Curve - Área Incremental sob a Curva
IG	Índice Glicêmico
IMC	Índice de Massa Corporal
LACONSA	Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimentos
LANUF	Laboratório de Nutrição Funcional
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
LTDA	Limitada
M1	Maltodextrina 1
M2	Maltodextrina 2
M3	Maltodextrina 3
M4	Maltodextrina 4
M5	Maltodextrina 5
M6	Maltodextrina 6
NA	Não Avaliado

OMS	Organização Mundial de Saúde
PE1	Proteína da Ervilha 1
PE2	Proteína da Ervilha 2
PE3	Proteína da Ervilha 3
PE4	Proteína da Ervilha 4
PE5	Proteína da Ervilha 5
PE6	Proteína da Ervilha 6
PEP	Produto em Pó
PROPESQ	Pró-Reitoria de Pesquisa
RG	Resposta Glicêmica
RMN	Ressonância Magnética Nuclear
SBP	Sobremesa à Base de Plantas
SBPR	Sobremesa à Base de Plantas Reconstituída
SENAR	Serviço Rural de Aprendizagem Rural
SLC	Sobremesa Láctea Comercial
SP	São Paulo
TBCA	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TR	Traços
UFC	Universidade Federal do Ceará
USDA	United States Department of Agriculture
UV	Ultra Violeta

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Å	Angström
g	Grama
Hz	Hertz
K	Kelvin
Kcal	Quilocaloria
Kg	Quilograma
kV	Quilovolt
m ²	Metro quadrado
mcg	Micrograma
mg	Miligrama
mg·min/dL	Miligrama-minuto por decilitro
MHz	Megahertz
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mM	Milimolar
mmol/L	Milimol por litro
mP	Milliampere
NaCl	Cloreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
nm	Nanômetro
°	Grau
°C	Grau Celsius
Ph	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
rpm	Rotação por minuto
rps	Rotações por segundo
s	Segundo
T	Tempo
Tg	Transição Vítrea
θ	Tetha
λ	Lambda
μL	Microlitro
μs	Microsegundo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVOS.....	20
2.1	Objetivo geral.....	20
2.2	Objetivos específicos.....	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
3.1	Tendência de consumo dos alimentos à base de plantas.....	21
3.2	Composição nutricional da matéria-prima do estudo.....	22
3.2.1	<i>Grão de bico (Cicer arietinum L.)</i>	23
3.2.2	<i>Quinoa (Chenopodium quinoa Willd)</i>	25
3.2.3	<i>Batata doce (Ipomoea batatas)</i>	27
3.2.4	<i>Arroz integral (Oryza sativa L.)</i>	29
3.2.5	<i>Cacau (Theobromas cacao)</i>	31
3.3	Secagem de alimentos e desenvolvimento de produtos alimentícios em pó.....	33
3.3.1	<i>Secagem por atomização (Spray Drying)</i>	34
3.3.2	<i>Adjuvantes de secagem</i>	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1	Fluxograma geral do estudo.....	37
4.2	Obtenção da matéria-prima e dos adjuvantes de secagem.....	38
4.3	Estudo da sobremesa à base de plantas.....	38
4.3.1	<i>Produção da sobremesa à base de plantas</i>	38
4.3.2	<i>Aspectos éticos</i>	39
4.3.3	<i>Participantes e recrutamento</i>	39
4.3.4	<i>Medidas antropométricas</i>	40
4.3.5	<i>Resposta glicêmica após o consumo da sobremesa à base de plantas e da sobremesa láctea comercial</i>	40
4.3.6	<i>Determinação do índice glicêmico e da carga glicêmica das sobremesas</i>	41
4.3.7	<i>Saciedade subjetiva e apetite após a ingestão de sobremesa vegetal e da sobremesa láctea comercial</i>	42
4.3.8	<i>Análise estatística</i>	43

4.4	Estudo do produto em pó.....	44
4.4.1	<i>Composição e preparo das formulações.....</i>	44
4.4.2	<i>Obtenção do produto em pó.....</i>	45
4.4.2.1	<i>Secagem das formulações.....</i>	45
4.4.2.2	<i>Análise de rendimento.....</i>	46
4.4.3	<i>Caracterização físico-química.....</i>	46
4.4.3.1	<i>Acidez titulável.....</i>	46
4.4.3.2	<i>pH.....</i>	47
4.4.3.3	<i>Umidade.....</i>	47
4.4.3.4	<i>Cinzas ou resíduo mineral fixo.....</i>	48
4.4.3.5	<i>Atividade de água.....</i>	48
4.4.3.6	<i>Teor de fibras (solúvel, insolúvel e total)</i>	48
4.4.3.7	<i>Lipídios.....</i>	49
4.4.3.8	<i>Proteínas.....</i>	49
4.4.3.9	<i>Carboidratos.....</i>	49
4.4.3.10	<i>Valor energético.....</i>	49
4.4.3.11	<i>Higroscopicidade.....</i>	49
4.4.3.12	<i>Densidade aparente.....</i>	50
4.4.3.13	<i>Solubilidade.....</i>	50
4.4.3.14	<i>Tempo de reidratação.....</i>	51
4.4.3.15	<i>Cor instrumental.....</i>	51
4.4.3.16	<i>Difração de raios-X (DRX)</i>	51
4.4.3.17	<i>Análise de Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN).....</i>	52
4.4.4	<i>Atividade antioxidante.....</i>	53
4.4.5	<i>Análise estatística.....</i>	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1	Estudo da sobremesa à base de plantas.....	54
5.1.1	<i>Características dos participantes do estudo.....</i>	54
5.1.2	<i>Glicemia em jejum e respostas glicêmicas pós-prandiais.....</i>	55
5.1.3	<i>Determinação do índice glicêmico e da carga glicêmica das sobremesas.....</i>	58
5.1.4	<i>Saciedade subjetiva e apetite após a ingestão da sobremesa à base de plantas e da sobremesa láctea comercial.....</i>	60

5.1.5	<i>Regressão linear e análise de correlação de Pearson</i>	64
5.2	Estudo do produto em pó	67
5.2.1	<i>Determinação do produto em pó através da análise de rendimento</i>	67
5.2.2	<i>Propriedades físico-químicas do produto em pó</i>	70
5.2.2.1	<i>Higroscopicidade, densidade aparente, solubilidade e tempo de reidratação do PEP</i>	73
5.2.2.2	<i>Cor</i>	76
5.2.2.3	<i>Difração de Raios-X</i>	76
5.2.2.4	<i>Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN)</i>	78
5.2.2.5	<i>Atividade antioxidante</i>	81
5.2.3	<i>Potenciais aplicações do PEP na indústria alimentícia</i>	81
6	CONCLUSÃO	84
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) 1	109
	APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) 2	112
	ANEXO A – ESCALA VISUAL ANALÓGICA (Flint <i>et al.</i>, 2000)	115
	ANEXO B – ARTIGO 1 - EFFECT OF DIFFERENT CARRIER AGENTS ON THE YIELD OF POWERED PLANT BEVERAGE OBTAINED BY SPRAY DRYING AND CHARACTERIZATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES	117

1 INTRODUÇÃO

Alimentos à base de plantas, ou *plant-based*, são constituídos exclusivamente de ingredientes vegetais, a exemplo de frutas, grãos, raízes, leguminosas, legumes e óleos (Tachie *et al.*, 2023). Nos últimos anos, tem-se observado uma tendência crescente no consumo desses produtos, impulsionada por preocupações relacionadas à saúde, pelo aumento das intolerâncias e alergias alimentares, além de questões referentes ao bem-estar animal e à sustentabilidade ambiental (Bresciani; Marti, 2019; Estell; Hughes e Grafenauer, 2021; Małecki; Muszyński e Sołowiej, 2021).

Como consequência da crescente adesão aos alimentos vegetais, a indústria alimentícia vem investindo esforços para superar os desafios de desenvolver produtos cujas características sensoriais, nutricionais e funcionais sejam semelhantes ou mais atrativas que as dos alimentos de origem animal, a exemplo daqueles que contêm leite, ovos ou carne (McClements, 2020; Sá *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2022). Neste contexto, plantas de diferentes grupos vêm sendo estudadas e utilizadas no desenvolvimento de novos produtos, a exemplo dos cereais, pseudocereais, leguminosas e tubérculos (Munekata *et al.*, 2020).

Os grupos supramencionados merecem destaque pois evidências científicas apontam desfechos positivos associados aos seus consumos. Os grãos integrais, a exemplo dos cereais, oferecem diversos benefícios à saúde, incluindo a promoção da homeostase glicêmica, o aumento da sensação de saciedade e a redução dos níveis de colesterol total e da lipoproteína de baixa densidade (LDL) (Pol *et al.*, 2013; Hollænder *et al.*, 2015; Marventano, 2017). As leguminosas, por sua vez, são uma excelente alternativa alimentar, devido à presença de carboidratos de baixo índice glicêmico, proteínas de alta qualidade, fibras com elevado potencial sacietógeno e outros nutrientes essenciais para a manutenção da saúde (Mattei *et al.*, 2015). Quanto aos tubérculos, como a batata doce, estudos sugerem uma associação positiva entre seu consumo e o controle da glicemia pós-prandial em indivíduos com diabetes tipo 2, evidenciado por melhorias na sensibilidade à insulina (Ludvik *et al.*, 2002; Ludvik *et al.*, 2003; Ludvik, Neuffer e Pacini, 2004; Ludvik, Hanefeld e Pacini, 2008).

Dados os inúmeros benefícios destes alimentos, Lira (2024) desenvolveu e analisou as características de uma sobremesa à base de plantas (SBP) sabor cacau, contendo um alimento de cada grupo: arroz integral, quinoa, grão-de-bico e batata doce; obtendo resultados satisfatórios de composição nutricional e aceitação sensorial.

Logo, em virtude dos resultados satisfatórios obtidos por Lira (2024) e os desfechos positivos relacionados ao consumo desses alimentos, surgiu o interesse em investigar a

influência do consumo desta sobremesa sobre os parâmetros de glicemia e saciedade em indivíduos adultos, bem como de comparar seus efeitos aos de uma sobremesa equivalente de origem animal.

Além disso, reconheceu-se o potencial de transformar essa SBP em um produto em pó por meio da técnica de atomização (*spray drying*), visando ampliar sua aplicabilidade, facilitar o seu armazenamento, prolongar o tempo de vida útil e fornecer maior praticidade de consumo, contribuindo, deste modo, para a inovação tecnológica no desenvolvimento de alimentos *plant-based* com perfil funcional (Ueda *et al.*, 2023).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a resposta glicêmica e a saciedade em indivíduos adultos após o consumo da SBP, além de realizar a otimização da formulação e sua conversão para um produto em pó obtido por atomização.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a resposta glicêmica e o perfil de saciedade da SBP, e realizar sua conversão para um produto em pó obtido por atomização.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar e comparar a resposta glicêmica, a saciedade subjetiva e o apetite de indivíduos adultos após o consumo da sobremesa à base de plantas e de uma sobremesa láctea comercial equivalente;
- Determinar e comparar o índice glicêmico e a carga glicêmica das duas sobremesas analisadas;
- Avaliar as relações entre a resposta glicêmica e as medidas subjetivas de saciedade por meio de correlação e regressão linear;
- Promover a otimização da SBP mediante o ajuste do teor de sacarose na formulação;
- Desenvolver doze formulações compostas pela SBP e água destilada (0%, 30%, 50%, 60%, 70%, 90%), adicionando 10% de maltodextrina em seis delas e substituindo esse adjuvante por proteína de ervilha nas outras seis;
- Realizar a secagem por atomização das doze formulações;
- Avaliar os rendimentos dos pós obtidos e selecionar a formulação com maior recuperação para posterior caracterização físico-química;
- Caracterizar o produto em pó em termos de: acidez, pH, umidade, cinzas, fibras, lipídios, proteína, carboidrato, kcal, atividade de água, higroscopicidade, densidade aparente, solubilidade, tempo de reidratação e cor;
- Analisar a estrutura do produto em pó através da análise de difração de Raio-X;
- Identificar e quantificar os compostos orgânicos presentes no produto antes e após a secagem, utilizando espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN);
- Investigar a atividade antioxidante do produto em pó.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Tendência de consumo dos alimentos à base de plantas

Os alimentos à base de plantas (ou alimentos vegetais), são compostos por frutas, verduras, raízes, tubérculos, grãos ou leguminosas, e possuem uma forte tendência de consumo, principalmente por serem importantes fontes de diversos nutrientes e compostos bioativos benéficos à saúde, os quais incluem as fibras, vitaminas, minerais, antioxidantes e fitoquímicos (Duthie *et al.*, 2017).

Devido a tal composição, esses alimentos, quando consumidos de forma habitual, atuam como agentes protetores das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), demonstrando eficácia para redução do peso corporal, aumento da saciedade, aumento da sensibilidade à insulina e do metabolismo pós-prandial da glicose, além de adequação dos níveis lipídicos (Kahleova *et al.*, 2020). Portanto, a recomendação de aumento da ingestão de vegetais faz parte da maioria das diretrizes alimentares de todo o mundo (ABESO, 2016; Blekkenhorst *et al.*, 2018; Sociedade Brasileira de Diabetes, 2022; USDA, 2020).

Além de questões relacionadas à saúde, incluindo as intolerâncias e alergias alimentares, o consumo dos vegetais e seus produtos também é influenciado por preocupações com o meio ambiente, bem-estar animal, rejeição de fontes animais e crenças religiosas (Cramer *et al.*, 2017).

Por conseguinte, as dietas à base de plantas estão ganhando um progressivo destaque e possuem como principais representantes os estilos de vida lacto-ovo-vegetariano, lacto-vegetariano, ovo-vegetariano e o vegano, enquanto que os semivegetarianos, pescetarianos e o flexitarianos podem ser considerados como subcategorias das dietas à base de plantas e envolvem o consumo de carne e/ou peixe em maior ou menor grau (Tran *et al.*, 2020).

De acordo com essas tendências, estima-se que o mercado global de produtos alimentícios à base de plantas deve atingir US\$ 95,52 bilhões em 2029 e US\$ 370 bilhões até 2050 (Credit Suisse Research Institute, 2021; Plant Based Food Market, 2022).

Logo, mediante ao aumento da demanda por produtos alimentícios de origem vegetal, a indústria alimentícia e a comunidade acadêmico-científica passaram a desenvolver e propor, em maior escala, novas alternativas de produtos que possam ser substitutos daqueles que convencionalmente são de origem animal. Na literatura, é possível encontrar diversos tipos, a exemplo de sorvete vegano produzido com “leite” de nozes (Bekiroglu *et al.*, 2022), sobremesa cremosa de “leite” de coco com sabor de cacau (Sanches *et al.*, 2021), sobremesa

vegana a base de cereais (Szydłowska; Siwińska; Kołożyn-Krajewska, 2021), hambúrgueres vegetais de fibra de caju e feijão-caupi (Lima *et al.*, 2018), hambúrgueres vegetais de fibra de caju e proteína texturizada da soja (Lima *et al.*, 2017), dentre outros.

3.2 Composição nutricional da matéria-prima do estudo

A composição nutricional em 100g de grão de bico *in natura*, quinoa *in natura*, batata doce crua sem casca, arroz integral cru e cacau em pó encontram-se na Tabela 1. Os valores foram obtidos da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) (2022).

Tabela 1 – Composição nutricional em 100g de grão de bico, quinoa, batata doce, arroz integral e cacau em pó

Componente	Grão-de-bico	Quinoa	Batata doce	Arroz integral	Cacau
Energia (kcal)	339	354	118	345	359
Umidade (g)	10,6	13,3	67,1	12,9	3,00
Carboidrato total (g)	59,7	64,2	28,7	76,4	57,9
Carboidrato disponível (g)	43,1	57,2	25,5	72,5	20,9
Fibra alimentar (g)	16,7	7,00	3,17	3,90	37,0
Proteína (g)	21,0	14,1	1,78	7,57	19,6
Lípídeos (g)	5,46	6,07	0,23	1,95	13,7
Ácidos graxos saturados (g)	0,90	0,71	0,08	0,31	8,07
A.G monoinsaturados (g)	1,41	1,61	TR	0,57	4,57
A.G poli-insaturados (g)	2,81	3,29	0,06	0,42	0,44
Cálcio (mg)	114	47,0	30,3	6,10	128
Ferro (mg)	8,80	4,57	0,42	0,83	13,9
Sódio (mg)	23,0	5,00	9,46	0,88	21,0
Magnésio (mg)	133	197	26,0	44,7	499
Fósforo (mg)	345	457	39,3	122	734
Potássio (mg)	1113	563	366	169	1524
Zinco (mg)	4,04	3,10	0,22	1,75	6,81
Cobre (mg)	1,31	0,59	0,12	0,13	3,79
Selênio (mcg)	0,00	8,50	0,90	2,70	14,3
Vitamina A (RE) (mcg)	NA	NA	715	0,00	0,00
Vitamina A (RAE) (mcg)	NA	1,00	357	0,00	0,00
Vitamina E (mg)	0,74	2,44	1,20	0,65	0,10
Vitamina B1 (mg)	0,53	0,36	0,06	0,26	0,08
Vitamina B2 (mg)	TR	0,32	TR	TR	0,24
Vitamina B3 (mg)	TR	1,52	TR	4,15	2,19
Vitamina B6 (mg)	0,77	0,49	0,11	0,17	0,12
Vitamina C	TR	0,00	17,8	0,00	0,00
Equivalente de folato (mcg)	539	184	15,9	19,9	32,0

NA: Não avaliado; TR: contém traços. Fonte: adaptada de TBCA (2022).

3.2.1 Grão de bico (*Cicer arietinum* L.)

O grão de bico (*Cicer arietinum* L.) é uma leguminosa anual, integrante da família *Fabaceae*, que apresenta afinidade por regiões temperadas e semiáridas, além de elevado potencial produtivo, econômico e nutricional (Jukanti *et al.*, 2012).

Originário da região sudeste da Turquia, mais especificamente, das imediações com a Síria, o grão de bico disseminou-se pela Índia e países da Europa, sendo introduzido no Brasil por intermédio de imigrantes espanhóis e do Oriente Médio (Nascimento *et al.*, 2016). Dada sua importância, das 44 espécies reconhecidas que pertencem ao gênero *Cicer*, o grão de bico é o único cultivado em quase todas as partes do mundo (Singh *et al.*, 2014)

Segundo Wang *et al.* (2021), existem dois principais tipos de grão de bico e ambos podem ser distinguidos visivelmente através de suas características físicas. O tipo Kabuli compreende os grãos que apresentam maior dimensão, textura lisa e coloração bege clara. Em contrapartida, os grãos do tipo Desi são menores, têm uma textura mais áspera e a coloração próxima ao marrom escuro. Sobre os tipos, Singh *et al.* (2014) elucidam que o Desi representa cerca de 80% da produção mundial, enquanto que o Kabuli, 20%. Todavia, no Brasil, o Kabuli é o mais comercializado e consumido (Carvalho *et al.*, 2021). Os tipos podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1 – Tipos de grão de bico: (A) Kabuli e (B) Desi

(A)



(B)



Fonte: adaptada de Wang *et al.* (2021)

No que concerne à sua composição, destaca-se por apresentar um perfil nutricional satisfatório e compostos bioativos importantes para a saúde humana (Jukanti *et al.*, 2012). Como explícito na Tabela 1, o grão de bico é uma boa fonte de carboidratos, sendo o amido o principal polissacarídeo presente, já que corresponde a um percentual de 41% a 50% dos carboidratos totais (Wang *et al.*, 2021). Sobre a elevada presença do amido resistente nesta leguminosa, Osorio-Diaz *et al.* (2008) explanam que há uma relação positiva com a redução do

risco de diabetes tipo 2 e da hipertensão arterial. Inclusive, alguns estudos já foram realizados e indicam que o grão de bico apresenta efeitos hipoglicemiantes (Goñi; Valentim-Gamazo, 2003; Mao *et al.*, 2008; Wei *et al.*, 2017).

Ademais, o amido presente, por ser uma fibra dietética fermentável, age como precursor prebiótico, o qual é metabolizado pela microbiota intestinal em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que apresentam a capacidade de modular a integridade do intestino e a função fisiológica do cólon (Macfarlane; Macfarlane, 2012; Ríos-Covián *et al.*, 2016).

O teor proteico, por sua vez, apresenta elevada qualidade, sendo considerado o melhor entre as leguminosas e o que apresenta um dos maiores valores de biodisponibilidade (Jukanti *et al.*, 2012; Boukid, 2021). É composto principalmente por globulinas (53,44 a 60,29%), seguido de glutelinas (19,38 a 24,40%), albuminas (8,39 a 12,31%) e prolaminas (3,12 a 6,59%) (Chang *et al.*, 2011). Já o perfil de aminoácidos é constituído por 18 tipos, dentre os quais, 8 são essenciais (Zia-Ul-Haq *et al.*, 2007). Devido a tal composição e a ascensão da busca por proteínas vegetais, Boukid (2021) elucida que a proteína do grão de bico vem ganhando destaque por apresentar características de um ingrediente funcional, sustentável e saudável, com alta potencialidade para ser inserida na formulação de novos alimentos.

Quanto ao teor lipídico, Jukanti *et al.* (2012) ressaltam que é mais elevado que o de outras leguminosas, a exemplo de alguns feijões e lentilhas, bem como de alguns cereais como o trigo e o arroz.

A respeito dos minerais aludidos na Tabela 1, Zia-Ul-Haq *et al.* (2007) consideram o grão de bico uma importante fonte, capaz de fornecer quantidades aproximadas ou suficientes para atender às demandas de minerais em humanos. Já com relação às vitaminas, Wang *et al.* (2021) relatam que há a presença de diversos tipos, como o retinol, vitamina C, vitamina E, além de vitaminas do complexo B, sendo, ainda, uma fonte relativamente boa de ácido fólico (vitamina B9).

Ademais, nesta leguminosa também há a presença de diversos componentes bioativos, os quais estão relacionados a vários benefícios à saúde. Os principais fitoquímicos do grão de bico incluem os flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos e lignanas (Xu e Chang, 2007).

Sendo assim, diversos estudos científicos foram realizados para analisar as potencialidades desta leguminosa. Wang; McIntosh (1996) e Yang *et al.* (2007) observaram, em ambos os estudos, uma redução dos níveis plasmáticos de LDL colesterol e triglicerídeos em ratos (Sprague-Dawley) machos e obesos, após a suplementação com grão de bico; além disso, no segundo estudo citado, ainda foi detectado um efeito de sensibilização à insulina. Já

Crujeiras *et al.* (2007), ofereceram uma dieta hipocalórica enriquecida com grão de bico para indivíduos obesos, e verificaram uma redução significativa dos níveis de colesterol plasmático total apenas nos indivíduos que receberam a dieta enriquecida. Enquanto que Monk *et al.* (2017) identificaram que uma dieta suplementada com esta leguminosa foi capaz de aumentar a integridade da barreira intestinal e, conseqüentemente, melhorar a saúde do intestino de camundongos machos C57BL/6.

3.2.2 Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)

A quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) é uma herbácea dicotiledônia anual pertencente à família Amaranthaceae (Ruiz *et al.*, 2014). Originária da região montanhosa andina, a quinoa é, até os anos atuais, cultivada e exportada principalmente na Bolívia, Peru, Equador e Chile (Fabio; Parraga, 2017).

Seus grãos podem ser comparados aos dos cereais, uma vez que apresentam composição semelhante em termos de teor de amido. No entanto, por não integrar a família Graminaceae, a quinoa é classificada como um pseudocereal (Navruz-Varli; Sanlier, 2016).

Suas características morfológicas são constituídas por estrutura cilíndrica e achatada, com dimensões que variam entre 2 e 2,55 mm de diâmetro e 1,2 a 1,6 mm de largura (Spehar; Santos, 2002). Os grãos podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2 – Grãos de quinoa



Fonte: Autoria própria (2022)

Quanto à composição química, a quinoa é reconhecida por apresentar elevada qualidade nutricional, cujo destaque é atribuído ao seu rico teor de proteínas, lipídeos, fibras, vitaminas, minerais e ao excelente perfil de aminoácidos essenciais (Tabela 1) (Navruz-Varli;

Sanlier, 2016). Cerca de 52% a 69% do carboidrato da quinoa é constituído pelo amido. Seu percentual de fibra dietética total é semelhante à de outros grãos, que varia entre 7% e 9,7%, enquanto seu teor de fibra solúvel corresponde a uma faixa de 1,3% a 6,1%. Ademais, também há a presença de maltose, D-galactose e D-ribose, além de baixos níveis de frutose e glicose (James, 2009).

O teor proteico, por sua vez, é considerado superior ao de outros grãos como arroz, cevada, milho, centeio e sorgo; e é composto principalmente por albuminas (35%) e globulinas (37%) (James, 2009; United States Department of Agriculture, 2015). Já com relação ao perfil de aminoácidos, a quinoa é reconhecida por ser uma das poucas plantas capazes de fornecer todos os aminoácidos necessários para a vida humana (Pirozi *et al.*, 2017).

Quanto à fração lipídica, que é considerada de elevada qualidade, a quinoa é aceita como uma semente oleaginosa alternativa, rica em ácidos graxos essenciais, como ácidos linoleico e alfa-linolênico, os quais, em união com o oleico, representam aproximadamente 88% da composição de ácidos graxos deste pseudocereal (Pirozi *et al.*, 2017).

Ademais, a quinoa também é rica em micronutrientes como vitaminas e minerais. Sobre as vitaminas, as concentrações de B6 e B9 são relatadas como suficientes para atender às necessidades diárias em humanos na fase adulta, sendo, inclusive, superiores às concentrações em outros grãos como trigo, aveia, centeio, cevada, milho e arroz. Além disto, a boa concentração de vitamina E também é maior que a do trigo (James, 2009; Alvarez-Jubete *et al.*, 2010).

Quanto aos minerais, os percentuais de cálcio, potássio e magnésio são superiores aos de outros grãos e, por se apresentarem em formas biologicamente adequadas, são considerados suficientes para promover uma alimentação balanceada. O teor de ferro, por sua vez, também é consideravelmente maior que o de outros grãos tradicionais, mas a presença de saponinas e ácidos fítics pode prejudicar até certo ponto a sua disponibilidade (Vega-Galvez *et al.*, 2010).

Logo, por reunir fibras, minerais, vitaminas, ácidos graxos, antioxidantes e fitoquímicos em sua composição, bem como, por não conter as proteínas formadoras do glúten, a literatura relaciona o consumo da quinoa à potenciais benefícios sobretudo para consumidores que apresentam necessidades especiais (idosos, crianças, atletas, pessoas com intolerância à lactose, diabetes, dislipidemia, obesidade, anemia, osteoporose, doença celíaca, dentre outras afecções) (Bhargava; Shukla; Ohri, 2006; Vega-Galvez *et al.*, 2010; Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, 2010, Pasko *et al.*, 2010).

Deste modo, é importante salientar alguns estudos realizados tanto com animais quanto com humanos. Pasko *et al.* (2010), por exemplo, observaram o efeito da quinoa na dieta de ratos *Wistar* machos alimentados com alto teor de frutose, e obtiveram como resultado que este pseudocereal foi capaz de inibir grande parte dos efeitos adversos causados pela frutose no perfil lipídico e glicêmico, ao reduzir o colesterol total e LDL, além de prevenir a hiperglicemia.

No estudo de Noratto; Murphy e Chew (2019) foi visto que a ingestão de quinoa foi capaz de reduzir o colesterol plasmático e hepático, além de diminuir a inflamação associada à obesidade e ajudar a prevenir a esteatose hepática em camundongos machos diabéticos e obesos (db/db). Já Liu *et al.* (2018) optaram por examinar o efeito da quinoa na disbiose e na colite induzida pelo sulfato de dextrano sódico em camundongos C57BL/6, e identificaram que o consumo da quinoa foi capaz de mitigar a disbiose e aliviar os sintomas da colite, sugerindo que esta apresenta potencial para ser inserida em uma abordagem dietética que vise a melhoria da saúde intestinal.

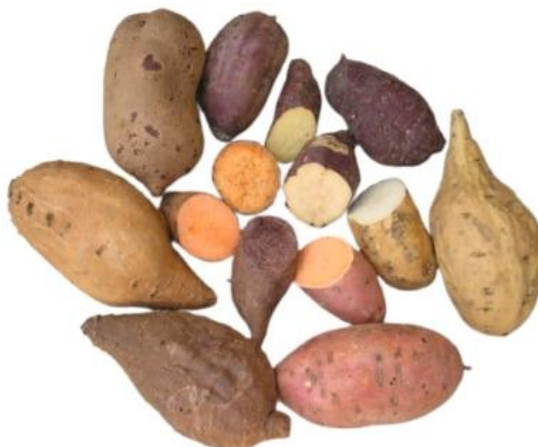
Em humanos, foi observado que a ingestão diária de 40g quinoa processada (farinha) foi capaz de diminuir os níveis de índice de massa corporal (IMC) e hemoglobina glicada (HbA1c), além de aumentar a saciedade em pacientes pré-diabéticos (Ruiz *et al.*, 2017), e suprimir os níveis de colesterol total, LDL e triglicerídeos em indivíduos saudáveis e em mulheres com sobrepeso na pós-menopausa (De Carvalho *et al.*, 2014; Farinazzi-Machado *et al.*, 2012).

3.2.3 Batata doce (*Ipomoea batatas*)

A batata doce (*Ipomoea batatas*) é uma hortaliça tuberosa pertencente à família Convolvulaceae. Originária da América Latina, tornou-se uma cultura alimentar essencial em várias partes do mundo, sendo produzida em mais de 100 países, sobretudo em localidades tropicais e subtropicais, tanto em âmbito rural quanto urbano (Alam *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2022).

Por apresentar-se de vários tipos, é possível encontrar batatas doce com diferentes características. A coloração da casca pode variar entre branca, creme, amarela, laranja, rosa, e do vermelho ao roxo, enquanto que a da polpa pode diferir entre branca, diversos tons de creme, laranja ou roxa (Alam *et al.*, 2016; Alam *et al.*, 2020). Os diferentes tipos de batata doce podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3 – Tipos de batata doce



Fonte: Alam (2021).

De acordo com Alam (2021), a batata doce pode ser consumida praticamente de forma integral. Ou seja, caule, folha e raiz estão aptos ao consumo e podem variar em termos de nutrientes e compostos bioativos. Todavia, a raiz é a porção usualmente mais utilizada e representa uma importante fonte de fibra alimentar, minerais, algumas vitaminas e compostos bioativos, os quais também variam de acordo com o tipo (Wang *et al.*, 2016; De Albuquerque *et al.*, 2018).

Como demonstrado na Tabela 1, o carboidrato é o principal componente da batata doce, sendo o amido o que apresenta a maior concentração, representando até 80% da matéria seca (Wang; Nie; Zhu, 2016). Quanto aos açúcares livres, a sacarose, maltose e glicose são os predominantes e responsáveis por conferir o sabor doce característico da raiz. Todavia, vale salientar que o tipo, método de cocção, e o tempo de armazenamento apresentam influência sobre a composição do açúcar da batata (Dincer *et al.*, 2012; Laurie *et al.*, 2013). Já com relação à composição das fibras alimentares, Wang; Nie e Zhu (2016) elucidam que é formada pela presença de celulose, lignina, hemicelulose e pectina.

Ao que concerne ao teor proteico, as esporaminas A e B representam cerca de 60% a 80% do percentual total, sendo consideradas, portanto, as principais proteínas de armazenamento da batata, as quais possuem como características a capacidade de resistir à ação das enzimas digestivas, de estabilizar emulsificantes, e de apresentar atividade antioxidante (Guo; Mu, 2011; Wang; Nie e Zhu, 2016; Zhang; Mu e Sun, 2014). Acerca dos lipídeos, Deng *et al.* (2013) relatam que há uma quantidade irrisória deste macronutriente associado ao amido da raiz.

Já sobre os micronutrientes, é relatado que a batata doce contém quantidades consideráveis de vitaminas C e A (sobretudo as raízes de polpa alaranjada), moderadas de vitaminas do complexo B e satisfatórias de vitamina E. Ademais, também há a presença de minerais como o potássio, magnésio e cálcio, além de outros compostos bioativos como compostos fenólicos (Bovell-Benjamin, 2007; Walter; Catignani; Yow; Porter, 1983; Woolfe, 1992).

Portanto, diante da composição da batata, a literatura aborda diversos benefícios à saúde associados a este tubérculo, os quais incluem efeitos antidiabéticos (Jang *et al.*, 2019; Zhao; Yan; Lu e Zhang, 2013), antioxidantes (Grace *et al.*, 2014; Kuan; Tho e Siow, 2014), antitumorais (Yuan *et al.*, 2017) e anti-inflamatórios (Wang *et al.*, 2014).

Jang *et al.* (2019) identificaram que uma antocianina presente principalmente na batata doce roxa foi capaz de restringir a secreção de glicose em células HepG2 e reduzir a glicemia em camundongos C57BL/6J machos de seis semanas alimentados com uma dieta hiperlipídica. Já Jung *et al.* (2015) observaram que o extrato da batata doce roxa apresentou eficácia ao prevenir dano hepático induzido por isquemia em ratos machos Sprague-Dawley.

3.2.4 Arroz *integral* (*Oryza sativa* L.)

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos principais cereais que integram a alimentação básica de mais da metade da população mundial. Estima-se que existem aproximadamente 40 mil variedades de arroz, no entanto, o asiático ou *Oryza sativa*, que é membro da família Poaceae, representa a espécie mais cultivada e consumida em todo o mundo. Com relação aos tipos, evidências indicam que o arroz branco (polido) é o mais consumido mundialmente, todavia, variedades especiais também são amplamente cultivadas e possuem características peculiares, já que podem ser coloridas ou aromáticas (Priya *et al.*, 2019).

O integral, por sua vez, também é facilmente encontrado em qualquer lugar do mundo e o seu processamento geralmente consiste na remoção total ou parcial da casca, mas na preservação de outras camadas externas, como o pericarpo, o tegumento, o germe e o endosperma. Devido a tal estrutura e à presença do farelo, o arroz integral apresenta uma coloração mais escura (Priya *et al.*, 2019). O arroz do tipo integral pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 – Arroz do tipo integral



Fonte: adaptada de De Castro *et al.* (2021)

Segundo Verma e Srivastav (2017), o arroz integral é um alimento bastante valorizado por nutricionistas, demais profissionais da saúde e consumidores de todo o mundo. Sua importância é atribuída ao rico perfil nutricional, boa digestibilidade, atividade biológica, e impacto positivo à saúde humana; cujas características fazem com que seja considerado o cereal de maior destaque.

O carboidrato do grão de arroz é constituído por aproximadamente 75% de amido, composto de amilose e amilopectina. No entanto, na composição do amido há uma maior proporção de amilose e o tamanho e a estrutura dos grânulos são favoráveis para que haja uma liberação mais controlada da glicose na corrente sanguínea. Ademais, também há a presença de açúcares livres como frutose, rafinose, glicose e dextrose (Arsha; Rasane e Singh, 2021; Kowsalya; Sharanyakanth e Mahendran, 2022). No tocante às fibras alimentares, o arroz integral representa uma importante fonte, fato que também contribui para a redução do índice glicêmico e, consequentemente, do risco de diabetes tipo II (Qiao *et al.*, 2021).

A proteína, por sua vez, é o segundo nutriente mais presente no arroz, abaixo do amido. Devido ao fato de o arroz integral conter o farelo, que apresenta quantidades mais significativas de albumina que o endosperma, o teor proteico é mais elevado que o do arroz polido. Com relação aos aminoácidos, o percentual de lisina é de aproximadamente 3,5% a 4% e, apesar de ser um aminoácido limitante no arroz, representa o percentual mais elevado entre os cereais (Kowsalya; Sharanyakanth e Mahendran, 2022; Tanaka *et al.*, 2004).

Sobre os lipídeos, o arroz corresponde a um alimento com quantidades reduzidas, sendo uma boa alternativa para compor uma dieta equilibrada. Os ácidos graxos primários que o compõe são os ácidos oleico, palmítico e linoleico (Ye e Lu, 2022).

Quanto aos minerais, o arroz integral contém cálcio, ferro, zinco, fósforo, potássio, manganês e cobre. Portanto, de acordo com Chaudhari *et al.* (2018), esta abundância faz com que seja um alimento que contribui para o bom funcionamento hormonal, regulação da pressão sanguínea e cicatrização de feridas. Sobre as vitaminas, Kowsalya; Sharanyakanth e Mahendran

(2022) elucidam que o aporte de vitaminas do complexo B auxilia a nutrição dos vasos sanguíneos e da pele e a presença da vitamina E proporciona uma ação antioxidante.

Com o objetivo de elucidar as propriedades do arroz integral, estudos vêm sendo realizados. Gao *et al.* (2021) investigaram e compararam os efeitos do arroz integral e do refinado sobre os lipídeos sanguíneos em ratos machos *Sprague-Dawley*, e obtiveram como resultado que os ratos alimentados com o arroz integral apresentaram níveis relativamente baixos dos níveis lipídicos. Já Imam *et al.* (2012) analisaram os efeitos do arroz branco, arroz integral e arroz integral germinado no status antioxidante de ratos diabéticos tipo 2, e observaram que as duas opções de arroz integral demonstraram melhorar a glicemia e as atividades de eliminação de radicais hidroxila nos rins e preveniram a deterioração do estado antioxidante total nos ratos.

3.2.5 Cacao (*Theobromas cacao*)

O cacao (*Theobromas cacao*) é um fruto integrante da família Malvaceae que apresenta elevada importância por ser o principal ingrediente de alimentos como o chocolate e derivados, sólidos de cacao, manteiga de cacao e outros produtos que são amplamente apreciados em todo o mundo. Dada sua popularidade, é uma matéria-prima de elevada relevância econômica (Krahmer *et al.*, 2015; Millena *et al.*, 2023).

Sua planta, o cacaueiro, apresenta cerca de 5 a 8 metros de altura e é uma das plantas capazes de ser cultivada durante todo o ano sob temperaturas acima de 20°C (Lima, 2010; Serviço Rural de Aprendizagem Rural - SENAR, 2018). Devido sua afinidade por localidades mais quentes e úmidas, o cacao é cultivado em regiões tropicais da África Ocidental, América Latina, Caribe e Sudeste Asiático (Delgado-Ospina *et al.*, 2021; Farrel *et al.*, 2018; Lahive, Hadley e Daymond, 2019).

Existem três variedades do cacaueiro: o Criollo, o Forasteiro e o Trintário. O primeiro produz frutos grandes, de casca fina, textura rugosa e coloração que pode variar do verde-escuro quando imaturos à amarela ou alaranjada, quando maduros; as sementes também são grandes e polposas, fato que atribui qualidade superior a este tipo. O segundo tipo, por sua vez, produz frutos mais básicos, que podem ser tanto arredondados quanto alongados, com sementes achatadas de coloração violeta. Já o terceiro, produz frutos com qualidade intermediária, uma vez que resulta de um cruzamento dos dois tipos supracitados e pode apresentar sementes com coloração que varia do amarelo-claro ao roxo-escuro (SENAR, 2018). Os frutos do cacaueiro podem ser visualizados através da Figura 5.

Figura 5 – Frutos do cacaueiro



Fonte: SENAR (2018)

Quanto à composição, a semente do cacau é formada basicamente por manteiga de cacau, teobromina, cafeína, lipídeos, carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais (Melo Neto, 2013).

Além da composição nutricional aludida, elementos dos grupos dos polifenóis e flavonoides, que são capazes de promover importantes benefícios à saúde, também estão presentes. Deste modo, fitoquímicos bioativos antioxidantes, como catequina, quercetina, procianidina, epicatequina e ácido procatecúico dominam o grupo de compostos distribuídos nas sementes do cacau (Cinar *et al.*, 2021).

Devido à presença dos componentes supracitados, estudos relacionam o consumo do cacau à redução de afecções cardiovasculares como acidente vascular encefálico e infartos; ao aumento da sensibilidade à insulina; à redução do risco de obesidade; além de disposição de efeitos quimio-preventivos, anti-inflamatórios, antimicrobianos e antivirais (Cinar *et al.*, 2021; Veronese *et al.*, 2019).

Rabadán-Chavez *et al.* (2016) observaram em seu estudo que o cacau, devido à presença de seus flavonoides, foi capaz de melhorar a disfunção endotelial e a hipertensão, além de diminuir o estado pró-trombótico em ratos *Wistar* machos alimentados com dieta hiperlipídica.

Já Gu; Yu e Lambert (2014) optaram por investigar os efeitos da suplementação de cacau em pó em afecções associadas à obesidade em camundongos C57BL/6J machos, alimentados com dieta hiperlipídica. Como resultado, os autores observaram que a suplementação foi capaz de melhorar a inflamação, atenuar a resistência à insulina e reduzir a gravidade da doença hepática gordurosa.

3.3 Secagem de alimentos e desenvolvimento de produtos alimentícios em pó

A secagem é uma das formas mais tradicionais de conservação de alimentos, cuja técnica consiste na remoção parcial da umidade da matriz alimentar, para que seja possível evitar a deterioração e promover, conseqüentemente, o alargamento do tempo de vida útil dos produtos alimentícios (Moradi; Niakousari; Mousavikhaneghah, 2019).

A secagem também é bastante útil para promover a minimização de custos, uma vez que, após o procedimento, há uma redução do peso do alimento e, por conseguinte, uma redução do tamanho das embalagens, além de uma facilitação dos processos de transporte e armazenamento (Al-Hilphy *et al.*, 2021; Llavata *et al.*, 2020).

Existem diversos métodos de secagem, dentre os quais, pode-se destacar a solar, por secadores convectivos, por liofilização, por leiteo fluidizado, por *spray drying*, dentre outros. A escolha do método depende de diversas variáveis, dentre as quais estão as características do produto que se pretende secar, em termos de sensibilidade e estado sólido, pastoso ou líquido. Logo, alimentos como frutas sólidas em pedaços ou fatias, podem ser secas em um secador convectivo para ser diretamente consumida ou incorporada em outros produtos alimentícios; enquanto que alimentos líquidos podem, por exemplo, tornar-se pó por meio de um equipamento *spray dryer* e, na maioria das vezes ser reidratado ou acrescentado em outros alimentos (Gava; Silva; Frias, 2008).

Segundo Tillotson (2003), o século XXI trouxe consigo um aumento da demanda por alimentos mais convenientes, ou seja, que se adequem aos estilos de vida mais modernos, caracterizados por uma rotina corrida que requer uma otimização do tempo. De acordo com Marabi e Saguy (2008), a secagem de alimentos frescos, para torná-los na conformação de pó, é uma importante estratégia para produzir produtos de conveniência que atendam às expectativas dos consumidores que buscam alternativas de fácil acesso.

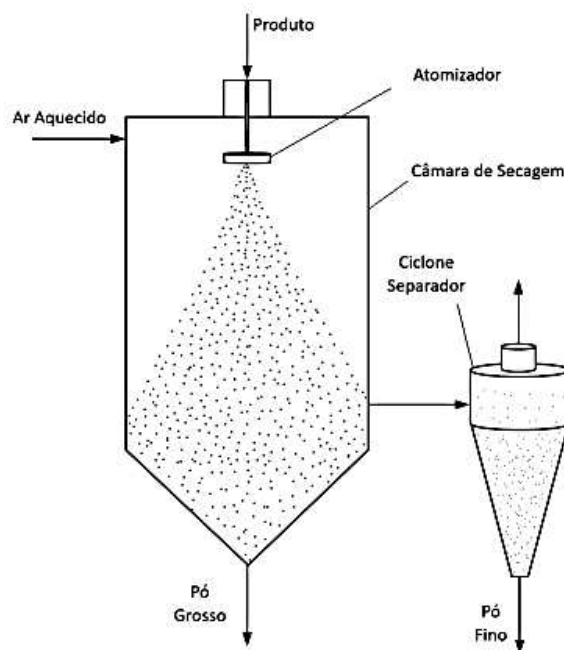
Sabendo desta demanda e considerando outros fatores importantes, a comunidade científica e a indústria de alimentos vêm estudando, aprimorando e desenvolvendo cada vez mais alimentos em pó. Na literatura, é possível encontrar diversos tipos, a exemplo do óleo em pó de semente de perilla (*Perilla frutescens*) (Li *et al.*, 2022), extrato de soja (*Glycine max*) em pó (Singh; Bilyeu e Krishnaswamy, 2022), vinhos em pó com alta concentração de compostos fenólicos (Gaona *et al.*, 2022), melão (*Cucumis melo L.*) em pó (Chang; Ooi e Pui, 2022), pó funcional de laranja (*Citrus sinensis*), dentre outros produtos. Sobre os pós mencionados, é importante salientar que todos foram obtidos através da técnica de *spray drying*.

3.3.1 Secagem por atomização (*Spray Drying*)

A *spray drying* é um processo pelo qual um produto líquido é transformado em pó ou partículas secas através da atomização contínua em um meio de secagem de ar quente (Patel; Bade, 2020; Wei *et al.*, 2019). Tal processo ocorre em alta velocidade para que seja possível que o produto possa evaporar imediatamente após o contato com o ar quente, e, portanto, não sofra demasiadas alterações (Golman; Julklang, 2014).

O sistema de secagem é constituído pelo atomizador, a câmara de secagem, um separador ciclone e o recipiente de coleta do produto final seco (Petersen *et al.*, 2017). Logo, o procedimento dá-se pela atomização do produto líquido, seguida da interação do líquido atomizado com o ar quente, evaporação da água e, enfim, separação do produto em pó do ar quente (Oetterer; Regitano-D'arce; Spoto, 2006). O sistema de secagem pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 – Sistema de secagem em equipamento *Spray Dryer*



Fonte: adaptada de LABMAQ (2022).

No que concerne às vantagens deste tipo de secagem, Fellows (2006) destaca o fato de ser um procedimento rápido, com baixa agressividade a produtos termossensíveis, com possibilidade de alteração das condições de operação sem que haja necessidade de interrupção

do processo, com capacidade de produção contínua em larga escala, custos reduzidos de mão de obra e operação, além de manutenção relativamente simples.

No entanto, o autor supracitado acrescenta que coexistem limitações como alto custo inicial para a aquisição do equipamento e a necessidade de que o produto tenha elevada umidade e adequada viscosidade para que sua passagem pelo equipamento ocorra de forma fluida e não haja intercorrências como obstruções. Todavia, é importante ressaltar que esta necessidade de umidade elevada resulta em maiores gastos de energia para promover a sua remoção.

Portanto, quando se objetiva realizar este tipo de secagem para obter um produto final com qualidade, é importante determinar as condições ideais do processo, ou seja, temperatura do ar de entrada e saída, vazão do ar e vazão de alimentação. Ademais, também é necessário ter o conhecimento das características do produto a ser seco. Desta maneira, todas as variáveis devem ser controladas durante o procedimento para que seja possível evitar percalços como obstruções ou aderência de partículas à câmara, e para que seja obtido um pó com bom rendimento e teor de umidade adequado (Keshani *et al.*, 2015).

3.3.2 Adjuvantes de secagem

A higroscopicidade e a possibilidade de agregação de partículas do pó rico em açúcares, obtido pela secagem em *spray dryer*, representam grandes obstáculos, uma vez que, em decorrência destes, a qualidade do pó pode ser comprometida e o rendimento prejudicado (Fabra *et al.*, 2011). Neste sentido, a adição de agentes adjuvantes ao produto antes do processo de secagem é fundamental para minimizar tais problemas (Verma; Singh, 2015).

Diferentes agentes adjuvantes – também denominados por carregadores ou materiais de parede – podem ser utilizados para auxiliar o processo de secagem. Dentre os quais, podem ser mencionadas a maltodextrina, goma arábica, proteína do soro do leite, a albumina, além de outros agentes antiaglomerantes (Mosquera; Moraga; Martínez-Navarrete, 2010).

A maltodextrina é um adjuvante amplamente utilizado por possuir vantagens como alta solubilidade, baixa viscosidade em elevada concentração de sólidos, sabor, cor e aroma neutros, além de baixo custo relativo (Da Costa *et al.*, 2013; Fernandes *et al.*, 2013; Loi *et al.*, 2020). Para esta finalidade de adjuvante de secagem, são preferidas as maltodextrinas de baixa dextrose equivalente (DE), ou seja, com DE <20, uma vez que, quando apresentam DE elevada, possuem estrutura molecular extensa, com elevado número de ramificações e grupos

hidrofílicos capazes de se ligar facilmente às moléculas de água presentes no ambiente de armazenamento (Oliveira *et al.*, 2015).

Proteínas vegetais também podem ser utilizadas como agentes carreadores e são importantes alternativas para a produção de alimentos totalmente vegetais. A proteína isolada da ervilha, por exemplo, possui elevada qualidade nutricional e é composta principalmente por globulinas (leguminas, vicilinas e convincilinas) e, em menor escala, por albuminas e glutelinas. Os teores de lisina e outros aminoácidos essenciais é de aproximadamente 5,9% e 30%, respectivamente, e representam percentuais mais elevados que o de outras proteínas vegetais como trigo (1,4%, 22%), aveia (2,1%, 21%), arroz integral (2,4 %, 28%) e soja (4,6%, 27%). Ademais, a proteína da ervilha apresenta as vantagens de estabilidade à elevadas temperaturas e propriedade emulsificante (Comunian; Favaro-Trindade, 2016; Gorissen *et al.*, 2018).

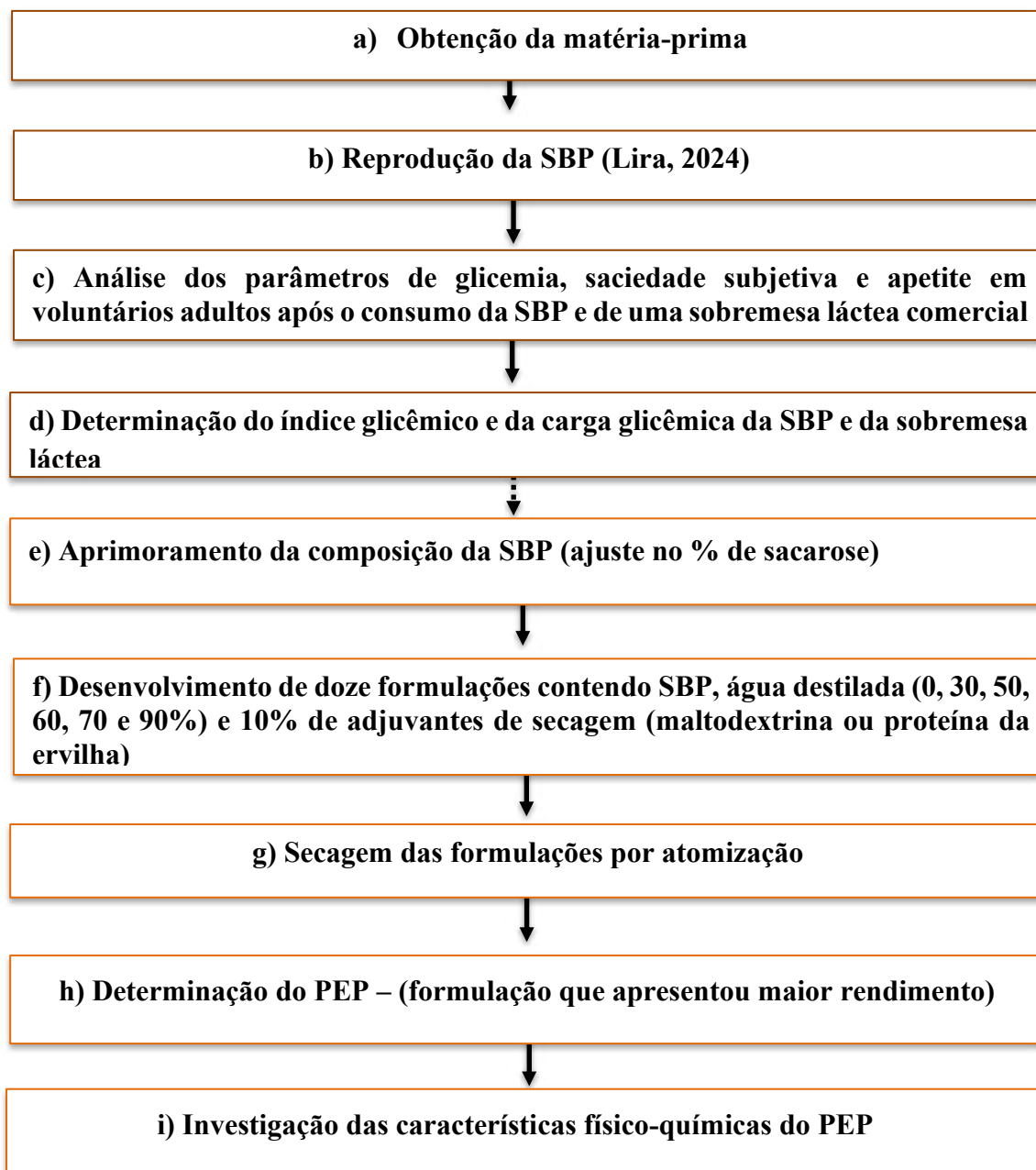
Diante da importância da utilização dos adjuvantes de secagem, a realização de estudos que comparam a eficácia e eficiência dentre os diferentes tipos possuem relevância. Na literatura, é possível encontrar estudos que avaliaram e compararam os efeitos da maltodextrina e proteína do soro do leite como carreadores na secagem de oleorresina de páprica (*Capsicum annuum*) e canela (*Cinnamomum verum*) (Ferraz *et al.*, 2022); de misturas de amido modificado com concentrado proteico do soro do leite versus o isolado proteico da soja na secagem da polpa de pajuçara (*Euterpe edulis*) (Santana *et al.*, 2017); da proteína isolada da ervilha, proteína isolada de soja, zeína do milho e a proteína concentrada do soro do leite na secagem da polpa do tomate (*Solanum lycopersicum*) (Tontul *et al.*, 2015), dentre outros.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Fluxograma geral do estudo

A Figura 7 apresenta o fluxograma geral do estudo, destacando as etapas desde a obtenção da matéria-prima até a caracterização do produto em pó. O estudo foi dividido em duas fases principais: o estudo da sobremesa à base de plantas (SBP) (Figura 7 a – d) e o estudo do produto em pó (PEP) (Figura 7 e – i).

Figura 7 – Fluxograma geral do estudo



Fonte: Autoria própria (2025).

4.2 Obtenção da matéria-prima e dos adjuvantes de secagem

Para o desenvolvimento da sobremesa foram utilizados como matéria-prima: grão de bico (*C. arietinum* L.) (Kicaldo Alimentos LTDA, SP, Brasil), quinoa (*C. quinoa*) (Excelência Selects Alimentos LTDA, CE, Brasil), batata doce (*Ipomoea batatas*), arroz integral (*O. sativa* L.) (Camil Alimentos LTDA, SP, Brasil), sacarose (Parceria Alimentos LTDA, CE, Brasil) e cacau (*Theobroma cacao*) (Mãe Terra Alimentos LTDA, SP, Brasil). Todos obtidos em mercados locais do município de Fortaleza, Ceará, Brasil.

Para a investigação da resposta glicêmica, da saciedade subjetiva e do apetite também foi adquirida no mercado local de Fortaleza uma sobremesa láctea comercial (SLC) sabor chocolate (Danette - Danone®).

Já para o desenvolvimento do PEP, além dos ingredientes supramencionados (com exceção da sobremesa láctea), foram utilizados como adjuvantes de secagem a maltodextrina (GastronomyLab LTDA, DF, Brasil) e a proteína isolada da ervilha (NUTRATEC, Tecnologia em Nutrientes LTDA, SP, Brasil), cujas aquisições foram feitas diretamente com os fabricantes.

4.3 Estudo da sobremesa à base de plantas

A reprodução da SBP foi realizada no Laboratório de Nutrição do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEAL), localizado na Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, em Fortaleza-CE. A sobremesa foi previamente desenvolvida por Lira (2024), no referido laboratório, e já foi submetida a análises físico-química, microbiológica, de estabilidade e sensorial, obtendo resultados positivos que estimularam a ampliação do estudo.

4.3.1 Produção da sobremesa à base de plantas

O grão-de-bico, a quinoa e o arroz integral foram cozidos de acordo com as instruções do fabricante, enquanto a batata-doce foi cozida por 20 minutos. Para a preparação de 100 mL de sobremesa, as quantidades especificadas de cada ingrediente (grão-de-bico 15,39 g, quinoa 15,39 g, batata-doce 7,69 g, arroz integral 3,85 g, sacarose 5 g, maltodextrina 5 g e

cacau 3 g) foram pesadas (balança analítica, Ohaus, Adventure) e processadas em um liquidificador (Philco, PLQ1400, Brasil) com 69,23 mL de água potável por, aproximadamente, 20 minutos. Por fim, a sobremesa foi armazenada sob refrigeração até a execução dos testes.

A composição nutricional em 100g da sobremesa à base de plantas e da sobremesa láctea comercial utilizada como produto de comparação nos testes pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição nutricional em 100g da sobremesa à base de plantas e da sobremesa láctea comercial

Nutriente	SBP	SLC
Energia (Kcal/Kg)	112,93	143
Proteína (g)	2,94	3
Carboidrato (g)	20,69	22
Açúcares adicionados (g)	10	14
Gordura (g)	2,01	4,7
Fibra dietética (g)	0,53	0,6

Fonte: adaptada de Lira (2024) e rótulo Danone®.

4.3.2 Aspectos éticos

Antes da implementação, o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ (nº 006198/2022).

Mediante a aprovação, os participantes foram informados detalhadamente sobre o objetivo, a abrangência e os possíveis riscos envolvidos na pesquisa. Além disso, receberam uma explicação completa sobre os procedimentos do estudo, com espaço para esclarecer quaisquer dúvidas antes de iniciar sua participação.

Após a concordância em participar, os voluntários assinaram duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A e APÊNDICE B), formalizando sua adesão à pesquisa. Somente após essa etapa, eles foram oficialmente incluídos no estudo. Os participantes foram também informados explicitamente sobre o direito de se retirar da pesquisa a qualquer momento, sem quaisquer penalizações ou prejuízos.

4.3.3 Participantes e recrutamento

O estudo contou com a seleção deliberada de participantes vinculados à Universidade Federal do Ceará *campus* do Pici, incluindo servidores e estudantes de graduação e pós-graduação. O recrutamento foi realizado no *campus* universitário, entre 8h e 16h, por

meio de abordagens presenciais e convites enviados via mensagens no *WhatsApp*. Os voluntários foram convidados a participar de um estudo focado na avaliação da resposta glicêmica, bem como nas sensações de saciedade e apetite após a ingestão dos produtos investigados.

Os critérios de inclusão exigiam que os voluntários tivessem idade igual ou superior a 18 anos e boas condições gerais de saúde, sendo aceitos indivíduos de ambos os sexos. Por outro lado, os critérios de exclusão contemplavam gestantes, indivíduos com alergias ou intolerâncias alimentares, distúrbios metabólicos ou em uso de medicamentos capazes de interferir no metabolismo da glicose.

Os participantes elegíveis e que aceitaram participar da pesquisa foram orientados a manter a ingestão alimentar e o nível de atividade física habituais, não consumir bebidas alcoólicas e evitar a prática de atividade física extenuante na véspera dos testes.

4.3.4 Medidas antropométricas

Medidas antropométricas foram realizadas previamente aos testes utilizando métodos padronizados, incluindo a avaliação de altura e peso. A altura foi medida com um estadiômetro padrão, garantindo que os participantes estivessem descalços e posicionados corretamente. A leitura foi registrada com precisão em centímetros.

O peso foi aferido com o uso de uma balança eletrônica devidamente calibrada, com os resultados registrados em gramas. Durante a pesagem, os participantes foram orientados a usar roupas leves e a permanecer descalços, sem qualquer ajuste no peso registrado para compensar o vestuário.

Com base nas medidas de altura e peso, o índice de massa corporal (IMC) foi calculado utilizando a fórmula $IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura}^2 (\text{m}^2)$.

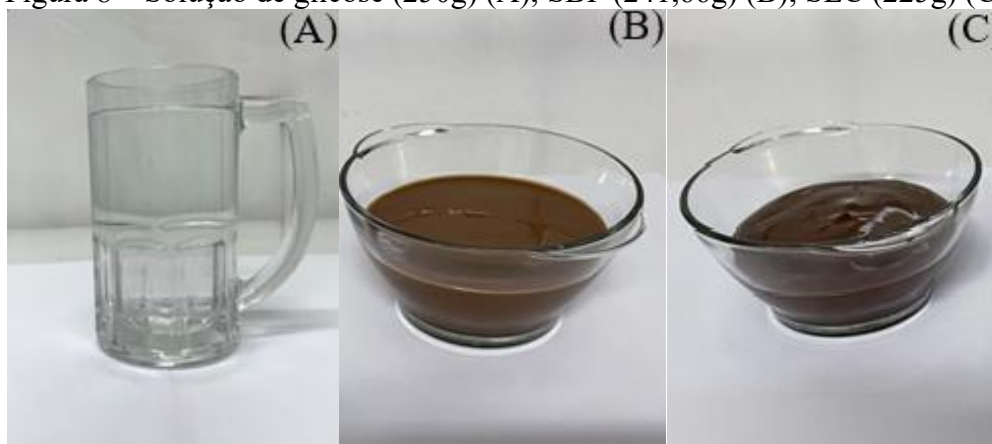
4.3.5 Resposta glicêmica após o consumo da sobremesa à base de plantas e da sobremesa láctea comercial

Foi conduzido um estudo piloto, randomizado e do tipo cruzado, com o objetivo de avaliar três intervenções: (1) solução de glicose (controle), (2) sobremesa à base de plantas e (3) sobremesa láctea comercial. A resposta glicêmica às refeições foi determinada seguindo o protocolo estabelecido pela FAO (Brouns *et al.*, 2005; FAO/OMS, 1998). As amostras foram

porcionadas com base no peso (em gramas) para conter uma quantidade equivalente de 50 g de carboidratos disponíveis, conforme recomendado por Brouns *et al.* (2005).

Os participantes compareceram a seis visitas para os testes, com um intervalo mínimo de dois dias entre cada sessão. No primeiro e no último dia, os voluntários consumiram 50 g de glicose diluída em 250 g de água (utilizada como alimento de referência). Durante as visitas intermediárias, eles consumiram as porções das sobremesas. Cada porção foi ajustada para fornecer 50g de carboidratos disponíveis, correspondendo a 250g de solução de glicose, 241,66g da sobremesa à base de plantas, e 225g da sobremesa láctea comercial (Figura 8).

Figura 8 – Solução de glicose (250g) (A); SBP (241,66g) (B); SLC (225g) (C)



Fonte: Autoria própria (2024)

Os testes para avaliar a resposta glicêmica foram realizados após um jejum noturno de 10 a 12 horas. Após esse período de jejum (tempo 0), uma amostra de sangue capilar basal foi coletada por punção digital, utilizando um dispositivo automático com lanceta descartável (Descarpac Plus). Em seguida, os participantes consumiram os alimentos de referência ou teste, com um tempo estimado de ingestão de 10 a 15 minutos.

A coleta de amostras adicionais de sangue foi realizada por punção digital nos seguintes intervalos: 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após o início da alimentação, conforme descrito por Brand-Miller *et al.* (2003), Brouns *et al.* (2005) e Rytz *et al.* (2019). Os níveis de glicemia foram medidos em cada ponto de tempo utilizando um glicosímetro (Accu-Chek), garantindo a padronização e a precisão dos dados coletados.

Durante a realização dos testes, os participantes foram orientados a evitar a locomoção constante e o consumo de água >500 mL.

4.3.6 Determinação do índice glicêmico e da carga glicêmica das sobremesas

O índice glicêmico (IG) da SBP e da SLC foi calculado usando a razão entre a área incremental sob a curva (iAUC) produzida pelas sobremesas e pela glicose (referência = 100%). A área sob a curva foi calculada geometricamente, aplicando a regra trapezoidal, com a linha do estado de jejum como base. O cálculo do IG foi realizado através da Equação (1).

$$IG = \frac{iAUC \text{ (sobremesa)}}{iAUC \text{ (glicose)}} \quad (1)$$

O cálculo da carga glicêmica (CG) das sobremesas, por sua vez, foi executado através da Equação (2).

$$CG = \frac{IG \times \text{conteúdo de carboidrato disponível (g)}}{100} \quad (2)$$

Inicialmente, a CG das sobremesas foi calculada com base no teor de carboidratos disponível em 100 g de produto, seguindo a padronização usual para composição nutricional. No entanto, considerando que a sobremesa láctea é comercializada em porções de 90 g, optou-se por recalcular a CG com base nessa porção, aplicando o mesmo critério à sobremesa à base de plantas, de modo a permitir uma comparação mais realista entre os produtos. A referência de FAO (1998) foi utilizada para classificar IG e CG.

4.3.7 Saciedade subjetiva e apetite após a ingestão de sobremesa vegetal e da sobremesa láctea comercial

Uma Escala Visual Analógica (EVA) de 10 cm foi utilizada para avaliar sensações subjetivas de saciedade, fome, plenitude, consumo alimentar prospectivo e desejo por alimentos doces, salgados, saborosos e gordurosos antes e após o consumo da SBP e da SLC (ANEXO A) (Flint *et al.*, 2000; Blundell *et al.*, 2009).

As avaliações foram realizadas em múltiplos momentos: antes do consumo da sobremesa (tempo 0), e aos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após a ingestão, de forma simultânea ao teste de resposta glicêmica, ao longo de quatro dias, com intervalos de dois dias entre as sessões e alternância entre os produtos.

As extremidades da escala (0 cm à esquerda e 10 cm à direita) representavam os limites mínimo e máximo para cada sensação avaliada. Na oportunidade, os participantes foram questionados: “quão faminto você sente” (nem um pouco com fome – muita fome), “quão cheio

você se sente?” (nada cheio – totalmente cheio), “quão forte é o seu desejo de comer?” (nada forte – extremamente forte) e “quanta comida você acha que pode comer?” (nada – uma grande quantidade). Para cada item, os voluntários marcaram com um traço vertical o ponto que melhor representava sua sensação no momento.

Já para mensurar o desejo por alimentos específicos, os participantes foram questionados: "Você gostaria de comer algo doce?", "Você gostaria de comer algo salgado?", "Você gostaria de comer algo saboroso?" e "Você gostaria de comer algo gorduroso?", respectivamente, com a resposta variando de "Sim, muito" (0 cm) a "De jeito nenhum" (10 cm). As pontuações foram obtidas medindo-se a distância entre o início da linha de base (lado esquerdo – 0 cm) e o ponto marcado verticalmente.

Na primeira sessão, os participantes receberam a leitura literal do seguinte Procedimento Operacional Padrão (POP): "Por favor, coloque uma marca vertical na linha horizontal dependendo de como você se sente agora. Você deve classificar como se sente agora e não como você acha que deveria se sentir ou como outra pessoa pode esperar que você se sinta. Por favor, considere os rótulos extremos — nada e extremamente — como o menos e o mais faminto que você já sentiu. Quando você completar a primeira pergunta, por favor, prossiga para a próxima e continue com as perguntas até que você tenha completado todas elas."

4.3.8 Análise estatística

Os resultados são expressos como média \pm desvio padrão e foram calculados usando Prism versão 9.3.1 para Windows (GraphPad Software, CA).

A normalidade foi inicialmente avaliada e, devido à natureza dos dados (medidas repetidas não-paramétricas), utilizou-se o teste de Friedman, seguido pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, com nível de significância de 5% ($p = 0,05$), para identificar diferenças entre os três tratamentos: glicose, SBP e SLC.

A área incremental sob a curva (iAUC), foi calculada utilizando a regra do trapézio, desconsiderando os valores negativos, ou seja, considerando apenas os valores glicêmicos acima da linha de base ($T = 0$).

As relações entre a resposta glicêmica e as medidas subjetivas (fome, saciedade, sensação de plenitude e consumo alimentar prospectivo) foram analisadas utilizando a correlação de Pearson e modelos de regressão linear.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi usado para avaliar a força e a direção das relações lineares entre a resposta glicêmica (variável dependente) e as medidas subjetivas (variáveis independentes). O nível de significância estatística foi definido como $p < 0,05$.

Já a regressão linear simples foi realizada para quantificar as relações entre a resposta glicêmica (variável dependente) e cada medida subjetiva (variáveis independentes). Os modelos forneceram equações de regressão ($y = \beta_0 + \beta_1 x$), coeficientes de determinação (R^2) e valores de p para avaliar a significância dos coeficientes angulares (β_1). Os valores de R^2 foram utilizados para explicar a proporção da variância na resposta glicêmica atribuível às variáveis independentes. Todos os dados foram verificados quanto à normalidade por inspeção visual dos resíduos. As suposições da regressão linear (homocedasticidade, linearidade e independência dos erros) foram avaliadas. As análises foram conduzidas separadamente para as SBP e SLC, a fim de permitir comparações diretas.

4.4 Estudo do produto em pó

A elaboração do produto em pó ocorreu no Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimentos (LACONSA) do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEAL), localizado na Universidade Federal do Ceará (UFC), *Campus* do Pici.

4.4.1 Composição e preparo das formulações

A princípio, a amostra foi preparada com base no tópico 4.3.1. No entanto, o percentual de 10% de sacarose foi ajustado para 5% de sacarose e 5% de maltodextrina. Ademais, para auxiliar o processo de secagem, foram realizadas previamente diluições e a adição de adjuvantes de secagem (maltodextrina e proteína isolada da ervilha).

Foram adicionados à sobremesa 10%, (em relação ao peso (g) da sobremesa) de maltodextrina ou de proteína isolada da ervilha. A mistura foi dissolvida em água destilada para atingir diluições finais de 0%, 30%, 50%, 60%, 70% e 90%.

Vale salientar que o percentual fixo de 10% dos adjuvantes foi determinado com o objetivo de evitar acréscimos elevados destes, para que não exercessem demasiadas alterações à composição e características do produto. Ademais, foi utilizado como base o estudo de Adriano (2019), que ao avaliar os efeitos de diferentes concentrações (0%, 10%, 20% e 30%) de adjuvante (maltodextrina) sobre a secagem de polpa de manga da variedade Kent, observou

que o pó contendo 10% apresentou o melhor rendimento. Além deste, também foi considerado o estudo de Oliveira *et al.* (2007) que avaliou a influência de diferentes concentrações de maltodextrina (10% e 15%) sobre as características do suco de abacaxi em pó reconstituído, e identificou que o pó contendo 10% foi o que demonstrou melhor resultado para os parâmetros de cor, acidez, sabor e textura.

A composição das formulações está detalhada na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição das formulações

Formulação - Adjuvante (g)	Sobremesa vegetal (g)	Água destilada (g)	Diluição final (%)
Maltodextrina			
M1 – 20g	180	0	0
M2 – 14g	126	60	30
M3 – 10g	90	100	50
M4 – 8g	72	120	60
M5 – 6g	54	140	70
M6 – 2g	18	180	90
Proteína da ervilha			
PE1 – 20g	180	0	0
PE2 – 14g	126	60	30
PE3 – 10g	90	100	50
PE4 – 8g	72	120	60
PE5 – 6g	54	140	70
PE6 – 2g	18	180	90

M: maltodextrina; PE: proteína da ervilha. Fonte: autoria própria, 2023.

4.4.2 Obtenção do produto em pó

4.4.2.1 Secagem das formulações

A secagem das formulações contidas na Tabela 3 foi realizada em um secador tipo *spray dryer*, modelo LM MSD 1.0 (Labmaq® do Brasil), com câmara de secagem de aço inox e bico aspersor de 1,2 mm de diâmetro.

Com base em testes preliminares, foram mantidos constantes os parâmetros de vazão do ar comprimido de 30 L/min, vazão de alimentação de 0,4 L/h, vazão do ar de secagem 3,0 m³/min e temperatura de entrada do ar de secagem de 160°C.

As secagens para cada formulação foram realizadas em duplicata. Ao final das secagens, os pós foram pesados em balança analítica, acondicionados em recipientes plásticos, soprados com nitrogênio, selados com *Parafilm* e armazenados a -20 °C, até seguirem para a análise de rendimento.

4.4.2.2 Análise de rendimento

O rendimento do pó foi determinado através da razão entre a massa dos sólidos presentes nos pós obtidos ao final da secagem e a massa dos sólidos presentes nas formulações destinadas à secagem. Para a análise do rendimento foi aplicada a Equação 3.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{(1 - U_{\text{pó}}) \cdot M_{\text{pó}}}{(1 - U_a) \cdot M_a} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde: R = Rendimento do processo (%); $U_{\text{pó}}$ = Umidade do pó (g/g); U_a = Umidade da amostra (g); $M_{\text{pó}}$ = Massa do pó (g); M_a = Massa da amostra (g).

A formulação que apresentou o rendimento mais satisfatório foi selecionada para a execução das análises posteriores.

4.4.3 Caracterização físico-química

A caracterização físico-química foi realizada na formulação antes de ser submetida à secagem - Sobremesa à Base de Plantas Reconstituída (SBPR) - e no seu respectivo pó. No entanto, as análises de composição nutricional, higroscopicidade, solubilidade, tempo de reidratação, densidade aparente e atividade antioxidante foram aplicadas apenas no produto em pó. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.4.3.1 Acidez titulável

A determinação da acidez titulável foi realizada por meio de titulometria. Deste modo, foi pesado 1,0 g de amostra em Erlenmeyer de 125 mL, a qual foi posteriormente diluída

em 50 mL de água destilada sob agitação até completa dissolução. Em seguida, a amostra diluída foi titulada com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador. O ponto final da titulação foi determinado após a mudança de coloração da amostra para um tom róseo, conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os resultados foram expressos em g/100 g de ácido cítrico e em g/100 g de ácido málico, calculados por meio da Equação 4.

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{F_{\text{ácido}} \cdot F_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot 10}{P} \quad (4)$$

Onde: $F_{\text{ácido}}$ = Fator do ácido a ser expresso (ácido cítrico = 0,064; ácido málico = 0,067); F_{NaOH} = Fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1N; V_{NaOH} = Volume de hidróxido de sódio 0,1N gastos na titulação (mL); P = Peso da amostra (g).

4.4.3.2 pH

Foi pesado 1,0 grama da amostra e, posteriormente, realizada a diluição com 10 mL de água destilada sob agitação até completa dissolução ou até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. O potencial hidrogeniônico (pH) das amostras foi determinado através de leitura direta em pHmêtro previamente calibrado, seguindo a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.4.3.3 Umidade

A umidade foi determinada através da razão entre a massa dos sólidos presentes no PEP e a massa dos sólidos presentes na formulação destinada à secagem. Para a análise da umidade foi aplicada a Equação 5.

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{(1 - U_{\text{pó}}) \cdot M_{\text{pó}}}{(1 - U_{\text{a}}) \cdot M_{\text{a}}} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde: $U_{pó}$ = Umidade do pó (g/g); U_a = Umidade da amostra (g); $M_{pó}$ = Massa do pó (g); M_a – Massa da amostra (g).

4.4.3.4 Cinzas ou resíduo mineral fixo

As cinzas, ou resíduo mineral fixo, foram determinadas com base na metodologia proposta por Adolfo Lutz (2008).

Inicialmente, foram colocadas cápsulas de porcelana na mufla, sob uma temperatura de 550°C, onde permaneceram durante 24 horas. Após esse período, as cápsulas foram retiradas e conduzidas ao dessecador até o alcance da temperatura ambiente, posteriormente, foi realizada a pesagem.

Em seguida, foram adicionados cerca de 3g das amostras nas cápsulas. Assim, as amostras foram colocadas em uma manta aquecedora até a completa carbonização. Logo após, as quais foram encaminhadas para a incineração em forno mufla estabilizado a 550°C, onde permaneceram por cinco horas ininterruptas, para a eliminação total do carvão e a obtenção de coloração esbranquiçada. Ao fim das cinco horas, as amostras foram submetidas ao dessecador para o esfriamento e tiveram o peso mensurado em uma balança analítica. Os processos de aquecimento em mufla, esfriamento e pesagem aconteceram em intervalos de uma hora, até o momento em que as amostras alcançaram o peso constante. A Equação 6 foi realizada para a determinação das cinzas.

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (6)$$

Onde: N = massa do resíduo de cinzas (g); P = massa da amostra analisada.

4.4.3.5 Atividade de água

A determinação da atividade de água (A_w) foi realizada por meio da leitura direta no higrômetro AquaLab 4TEV (Decagon Devices), conforme indicação do fabricante.

4.4.3.6 Teor de fibras (solúvel, insolúvel e total)

A determinação do teor de fibra alimentar, incluindo frações solúveis e frações insolúveis, foi conduzida de acordo com o método AOAC 991.43 usando o analisador de fibra alimentar ANKON TDF (ANKON Technology Corporation, 2018). A fibra alimentar total foi calculada como a soma das frações insolúveis e solúveis seguindo o procedimento recomendado do mesmo método (AOAC, 2010).

4.4.3.7 Lipídios

A determinação de lipídios foi realizada com base no método Am 5-04 da American Oil Chemists' Society (2005), utilizando o sistema de extração de alta pressão e alta temperatura no equipamento XT-15 Ankom (ANKON Technology Corporation, 2009).

4.4.3.8 Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada pelo método DUMAS no equipamento Dumas NDA 701 Nitrogen/Protein Analyzer (Velp, 2019), sendo o EDTA empregado como padrão, com base no método AOAC 992.23.

4.4.3.9 Carboidratos

O teor total de carboidratos foi calculado pela diferença entre proteínas, lipídios, cinzas e umidade, conforme a Equação 7.

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ umidade}) \quad (7)$$

4.4.3.10 Valor energético

O cálculo do valor energético foi efetuado empregando os coeficientes de ATWATER (carboidratos = 4 kcal; lipídeos = 9 kcal; proteínas = 4 kcal). A totalidade em grama de cada nutriente determinado nas análises foi multiplicada pelos seus respectivos coeficientes (Atwater e Woods, 1896).

4.4.3.11 Higroscopicidade

A higroscopicidade do PEP foi analisada conforme o método proposto por Cai e Corke (2000). Na oportunidade, 1g da amostra foi colocada em um dessecador contendo solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,3%) a 25 °C. O ganho de peso devido à adsorção de umidade foi registrado diariamente por uma semana, e a higroscopicidade foi medida através da Equação 8.

$$\text{Higroscopicidade (\%)} = \left(\frac{A}{B} \right) \cdot 100 \quad (8)$$

Onde: A = Ganho de umidade (g) sofrido pela amostra; B = Peso da amostra (g).

4.4.3.12 Densidade aparente

Para determinar a densidade aparente, 2 g de pó foram transferidos para um cilindro graduado de 50 mL e o volume ocupado foi anotado. A densidade aparente foi calculada dividindo a massa do pó pelo volume ocupado no cilindro e foi expressa como g/L.

4.4.3.13 Solubilidade

A solubilidade do PEP foi determinada com base na metodologia proposta por Cano-Chauca *et al.* (2005). Na oportunidade, foi adicionado 1,0 g da amostra em 100 mL de água destilada, em seguida, a solução foi homogeneizada sob agitação de 2000rpm em agitador magnético durante cinco minutos. Posteriormente, realizou-se a centrifugação a 3000rpm, por cinco minutos. Enfim, uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri previamente tarada, e imediatamente seca em estufa a 105 °C durante cinco horas.

Após o resfriamento em dessecador, a placa de Petri foi pesada e, por intermédio da diferença de peso, foi determinada a massa da amostra contida na placa. A solubilidade do pó foi expressa em percentual e calculada através da Equação 9.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \left(\frac{A}{B} \right) \times 100 \quad (9)$$

Onde: A = Massa da amostra (g) contida na placa após a secagem; B = Peso da amostra (g).

4.4.3.14 Tempo de reidratação

O tempo de reidratação foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Goula e Adamopoulos (2010). Para isso, foram adicionados 2 g do pó a 50 mL de água destilada a 26 °C. A mistura foi agitada em um béquer de vidro de 100 mL, com um agitador magnético Heidolph (nº 50382, MR 82, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Alemanha) a 800 g⁻¹ usando uma barra de agitação com um tamanho de 2 mm × 7 mm.

O tempo de reidratação, expresso em segundos, foi monitorado a cada 30 segundos, com pausas na agitação para verificar a completa solubilização da amostra.

4.4.3.15 Cor instrumental

A cor foi determinada pelas coordenadas CIE-LAB usando um colorímetro Hunter Labscan (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA) com o auxílio do software Easy match QC 4.1, que determina os seguintes valores: L*, a*, b*, Chroma (C*), e ângulo Hue (H0*). Onde L* é a medida da luminosidade de um objeto e varia do 0 (para o preto) até o 100 (para o branco), a* é a medida do vermelho (a* positivo) ou do verde (a* negativo); b* é a medida do amarelo (b* positivo) ou do azul (b* negativo); C* define a saturação e H0* representa o ângulo de tom, conforme preconizado pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (2004).

4.4.3.16 Difração de raios-X (DRX)

A análise de DRX foi conduzida no Laboratório de Raios-X do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC). Para tanto, foi utilizado o difratômetro PANalytical X'Pert PRO – modelo MDP, usando radiação de cobalto ($\lambda = 1,78896\text{\AA}$) e operando com 40 kV e 40 mA. A geometria usada foi de feixe paralelo, composta por um monocromador híbrido (espelho + monocromador Ge) e uma fenda de 1/4°. A análise foi realizada utilizando spinner com 2 revoluções/s (rps), visando melhorar a estatística dos cristalitos, enquanto que a geometria do feixe difratado consistiu de uma fenda soller de 0.02°. Além disso, o eixo de varredura utilizado foi o de Bragg-Brentano.

O intervalo utilizado foi de 10° a 100°, com um passo angular (°2 θ) de 0,013° e tempo por passo de 68,85s (velocidade de 0,049 °/s). A identificação das fases foi feita através do programa PANalytical X'Pert HighScore Plus.

Ademais, foi utilizado o método Rietveld (1967) para realizar o refinamento dos parâmetros estruturais, como parâmetros de rede, posições e deslocamentos atômicos, e fator de ocupação.

4.4.3.17 *Análise de Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN)*

Os experimentos de RMN foram desenvolvidos para investigar a composição orgânica da SBPR e do PEP. Logo, 59,2 mg foram misturados diretamente com 600 μ L de água deuterada (99,9% de pureza) e centrifugados por 2 min, e o sobrenadante foi transferido para tubos de RMN de 5 mm.

Os experimentos de RMN foram realizados em um espectrômetro Bruker DRX 500 (11,7 T; 499,6 MHz) equipado com uma sonda de detecção inversa de 5 mm e um gradiente z ativamente blindado. Os dados foram adquiridos em triplicata sob condição quantitativa: 5 minutos de espera antes de iniciar a análise de RMN para estabilizar a temperatura da amostra com a sonda fixada em 298 K; pulso forte calibrado a 90° (9,75 μ s); tempo de aquisição de 5,0 s; e atraso de relaxamento de 20,0 s determinado pela sequência de pulsos de inversão-recuperação (7 vezes o T₁ mais longo dos prótons observados, para atingir 99,9% de precisão de relaxamento de spins completos) (Hendrick e Breast, 2008). Além disso, os espectros de RMN de ¹H foram adquiridos com 16 varreduras usando a sequência de pulsos “noesypr1d” (biblioteca Bruker) para supressão de água não deuterada em δ 4,79 e 64 k de pontos de domínio de tempo em uma janela espectral de 20,0 ppm. Os espectros de RMN de ¹H foram processados aplicando multiplicação exponencial do FID por um fator de 0,3 Hz e transformação de Fourier de 16 k pontos.

A correção de fase foi realizada manualmente e a correção de linha de base foi aplicada em todo o intervalo espectral. A identificação dos constituintes nas amostras foi realizada por meio de um experimento de RMN bidimensional (2D), como ¹H–¹H g COSY, ¹H–¹³C g HSQC e ¹H–¹³C g HMBC. Os resultados foram comparados aos dados existentes em bancos de dados de acesso aberto (www.hmdb.ca) e relatórios de literatura (Alves Filho *et al.*, 2020; Song *et al.*, 2021; Frag *et al.*, 2021).

Os experimentos COSY foram obtidos com uma largura espectral de 18.028,1 Hz em ambas as dimensões; matriz de dados de 4 k \times 256; 16 varreduras por incremento de t₁ e um atraso de relaxamento de 1,0 s. Os experimentos HSQC foram adquiridos com um atraso de evolução de 1,7 ms para uma média de 1 J (C,H) de 145 Hz; matriz de dados de 4 k \times 256; 32 varreduras por incremento de t₁; larguras espectrais de 18.028,1 Hz em f₂ e 36.057,7 Hz em

f1 e atraso de relaxamento de 1,0 s. Os experimentos HMBC foram registrados com um atraso de evolução de 50,0 ms para LR J (C,H) de 10 Hz; matriz de dados de 4 k × 256; 64 varreduras por incremento de t1; largura espectral de 18.028,8 Hz em f2 e 14.529,3 Hz em f1, e atraso de relaxamento de 1,0 s.

Os compostos sem ressonâncias sobrepostas foram quantificados usando o método Eretic2 (TopSpin 3.1). Uma solução padrão de sacarose (5,0 mg/L) foi usada para calibrar o equipamento/*software*, e o arquivo da sonda foi atualizado com todos os parâmetros necessários para a determinação das concentrações em amostras desconhecidas. As incertezas combinadas dos métodos foram estimadas a partir dos erros analíticos (balança e micropipeta), pureza da sacarose (99,9%) e aquisição espectral (triplicata).

4.4.4 Atividade antioxidante

Uma alíquota de 0,3 mL da amostra em uma solução aquosa a uma concentração de 200 µg por mililitro foi combinada com 3 mL de um reagente compreendendo quatro milimolares de molibdato de amônio, 28 mM de fosfato de sódio e 0,6 molar de ácido sulfúrico.

A mistura resultante foi hermeticamente selada em tubos e incubada em banho-maria a 95 °C por 90 min. Após o resfriamento, a absorbância foi determinada a 695 nm usando um espectrofotômetro UV, com uma solução contendo 0,3 mL de água e 3 mL do reagente servindo como branco. O ácido ascórbico foi empregado como substância de referência a uma concentração de 200 µg por mililitro. A atividade antioxidante (%) foi posteriormente computada através da Equação 10, considerando o fato de que o ácido ascórbico exibe 100% de atividade antioxidante (Prieto; Pineda; Aguilar, 1999).

$$\text{Atv. antioxidante (\%)} = \left(\frac{\text{Absorbância da amostra} - \text{Absorbância branco}}{\text{Absorbância padrão} - \text{Absorbância branco}} \right) \times 100 \quad (10)$$

4.4.5 Análise estatística

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão e foram calculados usando Prism versão 9.3.1 para Windows (GraphPad Software, CA). Os dados foram analisados sob nível de confiança de 95%. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estudo da sobremesa à base de plantas

5.1.1 Características dos participantes do estudo

O Índice de Massa Corporal (IMC), calculado pela razão entre o peso e o quadrado da altura, é um importante indicador do estado nutricional e pode influenciar a resposta metabólica à ingestão de carboidratos, especialmente em relação à glicemia. Estudos reportam que o aumento do IMC está associado à redução da sensibilidade à insulina, o que resulta em níveis mais elevados de glicose em jejum e maior resposta glicêmica pós-prandial (Innocent *et al.*, 2013; Walsh; Shaw e Cherbuin, 2018; Raczkowska e Bronkowska, 2019).

Dada a influência do IMC sobre a resposta glicêmica, foi realizada a análise dos dados antropométricos dos participantes, a fim de caracterizar o estado nutricional da amostra por meio desse indicador. Desta forma, participaram do estudo 11 indivíduos com uma média de idade de $27,09 \pm 7,91$ anos, peso corporal médio de $68,68 \pm 12,28$ kg, e altura média de $1,68 \pm 0,06$ metros. O IMC médio, por sua vez, foi de $24,11 \pm 3,35$ kg/m² (Tabela 4).

Tabela 4 – Idade e parâmetros antropométricos dos participantes do estudo

Indicadores	Média* \pm DP	Min-Max	Mediana
Idade (anos)	27,09 \pm 7,91	19-43	24,00
Peso corporal (kg)	68,68 \pm 12,28	55-89	65,00
Altura (m)	1,68 \pm 0,06	1,56-1.75	1,67
Índice de massa corporal (kg/m ²)	24,11 \pm 3,35	20,13-29,06	23,88

Os resultados são expressos como média \pm desvio padrão, (n=11).

Fonte: Autoria própria (2024).

Segundo a Organização Mundial de Saúde, o valor do índice de massa corporal de adultos pode ser classificado como baixo peso ($<18,5$ kg/m²), eutrófico ($18,5 - 24,9$ kg/m²), sobrepeso ($25,0 - 29,9$ kg/m²) e obesidade (≥ 30 kg/m²) (WHO, 2000; Khanna *et al.*, 2022). No presente estudo, os 11 participantes apresentaram uma média de IMC dentro da faixa considerada como adequada ($24,11 \pm 3,35$ kg/m²), sugerindo que este parâmetro em particular não poderia impactar consideravelmente a resposta glicêmica observada no estudo.

5.1.2 Glicemia em jejum e respostas glicêmicas pós-prandiais

A concentração de glicose no sangue, tanto em jejum quanto após as refeições, é um marcador importante do metabolismo dos carboidratos e da saúde metabólica. Em indivíduos saudáveis, os níveis normais de glicemia em jejum são inferiores a 100 mg/dL (5,55 mmol/L), enquanto valores iguais ou superiores a 126 mg/dL são indicativos do diabetes mellitus (Shkempi; Huppertz, 2023).

A Resposta Glicêmica (RG), por sua vez, corresponde à variação na concentração plasmática de glicose após a ingestão de alimentos contendo carboidratos, sendo influenciada por fatores como taxa de entrada de glicose na circulação, a quantidade total absorvida e a velocidade de sua remoção da circulação pela captação celular (Vega-Lopéz *et al.*, 2018; Rozendaal *et al.*, 2018). Após uma refeição, a glicose sanguínea geralmente se eleva para 120-140 mg/dL e retorna gradualmente para os valores pré-refeição dentro de duas horas (Shkempi; Huppertz, 2023).

As características individuais dos alimentos, ou seja, a composição e a estrutura, possuem a capacidade de influenciar nesses processos. Alimentos fontes de carboidratos, por exemplo, exibem diferentes efeitos sobre a resposta glicêmica, podendo provocar desde aumentos repentinos e acentuados na glicemia até elevações mais suaves e sustentadas, com retornos graduais aos níveis basais (Shkempi; Huppertz, 2023; Rozendaal *et al.*, 2018). Tais efeitos têm implicações clínicas relevantes, uma vez que a manutenção de níveis glicêmicos pós-prandiais controlados é crucial para a prevenção e o manejo de doenças crônicas, como o diabetes mellitus e as doenças cardiovasculares (Giuntini *et al.*, 2022).

Logo, considerando a importância da avaliação da glicemia em jejum e da resposta glicêmica pós-prandial, ambos parâmetros foram investigados com o objetivo de observar e comparar os efeitos produzidos pela ingestão da solução de glicose (controle), sobremesa à base de plantas (SBP) e da sobremesa láctea comercial (SLC).

Desta forma, a glicemia em jejum foi avaliada após um período de 12 horas sem ingestão alimentar (Tempo 0), enquanto que a análise da RG foi realizada nos tempos de 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após a ingestão da solução de glicose e das duas sobremesas. Os resultados referentes à glicemia em jejum e à RG podem ser visualizados na Tabela 5 e na Figura 9.

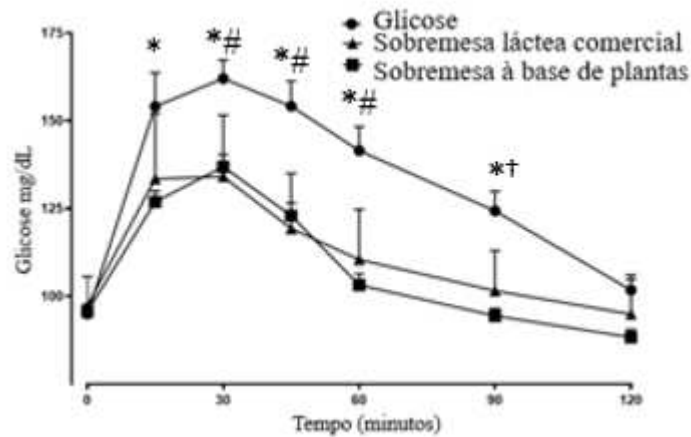
Tabela 5 – Glicemia em jejum e respostas glicêmicas médias (mg/dL) dos participantes (n=11) após o consumo de solução de glicose, SBP e SLC

Tempo (min)	Glicose (n=11)	SBP (n=11)	SLC (n=11)
0	95,00±7,18 ^a	95,73±8,93 ^a	97,41±8,29 ^a
15	154,09±44,98 ^a	126,91±14,64 ^b	133,50±18,47 ^{a,b}
30	162,04±24,46 ^a	136,91±16,22 ^b	134,14±17,45 ^b
45	154,18±33,74 ^a	123,00±16,74 ^b	119,32±15,74 ^b
60	141,50±31,75 ^a	103,23±15,14 ^b	110,45±14,26 ^b
90	124,36±26,17 ^a	94,50±9,36 ^b	101,59±11,40 ^a
120	101,82±19,94 ^a	88,36±10,21 ^a	94,95±9,91 ^a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 9 - Resposta glicêmica (mg/dL) para solução de glicose (n=11), SBP (n=11), e SLC (n=11)



Os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão. * $P < 0,05$. *controle (glicose) *versus* SBP, # controle (glicose) *versus* SLC, †SBP *versus* SLC.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Ao observar a Tabela 5 e a Figura 9, é possível identificar que no tempo 0 (jejum) o nível de glicose sanguínea não diferiu estatisticamente entre a glicose ($95,00 \pm 7,18$ mg/dL), SBP ($95,73 \pm 8,93$ mg/dL) e SLC ($97,41 \pm 8,29$ mg/dL), sugerindo que os participantes estavam normoglicêmicos no momento do teste e que não houve alteração significativa na regulação da glicemia entre eles (Shkempi; Huppertz, 2023).

Em relação à RG, os resultados indicam que os três produtos testados apresentaram o pico glicêmico aos 30 minutos após a ingestão. A solução de glicose apresentou valores significativamente superiores de glicemia em relação à SBP nos tempos de 15, 30, 45, 60 e 90 minutos após a ingestão ($p < 0,05$), refletindo seu conhecido perfil de rápida absorção e

elevação aguda da glicose sanguínea (Sheard *et al.*, 2004). Quando comparada à SLC, a solução de glicose apresentou valores significativamente mais altos apenas nos tempos de 30, 45 e 60 minutos, não havendo diferença estatística nos tempos de 15, 90 e 120 minutos.

Por sua vez, as sobremesas avaliadas não diferiram estatisticamente entre si na maioria dos tempos avaliados (15, 30, 45, 60 e 120 minutos), com exceção do tempo de 90 minutos, em que a SLC resultou em valores glicêmicos significativamente maiores ($101,59 \pm 11,40$ mg/dL) em comparação a SBP ($94,50 \pm 9,36$ mg/dL) ($p < 0,05\%$).

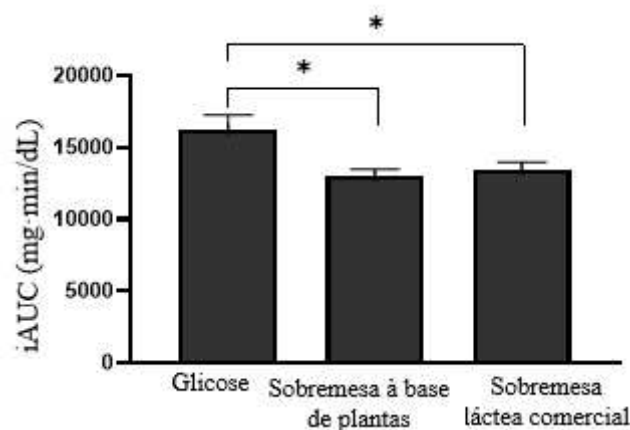
A diferença pontual entre as sobremesas pode refletir um retorno mais rápido à glicemia basal com o consumo da SBP, sugerindo um perfil de absorção mais lento ou modulação glicêmica favorecida por sua composição. Esse efeito provavelmente se deve à presença de fibras alimentares, que podem promover um retardo na digestão e absorção do açúcar no sangue, suavizando a resposta glicêmica (Alongi; Melchior; Anese, 2019; Weikckert; Pfeiffer, 2018). Segundo Giuntini *et al.* (2022), as fibras alimentares viscosas, especialmente, desempenham um papel vital na redução da resposta glicêmica após o consumo de alimentos ricos em carboidratos.

Por outro lado, o fato de SLC ter demonstrado reposta glicêmica semelhante à da SBP, na maioria dos tempos, pode ser atribuído à presença do leite em sua composição. O consumo de leite ou derivados resulta em elevações pós-prandiais de diversos aminoácidos essenciais na circulação sanguínea, sobretudo de leucina e outros aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs), os quais exercem efeitos diretos sobre as células β -pancreáticas, estimulando a secreção da insulina e, conseqüentemente, favorecendo a captação da glicose pelos tecidos. Esse efeito é ainda mais pronunciado quando esses aminoácidos são ingeridos junto a carboidratos, pois há uma potencialização da resposta insulinêmica pós prandial, o que contribui para uma atenuação da glicemia (De Hart *et al.*, 2021; Hermans *et al.*, 2022; Kalogeropoulou *et al.*, 2008; Van Loon *et al.*, 2000).

Ademais, não foram observadas diferenças significativas entre os três alimentos no último tempo avaliado, ou seja, aos 120 minutos, sendo obtidos os valores médios de $101,82 \pm 19,94$ mg/dL para a glicose, $94,95 \pm 9,91$ mg/dL para a SLC, e $88,36 \pm 10,21$ mg/dL para SBP. De acordo com Shkemi e Huppertz (2023) valores superiores a 140 mg/dL ao fim desse período (120 minutos) são definidos como hiperglicemia pós-refeição. Desta forma, os resultados obtidos indicam que os participantes não apresentaram níveis elevados de glicose no sangue após as refeições, sugerindo uma regulação eficaz da glicemia ao final do teste.

Além das diferenças pontuais nas curvas de glicemia ao longo do tempo, a análise da *Area Under a Curve* (iAUC) (Área Incremental Sob a Curva) também foi realizada e reforça o comportamento metabólico distinto entre as amostras (Figura 10).

Figura 10 – Área incremental sob a curva ao longo do tempo (n=11)



Os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão. * $P < 0,05$.

Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme exposto, a solução de glicose apresentou iAUC significativamente superior (16209 ± 1052 mg·min/dL) em relação às sobremesas vegetal (13003 ± 466 mg·min/dL) e láctea ($13492 \pm 492,2$ mg·min/dL) ($p < 0,05$), refletindo sua rápida absorção e maior impacto glicêmico. Já as sobremesas vegana e láctea não apresentaram diferenças significativas entre si quanto à iAUC ($p > 0,05$), indicando que, do ponto de vista da carga glicêmica total ao longo de 120 minutos, ambas promoveram um estímulo glicêmico semelhante e atenuado em relação ao controle.

Esses resultados demonstram que, embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas entre as sobremesas vegana e láctea quanto à iAUC, a SBP apresentou a menor média de resposta glicêmica incremental entre as três amostras, o que pode sugerir um perfil glicêmico discretamente mais favorável dentro da variabilidade observada. Essa tendência, somada à menor glicemia no tempo de 90 minutos e ao retorno mais precoce aos níveis basais, reforça seu potencial como alternativa com impacto glicêmico atenuado.

5.1.3 Determinação do índice glicêmico e da carga glicêmica das sobremesas

Após a caracterização da resposta glicêmica provocada pelas sobremesas avaliadas, a determinação dos indicadores de índice glicêmico (IG) e carga glicêmica (CG) oferece uma perspectiva adicional sobre a qualidade dos carboidratos presentes nos produtos.

O IG é uma ferramenta consolidada para avaliar a qualidade dos carboidratos presentes nos alimentos com base em sua capacidade de elevar a glicemia pós-prandial. Especificamente, o IG representa a resposta glicêmica incremental provocada por uma porção contendo 50g de carboidratos, comparada à resposta provocada por um alimento de referência, geralmente a glicose (IG = 100) (FAO, 1998; ISO 26642:2010). Os alimentos são classificados de acordo com seus escores de IG em três categorias: baixo (≤ 55), moderado (56 a 69) e alto (≥ 70) (Henry *et al.*, 2021).

Neste estudo, a determinação do IG foi realizada conforme as diretrizes da FAO (1998), utilizando a glicose como referência e calculando-se a área incremental sob a curva (iAUC), a partir de sete pontos de medição (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 minutos). O valor de IG obtido para a sobremesa à base de plantas foi de $80,22 \pm 44,00$, enquanto que para a sobremesa láctea comercial foi de $83,23 \pm 46,78$, classificando ambas como alimentos de alto índice glicêmico.

Recentemente Gümüş *et al.* (2024) determinaram o IG de uma seleção de produtos veganos. No estudo, os autores relataram valores de $82,0 \pm 54,05$ para uma barra de lanche vegana e de $81,2 \pm 31,96$ para uma pita vegana moída, ambos classificados como de alto IG. Esses resultados são consistentes com o valor obtido no presente estudo para a SBP.

A análise da composição nutricional fornece subsídios para justificar o elevado IG das sobremesas (Tabela 2 – seção material e métodos). A presença de açúcares simples adicionados em ambas favorece elevações mais rápidas da glicemia, já que são absorvidos com maior facilidade (Augustin *et al.*, 2015). No entanto, a SLC apresenta maior teor de açúcares adicionados (14g/100g) em comparação à SBP (10g/100g), o que provavelmente contribuiu para o seu índice glicêmico ligeiramente superior.

A carga glicêmica (CG), por sua vez, é uma métrica complementar para avaliar a resposta glicêmica, combinando o IG e a quantidade de carboidrato presente na porção do alimento. O valor da CG é classificado como alto ($CG \geq 20$), moderado ($CG \leq 19$) e baixo ($CG \leq 10$) (Gbenga-Fabusiwa, 2019).

Os valores de CG das sobremesas, calculados inicialmente com base em 100g de produto, foram de 16,60 para a SBP e de 18,31 para a SLC, classificando ambas como de CG moderada. Ao se considerar a porção individual comercializada da SLC (90g), a CG ajustada foi de 16,48. Aplicando-se o mesmo ajuste para a SBP, assumindo a mesma porção de 90g, a

CG recalculada foi de 14,94. Assim, os valores ajustados para a porção de consumo real ainda mantêm ambas as sobremesas dentro da classificação de CG moderada. Este achado sugere que, apesar do alto índice glicêmico das sobremesas, o impacto glicêmico por porção padrão é menos acentuado.

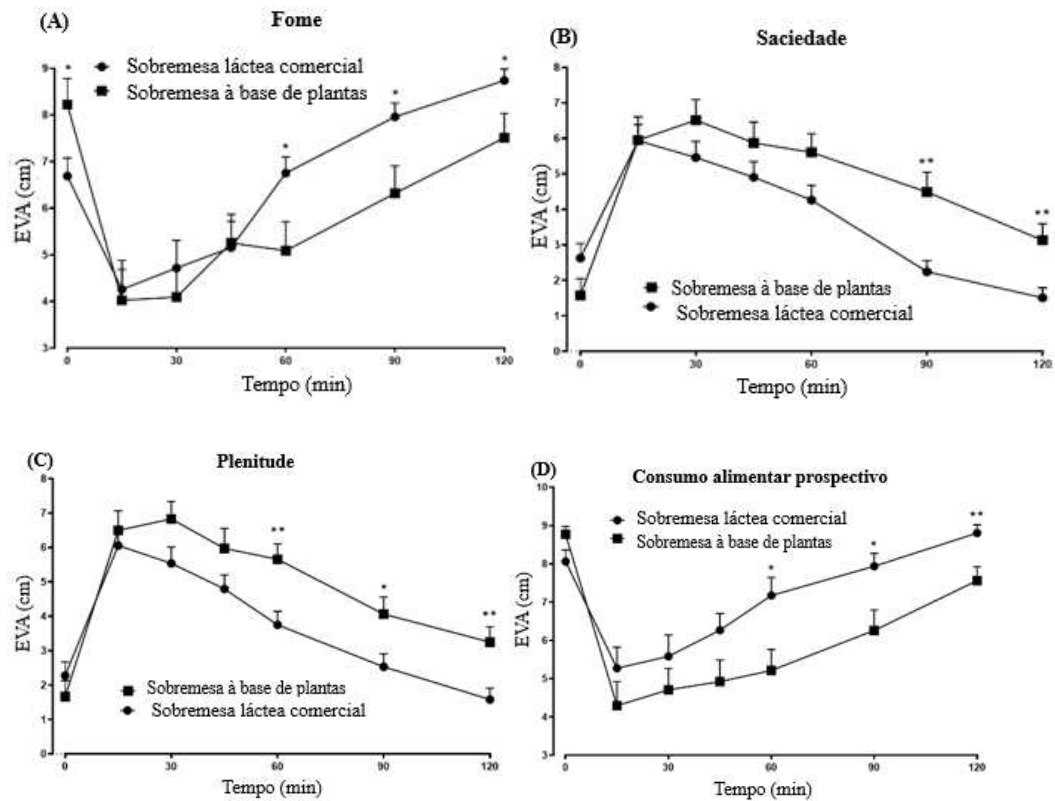
Contudo, apesar da relevância desses indicadores, as suas interpretações precisam ser contextualizadas. A diretriz *Carbohydrate Intake for Adults and Children*, publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2023) adverte que IG e CG não devem ser os únicos determinantes das escolhas alimentares. Nesse contexto, a OMS ressalta que alimentos com baixo IG não são necessariamente mais saudáveis, pois esse parâmetro não reflete a densidade nutricional, o teor de fibras, a presença de gordura trans ou o grau de processamento do alimento. Dessa forma, a recomendação atual enfatiza a priorização de carboidratos de melhor qualidade – como frutas, vegetais, leguminosas e grãos integrais – em detrimento de uma ênfase isolada no IG.

Em síntese, embora ambas as sobremesas apresentem alto IG, os valores de CG ajustados para a porção de consumo as classificam como de impacto glicêmico moderado. Esses achados reforçam a importância de se considerar não apenas o IG isoladamente, mas também a quantidade efetiva de carboidrato ingerida. Logo, a avaliação conjunta de IG e CG, aliada à composição nutricional e o grau de processamento, fornece subsídios importantes para o direcionamento de estratégias tecnológicas que visem a reformulação de sobremesas com perfil glicêmico mais favorável, sem comprometer atributos sensoriais e a aceitabilidade.

5.1.4 Saciedade subjetiva e apetite após a ingestão da sobremesa à base de plantas e da sobremesa láctea comercial

A resposta subjetiva de saciedade foi avaliada por meio de escalas visuais analógicas nos tempos de 0 (jejum) e 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após o consumo das sobremesas vegana e láctea comercial. As variáveis analisadas incluíram fome, saciedade, plenitude e consumo alimentar prospectivo (Figura 11).

Figura 11 - Variação dos parâmetros fome (A), saciedade (B), plenitude (C) e consumo alimentar prospectivo (D) em jejum (T0) e após o consumo de sobremesa à base de plantas ou sobremesa láctea comercial (T15, T30, T45, T60, T90 e T120 min)



Os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão. * $P < 0,05$ e ** $P < 0,01$.
Fonte: Autoria própria (2024).

Após o consumo das sobremesas, valores significativamente maiores para "fome" e "consumo alimentar prospectivo" foram registrados aos 60, 90 e 120 minutos para a sobremesa láctea comercial em comparação com a sobremesa à base de plantas ($P < 0,05$ e $P < 0,01$) (Figura 11(A) e Figura 11(D)). Em contraste, a sobremesa à base de plantas apresentou resultados significativamente superiores aos 90 e 120 minutos para saciedade e aos 60, 90 e 120 minutos para plenitude ($P < 0,05$ e $P < 0,01$) (Figura 11(B) e Figura 11 (C)). Corroborando esses resultados, um estudo conduzido por Muhlhausler *et al.* (2022) demonstrou que uma refeição de macarrão contendo carne moída à base de plantas proporcionou maior sensação de saciedade em comparação com uma refeição equivalente preparada com carne bovina moída. Esses achados ressaltam o potencial das alternativas à base de plantas na modulação da fome e da saciedade.

A superioridade da SBP em produzir maior saciedade e menor sensação de fome pode estar relacionada à sua composição nutricional e estrutural. Embora as sobremesas

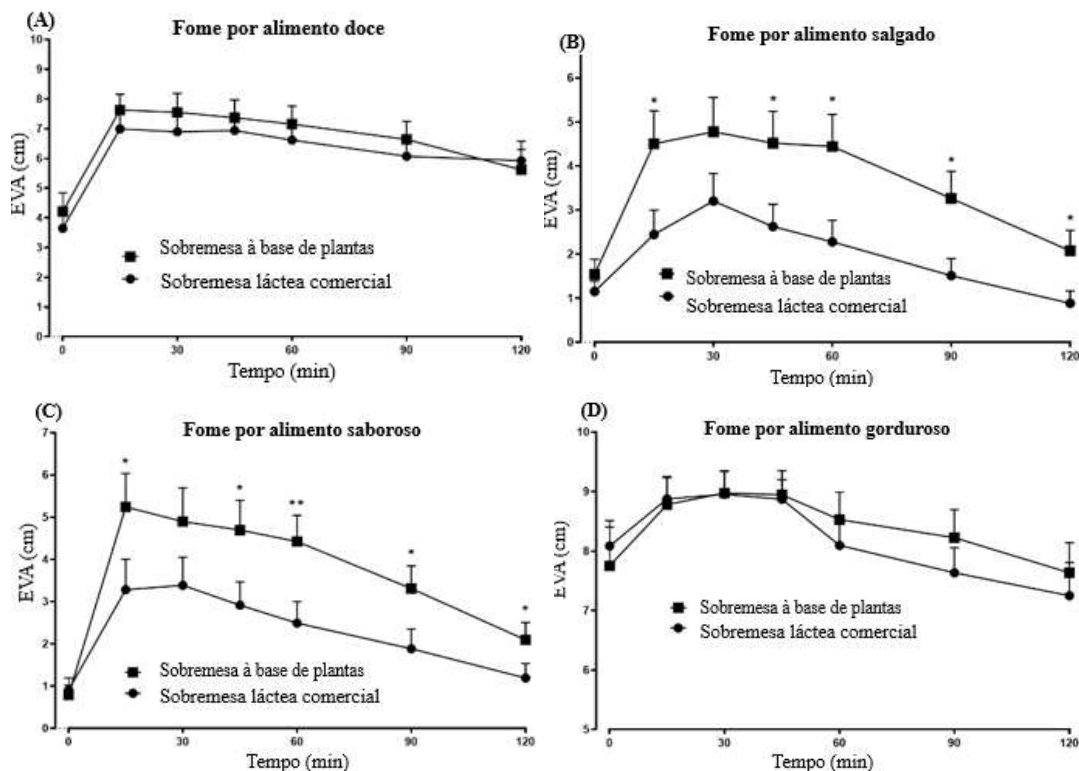
testadas apresentem valores similares de proteínas (SBP = 2,9g/100g e SLC = 3,0g/100g) e fibras (SBP = 0,53g/100g e SLC = 0,6g/100g), que são nutrientes promotores de saciedade, a SBP possui menor densidade energética (112,93 kcal/100g versus 143 kcal/ 100g), menor quantidade de açúcares adicionados (10g/100g versus 14g/100g) e menor teor de gordura total (2,01g/100g versus 4,7g/100g), que também são propriedades relatadas como supressoras do apetite e promotoras de saciedade (Hannon *et al.*, 2021; Mcclements, 2015; Penaforte; Japur; Pigatto, 2013).

Além disso, a SBP é composta por ingredientes minimamente processados e ricos em carboidratos complexos, como grão-de-bico, quinoa, arroz integral e batata-doce. Esses alimentos são fontes de amido resistente e fibras fermentáveis, que favorecem a produção de ácidos graxos de cadeia curta no cólon, os quais atuam como sinalizadores metabólicos, promovendo aumento da saciedade e regulação do metabolismo energético (Byrne *et al.*, 2020). Em contraste, a SLC é predominantemente composta por leite integral, sacarose, amido modificado e aditivos, com menor valor estrutural e funcional no contexto da saciedade.

Adicionalmente, ao realizar uma associação dos resultados obtidos para a resposta glicêmica com os de saciedade subjetiva, é possível destacar um ponto importante. Aos 90 minutos, a SBP induziu resposta glicêmica significativamente inferior em relação à SLC; neste mesmo período, também promoveu uma saciedade significativamente superior. Esse comportamento está de acordo com os achados de Holt *et al.* (1995), que demonstraram que alimentos com menor impacto glicêmico tendem a induzir maior saciedade por períodos mais prolongados.

Além da avaliação da fome e saciedade, a escala analógica também foi utilizada para mensurar o desejo por diferentes perfis de sabor – doce, salgado, saboroso e gorduroso. Nessa escala, os escores variaram de 0, indicando um forte desejo de consumo, a 10, representando a ausência desse desejo (Figura 12).

Figura 12 - Variação dos parâmetros de fome por alimento doce (A), salgado (B), saboroso (C) e gorduroso (D) em jejum (T0) e após o consumo da sobremesa à base de plantas ou da sobremesa láctea comercial (T15, T30, T45, T60, T90 e T120 min)



Fonte: Autoria própria (2024).

Ao observar os gráficos, é possível identificar escores mais elevados para o desejo por alimentos doces e gordurosos, enquanto os valores para opções salgadas e saborosas foram menores. Esses achados sugerem que, no período da manhã, os indivíduos avaliados apresentaram menor interesse por alimentos ricos em açúcar ou gordura e uma maior predisposição ao consumo de opções salgadas e saborosas.

Especificamente, após o consumo da SBP, os escores de desejo por alimentos salgados e saborosos foram significativamente mais altos em comparação com a SLC ($P < 0,05$), indicando um menor interesse por esses perfis de sabor. Desta forma, um desejo mais acentuado por alimentos salgados e saborosos foi observado após o consumo da SLC.

Esses resultados podem estar relacionados com um fenômeno chamado Saciedade Sensorial Específica, no qual o indivíduo apresenta uma saciedade específica ao alimento recém-ingrido, mas não necessariamente a outros tipos de alimentos com perfil de sabor diferente, podendo apresentar, inclusive, uma tendência ao desejo por sabores contrastantes (Olsen *et al.*, 2011; Rolls *et al.*, 1981). Logo, o perfil doce característico de sobremesas pode ter sido o fator determinante para o menor desejo subsequente por alimentos com tal característica. Em contraste, considerando que a SLC apresenta um perfil sensorial doce mais

intenso (devido a maior adição de açúcares), é plausível que seu consumo tenha induzido um desejo compensatório por alimentos salgados.

Esses achados são particularmente relevantes, pois sugerem que a SBP não apenas promove saciedade, mas também exerce um papel significativo na modulação dos desejos alimentares. Especificamente, seu consumo parece induzir uma sensação de saciedade mais ampla, potencialmente reduzindo o desejo por alimentos salgados e saborosos durante a manhã. Em síntese, os resultados sugerem que a incorporação de opções à base de plantas pode proporcionar não apenas benefícios nutricionais, mas também contribuir para um melhor controle do apetite e dos desejos alimentares, aspectos relevantes especialmente em intervenções que visem a perda de peso.

5.1.5 Regressão linear e análise de correlação de Pearson

A regressão linear e a correlação de Pearson são métodos estatísticos utilizados para avaliar a relação entre variáveis quantitativas. A correlação de Pearson mede a força e a direção da associação linear entre duas variáveis contínuas, sendo representada por um coeficiente “ r ” que varia de -1 a +1. Já a regressão linear permite modelar essa relação por meio de uma equação matemática, estimando o quanto uma variável dependente se altera em função de uma variável independente (Gaddis; Gaddis, 1990).

Com o objetivo de investigar a associação entre a resposta glicêmica pós-prandial e os parâmetros subjetivos de saciedade e apetite, foram conduzidas análises de regressão linear e correlação de Pearson entre os valores de glicemia e os escores obtidos nas escalas visuais analógicas para fome, saciedade, plenitude, consumo alimentar prospectivo e desejo por sabores específicos. As análises foram realizadas separadamente para cada sobremesa testada, e os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise de Regressão Linear e Correlação de Pearson entre glicemia e parâmetros subjetivos

Medidas subjetivas	Equação de regressão	R ²	r	p-valor
Sobremesa à base de plantas				
Fome	$Y = -0,08381 \cdot X + 15,53$	0.88	-0.93	0.0017
Saciedade	$Y = 0,08539 \cdot X - 5,527$	0.87	0.93	0.0019
Plenitude	$Y = 0,08775 \cdot X - 5,845$	0.91	0.95	0.0007
Consumo alimentar prospectivo	$Y = -0,06869 \cdot X + 14,56$	0.93	-0.96	0.0004
Fome por alimento doce	$Y = 0,04868 \cdot X + 1,251$	0.53	0.72	0.0635
Fome por alimento salgado	$Y = 0,05658 \cdot X - 2,624$	0.65	0.80	0.0274
Fome por alimento saboroso	$Y = 0,06947 \cdot X - 3,991$	0.62	0.79	0.0340
Fome por alimento gorduroso	$Y = 0,02651 \cdot X + 5,494$	0.82	0.90	0.0049
Sobremesa láctea comercial				
Fome	$Y = -0,09470 \cdot X + 17,03$	0.84	-0.92	0.0032
Saciedade	$Y = 0,1005 \cdot X - 7,508$	0.91	0.95	0.0007
Plenitude	$Y = 0,1039 \cdot X - 7,961$	0.97	0.98	<0.0001
Consumo alimentar prospectivo	$Y = -0,08080 \cdot X + 16,15$	0.97	-0.98	<0.0001
Fome por alimento doce	$Y = 0,05015 \cdot X + 0,4872$	0.48	0.69	0.0838
Fome por alimento salgado	$Y = 0,04765 \cdot X - 3,371$	0.84	0.92	0.0033
Fome por alimento saboroso	$Y = 0,05761 \cdot X - 4,219$	0.90	0.95	0.0009
Fome por alimento gorduroso	$Y = 0,03700 \cdot X + 4,069$	0.81	0.90	0.0052

Fonte: Autoria própria (2024).

A análise de regressão linear e correlação de Pearson revelou uma forte associação negativa entre os níveis de glicemia e a percepção subjetiva de fome para ambas as sobremesas, indicando que, à medida que os níveis glicêmicos aumentavam, os escores de fome diminuía significativamente. Apesar de ambas terem exibido fortes correlações, a SBP demonstrou uma relação ligeiramente mais pronunciada entre a glicemia e a redução da percepção da fome.

Em relação à saciedade subjetiva, as duas sobremesas apresentaram significativa correlação positiva com os níveis glicêmicos, indicando que o aumento da glicemia esteve associado a maiores escores de saciedade após o consumo. No entanto, a SLC demonstrou valores mais altos de R^2 (0,91) e r (0,95) que a SBP (0,87 e 0,93, respectivamente), sugerindo uma associação um pouco mais expressiva entre a resposta glicêmica e a sensação subjetiva de saciedade.

De forma semelhante, a sensação de plenitude também apresentou correlação positiva e estatisticamente significativa com os níveis glicêmicos em ambos os tratamentos. A SLC demonstrou o maior poder preditivo ($R^2 = 0,97$ e $r = 0,98$), indicando que a elevação glicêmica induzida por essa sobremesa esteve mais fortemente associada à sensação de estômago cheio.

Já o consumo alimentar prospectivo, que reflete a expectativa de ingestão em uma refeição subsequente, apresentou forte correlação negativa com a glicemia nos dois tratamentos. Esses achados indicam que, à medida que os níveis de glicose aumentaram após o consumo das sobremesas, houve uma redução significativa na expectativa de consumo subsequente. A associação foi ligeiramente mais pronunciada na SLC ($R^2 = 0,97$; $r = -0,98$).

De modo geral, os resultados obtidos sugerem que elevações pós-prandiais da glicemia estão associadas aos marcadores subjetivos clássicos de saciedade (redução da fome, saciedade, plenitude e consumo alimentar prospectivo). Esse mecanismo foi elucidado há muito tempo por Mayer (1953), que propôs que elevações nas concentrações de glicose sanguínea são registradas por glicorreceptores situados em regiões do hipotálamo que afetam a ingestão de alimentos. Desta forma, a teoria preconiza que um aumento da glicemia resulta em aumento da sensação de saciedade, enquanto que uma queda da glicemia está associada ao efeito inverso.

No entanto, estudos posteriores sinalizam que, como há uma covariação entre os níveis pós-prandiais de glicose, insulina e hormônios incretínicos, torna-se difícil determinar se a saciedade é promovida diretamente pela glicemia ou por outros mediadores metabólicos correlacionados (Holt; Brand-Miller; Petocz, 1996; Raben *et al.*, 1996; Stutz *et al.*, 2024). De fato, algumas evidências sugerem que incrementos pós-prandiais dos níveis de insulina podem estar mais fortemente associados aos marcadores de saciedade (Flint *et al.*, 2007; Holt; Brand-

Miller; Petocz, 1996; Morton; Manso; Schwartz, 2014). Desta forma, embora a glicemia possa estar envolvida com a percepção de saciedade após refeições, ela não atua de forma isolada, sendo necessário considerar a resposta metabólica integrada.

No que concerne às medidas de fome sensorial (doce, salgado, saboroso, gorduroso), foram observadas variações em suas associações com a resposta glicêmica. Para a SBP, a correlação mais forte foi observada com o desejo por alimentos gordurosos ($r = 0,90$ e $P = 0,0049$), seguida pelos desejos por alimentos salgados e saborosos, também com correlações significativas. No caso da SLC, destacaram-se os desejos por alimentos salgados ($r = 0,92$ e $P = 0,0033$) e saborosos ($r = 0,95$ e $P = 0,0009$), com associações estatisticamente significativas e ligeiramente mais elevadas do que as observadas para a SBP nesses itens. Em ambos os tratamentos, as correlações positivas indicam que maiores níveis de glicemia estiveram associados a escores mais altos na escala visual analógica, que vão de 0 (forte desejo) a 10 (pouco ou nenhum desejo), sugerindo, portanto, menor desejo por esses alimentos em condição de maior glicemia. O desejo por alimentos doces, por sua vez, apresentou as correlações mais fracas em ambos os tratamentos (SBP: $r = 0,72$; SLC: $r = 0,69$), sem significância estatística ($P > 0,05$).

Esses achados sugerem que a associação entre a resposta glicêmica e o menor desejo por alimentos salgados, saborosos e gordurosos pode decorrer, sobretudo, do efeito fisiológico da saciedade pós-prandial. Segundo Blundell *et al.* (2010), a ingestão de alimentos leva à supressão do apetite em curto prazo por meio de múltiplos sinais fisiológicos, incluindo distensão gástrica, liberação de determinados hormônios e aumento da glicose plasmática. Desta forma, considerando que a glicemia tende a se elevar nos primeiros minutos após a alimentação, coincidindo com o pico da saciedade percebida, é plausível que ocorra um menor interesse por esses sabores específicos neste intervalo, como resultado de múltiplos mecanismos fisiológicos integrados.

5.2 Estudo do produto em pó

5.2.1 Determinação do produto em pó através da análise de rendimento

O rendimento do pó é um parâmetro indispensável para determinar a eficácia do processo de secagem por atomização (Arebo *et al.*, 2023). Considerando esta importância,

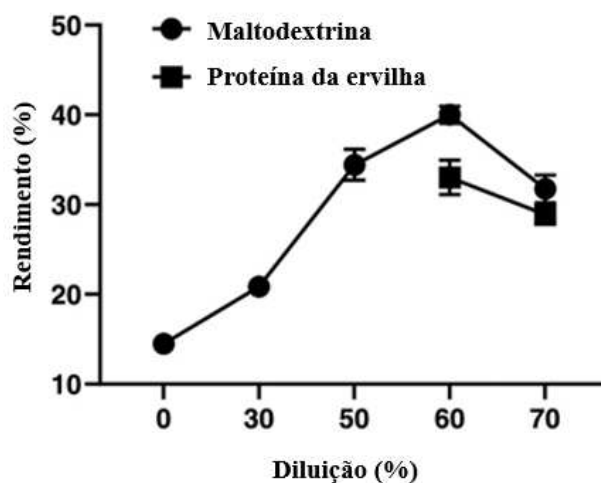
foram investigados os efeitos das condições variáveis de adjuvante e porcentagem de diluição sobre o rendimento do pó. Os resultados são apresentados na Tabela 7 e na Figura 13.

Tabela 7 - Efeitos da maltodextrina (M) e da proteína de ervilha (PE), em diferentes percentuais de diluição, no rendimento do pó

Formulação - Adjuvante (g)	Diluição (%)	Rendimento (%)
Maltodextrina		
M1 – 20g	0	14,49 ± 0,9
M2 – 14g	30	20,85 ± 0,0
M3 – 10g	50	34,43 ± 1,7
M4 – 8g	60	40,01 ± 0,9
M5 – 6g	70	31,74 ± 1,5
M6 – 2g	90	-
Proteína da ervilha		
PE1 – 20g	0	-
PE2 – 14g	30	-
PE3 – 10g	50	-
PE4 – 8g	60	33,03 ± 1,9
PE5 – 6g	70	28,87 ± 1,0
PE6 – 2g	90	-

Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 13 - Efeitos da maltodextrina (M) e da proteína de ervilha (PE), em diferentes percentuais de diluição, no rendimento do pó



Fonte: Autoria própria (2024).

Os resultados indicam que o rendimento variou entre 14,49% e 40,01%, sendo o maior valor obtido com uma diluição de 60% e adição de 10% de maltodextrina (M4). Resultado semelhante foi encontrado por Arebo *et al.* 2023, que ao investigarem a influência de diferentes temperaturas e concentrações de maltodextrina sobre o rendimento de pós de batata doce obtidos por atomização, observaram um rendimento de 41,08% para a formulação processada a 150 °C com 15% de maltodextrina.

Esse melhor rendimento pode ser atribuído às propriedades funcionais da maltodextrina, que favorecem o processo de secagem. Especificamente, esse adjuvante reduz a viscosidade aparente das gotículas, facilitando a atomização e a formação de partículas mais uniformes, o que resulta em uma secagem mais eficiente. Além disso, a maltodextrina eleva a temperatura de transição vítrea (T_g), diminuindo a pegajosidade do pó e reduzindo as perdas por aderência às paredes do equipamento (Vladić *et al.*, 2016).

Por outro lado, a utilização da proteína da ervilha como adjuvante de secagem para a obtenção do produto em pó provou ser inviável. Apesar dos esforços para introduzi-la, em concentrações de 0, 30 e 50% de diluição, as amostras resultantes exibiram viscosidade elevada, o que resultou na obstrução do equipamento e impediu a formação do produto em pó com eficácia. Conforme elucidado por Nesterenko *et al.* (2013), esse comportamento pode ser atribuído à complexidade estrutural da proteína da ervilha, que influencia diretamente as propriedades reológicas da formulação.

Além disso, foi observado que nenhuma amostra com 90% de diluição resultou na formação efetiva de pó, independente do adjuvante utilizado. Tal achado pode ser atribuído ao teor reduzido de sólidos presentes nas soluções, uma vez que, em formulações com alto grau de diluição, a quantidade de sólidos disponível para formar partículas secas após a evaporação da água é insuficiente. Ademais, soluções com baixo teor de sólidos apresentam maior tendência à formação de pós pegajosos, que aderem às paredes da câmara de secagem, reduzindo o rendimento ao final do processo (Sosnik; Seremeta, 2015; Tontul; Topuz, 2017).

Portanto, dado o maior percentual de rendimento, a amostra M4, com diluição de 60% e adição de 10% de maltodextrina, foi selecionada para a investigação das características físico-químicas. As características da M4 antes e após a secagem podem ser visualizadas através da Figura 14.

Figura 14 – Características da amostra M4 antes (a) e após a secagem (b)



Fonte: Autoria própria (2024)

5.2.2 Propriedades físico-químicas do produto em pó

Os resultados referentes à caracterização físico-química da amostra antes de ser submetida à secagem (Sobremesa à Base de Plantas Reconstituída - SBPR) e do produto em pó – M4 (PEP) podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8 – Caracterização físico-química da SBPR e do PEP

PARÂMETROS	SBPR – M4	PEP – M4
Acidez (%)	0,15 ± 0,02 ^b	0,79 ± 0,03 ^a
pH	5,12 ± 0,06 ^b	5,38 ± 0,09 ^a
Umidade (%)	89,39 ± 0,24 ^a	2,81 ± 0,09 ^b
Cinzas (%)	0,18 ± 0,01 ^b	0,51 ± 0,07 ^a
Fibra solúvel (%)	-	1,52 ± 0,42
Fibra insolúvel (%)	-	5,51 ± 1,24
Fibra total (%)	-	6,69 ± 1,61
Lipídios (%)	-	1,46 ± 0,18
Proteínas (%)	-	3,85 ± 0,14
Carboidratos (%)	-	91,37 ± 0,15
kcal/100g	-	119,91 ± 0,14
Aw	0,99 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,02 ^b
Higroscopicidade (%)	-	5,00 ± 0,86

g/mL	Densidade aparente	-	$0,40 \pm 0,00$
	Solubilidade (%)	-	$52,29 \pm 2,94$
	Reidratação (s)	-	$34,57 \pm 0,59$
	L*	$28,73 \pm 0,07^b$	$73,26 \pm 1,24^a$
	a*	$10,69 \pm 0,08^a$	$4,99 \pm 0,21^b$
Cor	b*	$17,84 \pm 0,16^a$	$14,21 \pm 0,22^b$
	C*	$20,80 \pm 0,13^a$	$15,06 \pm 0,27^b$
	H	$59,08 \pm 0,09^b$	$70,62 \pm 0,49^a$

Valores expressos como média \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Fonte: A autoria própria (2024).

Em termos gerais, os resultados das análises mostraram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre a SBPR e o PEP, o que sugere que o processo de secagem provocou alterações na composição do produto.

Os resultados dos parâmetros de acidez (SBPR = $0,15 \pm 0,02$ e PEP = $0,79 \pm 0,03$) e pH (SBPR = $5,12 \pm 0,06$ e PEP = $5,38 \pm 0,09$) indicam que as amostras possuem pH levemente ácido, o que pode ser atribuído à composição da matriz do alimento. O aumento da acidez observado na amostra em pó pode ser justificado pela concentração dos compostos ácidos, fenômeno passível de ocorrer durante o processo de secagem (Abdelhakam *et al.*, 2021). O pH, parâmetro utilizado para medir a acidez ou alcalinidade dos alimentos, representa um fator importante para a estabilidade destes, desta forma, os resultados sugerem que o PEP apresenta uma certa resistência ao acesso de microrganismos indesejáveis (Toniazzi *et al.*, 2023).

Os valores de umidade e A_w , por sua vez, foram drasticamente reduzidos após o procedimento de secagem. Na SBPR os valores eram de $88,62 \pm 2,47$ e $0,99 \pm 0$, respectivamente, enquanto que os do PEP foram de $3,68 \pm 1,87$ e $0,24 \pm 0,02$. Resultados semelhantes foram encontrados por Samborska *et al.* (2024), que ao avaliarem os mesmos parâmetros em bebidas vegetais em pó, obtiveram os valores entre 1,3–5,2% para umidade e 0,079–0,259 para A_w .

Conforme Troller e Christian (1978), a redução da atividade de água para valores abaixo de 0,6 confere ao produto uma estabilidade microbiológica satisfatória, já que a maioria dos microrganismos não consegue se desenvolver nessas condições. Desta forma, os resultados obtidos no presente estudo apontam a eficácia da secagem no que tange ao desenvolvimento de

produtos com o tempo de vida útil mais prolongado, já que teores mais reduzidos de umidade e A_w implicam em alimentos com menor perecibilidade.

Já o teor de cinzas do pó ($0,51 \pm 0,07$), apesar de baixo, foi maior que o da SBPR ($0,18 \pm 0,01$), indicando que após a secagem houve um aumento da concentração da matéria inorgânica do produto.

Acerca da concentração de macronutrientes, o PEP apresentou um alto conteúdo de carboidratos, com um valor médio de $91,37 \pm 0,15$. Neste contexto, o elevado teor pode ser atribuído, em grande parte, à presença natural dos carboidratos nas matérias-primas utilizadas, como arroz integral, quinoa, batata doce e grão-de-bico, cujos ingredientes são conhecidos pela rica composição em carboidratos complexos, os quais contribuem significativamente para a formação do perfil nutricional (Slavin, 2013).

Em relação ao teor de proteínas, o PEP apresentou $3,85 \pm 0,14\%$. A maior parte deste conteúdo provém da presença da quinoa e do grão-de-bico, duas fontes vegetais altamente valorizadas pela qualidade da composição proteica (Agarwal *et al.*, 2023; Grasso *et al.*, 2022).

Na literatura, a quinoa é reconhecida como uma fonte completa de proteínas por conter todos os aminoácidos essenciais na sua composição (Manzanilla-Valdez *et al.*, 2024; Mota *et al.*, 2016). Dada a relevância, Romano *et al.* realizaram uma comparação entre a estrutura proteica da farinha da quinoa não desidratada (controle) e os pós de quinoa obtidos por pulverização sob diferentes temperaturas (150° , 160° , 170° e 180°), com o objetivo de investigar os efeitos da secagem sobre este parâmetro. Os resultados obtidos pelos autores demonstraram que todas as amostras obtidas apresentaram mais de 80% de similaridade estrutural proteica em relação à amostra controle, indicando que a secagem por pulverização em diferentes condições não afetou drasticamente esta característica do produto.

A análise do teor de lipídios revelou um valor de $1,46 \pm 0,18\%$, refletindo a baixa concentração deste macronutriente nas matérias-primas utilizadas na formulação do PEP. Essa característica é favorável pois o baixo conteúdo lipídico contribui para uma maior estabilidade oxidativa do pó durante o armazenamento, fato que amplia o tempo de vida útil do produto (Halim *et al.*, 2024). Além disso, há também vantagens dos pontos de vista mercadológico e nutricional, pois a demanda por alimentos com reduzido teor lipídico encontra-se em ascensão devido à conscientização crescente dos consumidores sobre a relação entre a ingestão excessiva de gorduras e o desenvolvimento de doenças crônicas (Gao *et al.*, 2024).

Sobre o perfil de fibras, o PEP apresentou $1,52 \pm 0,42\%$ de fibras solúveis, $5,51 \pm 1,24\%$ de fibras insolúveis, e $6,69 \pm 1,61\%$ de fibras totais. Esse conteúdo é comparável ao reportado por Romano *et al.* (2020), que encontraram 7,8% de fibras totais em um pó de quinoa,

evidenciando o satisfatório aporte no produto desenvolvido. O conteúdo de fibras contribui consideravelmente para a qualidade nutricional do produto, uma vez que diversos estudos associam o seu consumo a um melhor controle glicêmico, redução da resistência à insulina, controle do nível do IMC e bom funcionamento do trato gastrointestinal (Giuntini; Sardá; Menezes, 2022; Mao *et al.*, 2021; Xie *et al.*, 2021). Sendo, portanto, importantes aliadas na redução do risco de doenças crônicas como diabetes mellitus, doenças cardiovasculares, obesidade, câncer de cólon e inflamações (Alahmari, 2024).

No que concerne à densidade energética, o PEP apresentou um valor de 119,91 kcal por 100g, o que equivale a 1,2 kcal/g. Esse índice o caracteriza como um produto de baixa densidade energética, segundo os critérios definidos pelo relatório conjunto do *World Cancer Research Fund* e do *American Institute for Cancer Research* (2007), que propõem uma faixa entre 0,6 e 1,5 kcal/g para que o alimento possa ser inserido nesta categoria. Dentro dessa faixa, enquadram-se as frutas, algumas carnes magras, leguminosas, cereais, sopas à base de grãos e pratos com vegetais. Com base nisso, a inclusão do PEP nessa classificação reforça seu potencial como alternativa nutricionalmente equilibrada, especialmente em estratégias voltadas à prevenção e controle de doenças crônicas.

5.2.2.1 Higroscopicidade, densidade aparente, solubilidade e tempo de reidratação do PEP

Acerca do parâmetro de higroscopicidade de produtos em pó, é possível encontrar na literatura diferentes faixas de valores que o consideram como ideal (GEA Niro Research Laboratory, 2003; Nurhad; Andoyo e Indarto, 2012). No entanto, é unânime que valores mais baixos são preferíveis, uma vez que pós com alta higroscopicidade possuem a capacidade de absorver água do ambiente e, conseqüentemente, de apresentar característica pegajosa (Tonon; Brabet; Hubinger, 2008).

A Tabela de Padrões Higroscópicos proposta pelo *GEA Niro Research Laboratory* (2003) preconiza que produtos em pó que apresentam percentual de higroscopicidade abaixo de 10% são considerados não higroscópicos. Deste modo, é possível afirmar que o resultado para este parâmetro, obtido neste estudo, é satisfatório, cujo valor foi de 5%.

Resultado menos satisfatório foi obtido por Arebo *et al.* (2023), que produziram pós de batata doce com higroscopicidade mínima de 11,67% e máxima de 16,68%, sob os parâmetros de 150°C de temperatura, 10 ml/min de vazão de alimentação e concentração de 15% de maltodextrina (para a mínima), e 190 °C de temperatura, 20 ml/min de vazão de alimentação e 5% de maltodextrina (para a máxima).

A densidade aparente de um pó corresponde à razão entre sua massa e o volume que ele ocupa. De acordo com Abdullah e Geldart (1999), esse parâmetro também pode ser definido como a quantidade de material que pode ser acomodada em um determinado espaço, considerando sua compactação natural. Neste estudo, o PEP apresentou uma densidade aparente de $0,40 \pm 0,00$ g/mL, valor que se encontra dentro da faixa observada para pós de laranja obtidos por pulverização ($0,14 - 0,41$ g/mL) (Goula e Adamapoulos, 2010), e inferior aos encontrados no pó de grão-de-bico ($0,46 \pm 0,003$ g/mL) e de arroz ($0,577 \pm 0,005$) (Düsenberg *et al.*, 2023).

O resultado obtido neste estudo indica que o PEP apresenta baixa densidade aparente (Diana *et al.*, 2025). Segundo Goula e Adamapoulos (2008) e Shrestha *et al.* (2007) essa característica pode ser vantajosa, pois pós com alta densidade aparente apresentam a tendência de serem pegajosos, portanto, as partículas tendem a se agregar, deixando menos espaços intersticiais entre si, resultando, conseqüentemente, em um menor volume aparente. Por outro lado, Diana *et al.* (2025) esclarecem que, em termos de armazenamento, pós com baixa densidade aparente apresentam desvantagem, pois indicam que necessitam de embalagens maiores para serem acondicionados.

A baixa densidade aparente observada pode ter sido influenciada pela temperatura utilizada durante a secagem e pela utilização da maltodextrina como adjuvante. Tal afirmação baseia-se no fato de que temperaturas mais altas proporcionam taxas de evaporação mais rápidas, gerando produtos secos com características estruturais mais porosas ou fragmentadas. Além disso, o uso da maltodextrina também pode ter contribuído, pois esse agente é capaz de minimizar a adesão de partículas termoplásticas e de promover um aumento de ar retido às partículas, formando espécies de “bolhas”, uma vez que é um material formador de película. Desta forma, o pó obtido aparenta ter maior volume (Goula; Adamapoulos, 2010; Kwapinska; Zbicinski, 2005).

Acerca da análise da solubilidade, Shishir e Chen (2017) esclarecem que é um parâmetro fundamental a ser investigado em produtos em pó, pois avalia a capacidade de dissolução destes quando adicionados em água. Desta forma, quanto maior o percentual de solubilidade de um produto, melhor a sua reconstituição em água ou em outros líquidos.

No presente estudo, a solubilidade do PEP foi de $52,29 \pm 2,94\%$, percentual maior que os encontrados por Arebo *et al.* (2023), que ao desenvolverem pós de batata doce por pulverização, obtiveram resultados que variaram de 15,36% a 30,15%; sendo o menor valor obtido após a secagem sob temperatura de 150 °C, vazão de alimentação de 20 ml/min, e concentração de 5% de maltodextrina, e o maior valor obtido através da temperatura de 190 °C, vazão de alimentação de 15 ml/min, e 10% de maltodextrina.

Neste contexto, é importante destacar que a capacidade de dissolução em meio aquoso representa um processo complexo que é influenciado significativamente por uma variedade de fatores. Estes incluem as características inerentes às matérias-primas, o tipo de substâncias veiculadoras empregadas no método de secagem, além das características específicas dos pós, como o teor de umidade, e a dimensão e condição física das partículas (Cano-chauca *et al.*, 2005; Caparino *et al.*, 2012).

Atrrelado à solubilidade, o tempo de reidratação é outro parâmetro importante para avaliar a qualidade de produtos em pó que devem ser reconstituídos antes do seu consumo (García-Pascual *et al.*, 2006). Conforme Schulnies *et al.* (2022), é importante e desejável que alimentos em pó apresentem um tempo de reidratação reduzido, uma vez que a dissolução demorada ou inadequada pode interromper significativamente o processamento do alimento e comprometer a satisfação do consumidor.

O tempo de reidratação do PEP ($34,57 \pm 0,59$ segundos) foi consideravelmente inferior ao reportado por outros estudos. Goula e Adamapoulos (2010) investigaram as características do pó concentrado de sumo de laranja e observaram tempos de reidratação variando entre 77 e 200 segundos. Da mesma forma, Nunu; Ahmad e Liputo (2024) relataram o tempo mínimo de reidratação de 131,4 segundos para uma formulação de mingau de milho instantâneo.

O tempo de reidratação de pós pode ser influenciado por diversos fatores, incluindo características inerentes à matéria-prima, a temperatura de secagem e os adjuvantes utilizados no processo. A temperatura do ar de secagem, por exemplo, afeta o tamanho das partículas formadas, sendo que temperaturas mais altas tendem a gerar partículas maiores, o que pode reduzir o tempo necessário para a reidratação (Walton, 2000). De acordo com Goula e Adamapoulos (2010), partículas maiores tendem a afundar rapidamente na água, enquanto as menores são mais leves, podendo permanecer suspensas e dispersas na superfície, o que resulta em umedecimento desigual e dificuldades na reconstituição do pó.

Além disso, o tipo e a concentração de adjuvantes, como a maltodextrina, também desempenham um papel importante. A maltodextrina é altamente solúvel em água e frequentemente utilizada na secagem por pulverização devido às suas propriedades físicas favoráveis à reidratação (Cano-Chauca *et al.*, 2005; Grabowski, Truong e Daubert, 2006). Desta forma, a combinação desses fatores pode ter influenciado a velocidade e a eficiência do processo de reidratação do PEP.

5.2.2.2 Cor

Com relação aos parâmetros colorimétricos, foi evidenciado que a SBPR apresenta uma luminosidade reduzida ($L^* = 28,73 \pm 0,07$), cujo resultado indica uma matriz substancialmente mais escura. Em contraste, o PEP exibiu uma luminosidade elevada ($L^* = 73,26 \pm 1,24$), sugerindo uma alteração significativa na reflexão luminosa após o procedimento de secagem.

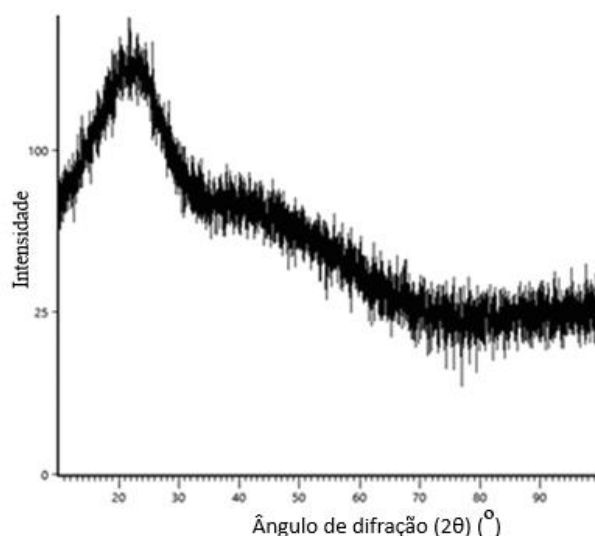
Sobre os resultados obtidos para o parâmetro de a^* , ambas amostras demonstraram valores positivos, indicando a presença de tons vermelhos, sendo o tom mais intenso na SBPR ($10,69 \pm 0,08$) que no PEP ($4,99 \pm 0,21$). Do mesmo modo, as amostras apresentaram valores positivos para o parâmetro de b^* , sugerindo a presença de tons amarelos mais fortes na SBPR ($17,84 \pm 0,16$) em comparação ao pó ($14,21 \pm 0,22$). Padilha *et al.* (2010) elucidam que a combinação de resultados positivos destas coordenadas (a^* e b^*) culmina em uma coloração marrom que é típica de alimentos à base de cacau e seus derivados.

Em termos de cromaticidade, a SBPR manifestou uma saturação de cor mais pronunciada ($C^* = 20,80 \pm 0,13$), sendo um croma superior ao do PEP ($C^* = 15,06 \pm 0,27$), corroborando com a intensidade visualmente percebida da cor. O ângulo de tonalidade (H), por sua vez, indicou que a SBPR apresenta uma tendência para uma cor mais equilibrada entre vermelho e amarelo ($59,08 \pm 0,09$), enquanto que o pó se inclinou mais para o amarelo ($70,62 \pm 0,49$).

5.2.2.3 Difração de Raios-X

A difração de raios-X é uma técnica amplamente empregada na caracterização estrutural de alimentos em pó, permitindo a distinção entre fases cristalinas e amorfas presentes no material (Ukkunda *et al.*, 2024). O difratograma de raios-X do PEP é apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Difratoograma de raios-X do PEP



Fonte: Dados da pesquisa; difratograma gerado no HighScore Plus® (2023).

De acordo com Arebo *et al.* (2023), um produto cristalino tende a exibir uma série de picos altos, em contrapartida, uma matéria amorfa demonstra um amplo padrão de fundo. Desta forma, ao observar o difratograma, torna-se perceptível que o PEP não apresentou picos cristalinos consideráveis, demonstrando apenas um pico amplo em aproximadamente $25^\circ 2\theta$, sendo considerado, portanto, de natureza amorfa. Resultado semelhante foi encontrado por Dankar *et al.* (2018), que investigaram a cristalinidade do pó de batata e identificaram apenas um pico amplo centrado em aproximadamente 16° , o que o caracteriza como amorfo. Do mesmo modo, Zhang *et al.* (2023) encontraram apenas halos amorfos em uma fórmula láctea infantil em pó.

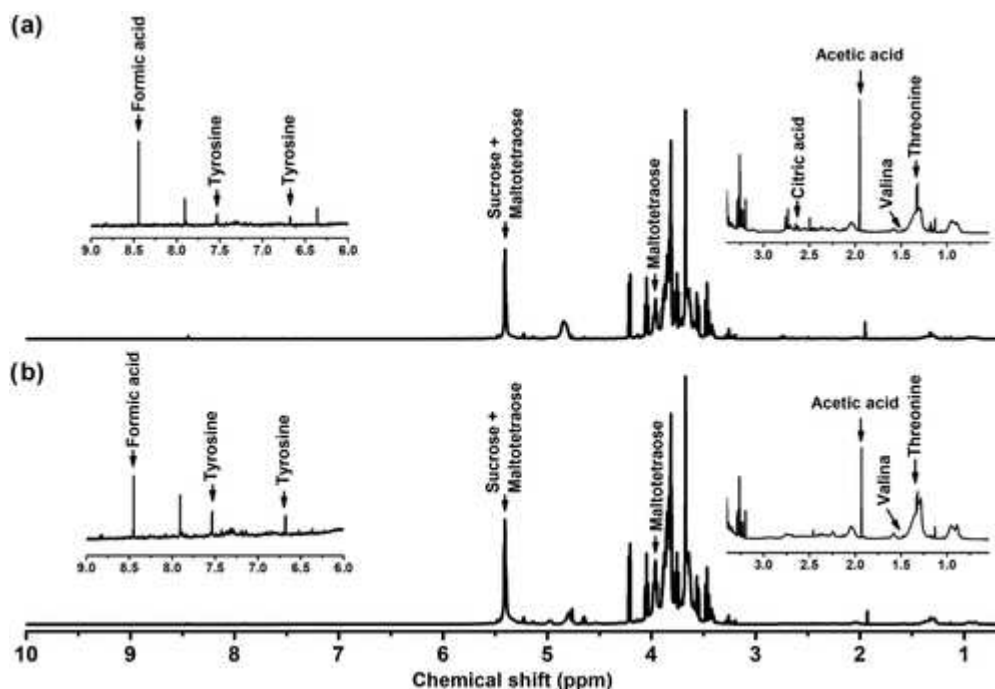
A predominância da estrutura amorfa em produtos em pó é vantajosa do ponto de vista tecnológico, pois alimentos com essa natureza apresentam maior solubilidade e estabilidade frente à umidade, características desejáveis sobretudo para sistemas alimentares reconstituíveis (Ho; Truong; Bhandari, 2017; Seibel; Kato; Lima, 2022).

É importante salientar que as características da matéria-prima que compõe o produto, bem como, o tipo de tratamento pelo qual ele foi submetido, podem influenciar na estrutura. Segundo Fu, Wang e Adhikari (2012), produtos que contêm amido (como o pó investigado no presente estudo) podem ter o grau de cristalinidade comprometido ao passar por diversos tipos de processos, a exemplo da secagem por pulverização, a qual é capaz de promover uma alteração na estrutura ordenada dos grânulos de amido tornando-o amorfo (Laovachirasuwan *et al.*, 2010).

5.2.2.4 Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

A espectroscopia de RMN foi utilizada para a identificação e quantificação dos compostos orgânicos da SBPR e do PEP. A Figura 16 apresenta o espectro de RMN de ^1H (δ 0,8–6,0) das amostras solubilizadas em água deuterada (D_2O), com regiões ampliadas relacionadas a alguns ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos e açúcares. Os dados dos componentes identificados foram comparados com informações disponíveis em bases de dados de acesso aberto (www.hmdb.ca) e relatórios da literatura (Rodrigues, 2020).

Figura 16 - Espectros de ^1H RMN da SBPR (a) e do PEP (b).



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Conforme ilustrado na Figura 16, o espectro de RMN de ^1H das amostras revelou um perfil químico complexo, com predominância de sinais compatíveis com açúcares como maltotetraose e sacarose. Em torno de 1,0 a 1,5 ppm, são perceptíveis sinais compatíveis com os grupamentos de aminoácidos de cadeia ramificada, como treonina e valina. Ademais, alguns compostos orgânicos como tirosina, ácidos acético, cítrico e fórmico também foram detectados em menores concentrações.

A maltotetraose é um oligossacarídeo composto por quatro unidades α -D-glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo α -1,4. Trata-se de um sacarídeo com baixo poder adoçante quando comparado à sacarose. Essa característica, aliada à sua resistência à

retrogradação, faz com que ela seja amplamente utilizada nas indústrias alimentícia e farmacêutica. Na indústria alimentícia, particularmente, fontes de maltotetraose são aplicadas para intensificar propriedades funcionais de alimentos como produtos em pó, fórmulas lácteas, dietas líquidas e bebidas (Kimura; Nakakuki, 1990). A presença da maltodextrina nas amostras provavelmente contribuiu para a detecção da maltotetraose, um dos principais constituintes de sua composição (Joyet *et al.*, 2017). Ademais, esse componente também pode ter sido obtido pela degradação do amido presente nos ingredientes vegetais (Ratanakhanokchai *et al.*, 1992).

A sacarose, por sua vez, é um dissacarídeo composto por glicose e frutose, presente naturalmente em alimentos vegetais, nos quais exerce importante função sensorial ao conferir sabor doce e agradável (Grande; Anderson; Keys, 1974). Desta forma, tanto os ingredientes vegetais presentes nas amostras quanto o açúcar adicionado contribuíram para a detecção deste componente.

Além disso, é importante destacar a presença da treonina, um aminoácido essencial que desempenha um papel crucial na manutenção de um equilíbrio proteico adequado no organismo. Este aminoácido suporta várias funções corporais, incluindo a formação de ossos saudáveis, colágeno, elastina e dentes, além de contribuir para o funcionamento do sistema imunológico (Lisnahan; Nahak, 2019).

A Tabela 9 descreve os resultados quantitativos, corroborando a maior concentração dos componentes supracitados.

Tabela 9 – Compostos orgânicos identificados na SBPR e no PEP

COMPOSTOS ORGÂNICOS mg/mL	SBPR	PEP – M4
Valina	0,00531 ± 0,00	0,01636 ± 0,00
Treonina	0,08505 ± 0,00	0,22676 ± 0,01
Ácido Acético	0,02630 ± 0,00	0,04336 ± 0,00
Ácido Cítrico	0,07541 ± 0,00	-
Sacarose	3,79287 ± 0,17	1,01673 ± 0,29
Maltotetraose	2,62 ± 0,05	9,11 ± 0,07
Tirosina	0,00354 ± 0,00	0,02716 ± 0,00
Ácido Fórmico	0,00664 ± 0,00	0,01120 ± 0,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os resultados quantitativos sugerem alterações da composição após a secagem por atomização, provavelmente em função do tratamento térmico realizado. Na SBPR, observa-se

predominância de sacarose ($3,79287 \pm 0,17$ mg/mL), enquanto que no PEP houve uma redução da concentração ($1,01673 \pm 0,29$ mg/mL), sugerindo uma instabilidade térmica desse dissacarídeo (Huang *et al.*, 2016). Acontecimento semelhante foi relatado em um estudo conduzido por Veja, Goff e Ross *et al.* (2006), no qual o teor de sacarose foi reduzido de 41,8%, em uma mistura para sorvete, para 11,4%, no pó obtido por *spray drying*.

Por outro lado, o PEP apresentou um acúmulo de maltotetraose ($9,11 \pm 0,07$ mg/mL), quando comparado à amostra antes da secagem ($2,62 \pm 0,05$). Esse aumento da concentração de maltotetraose pode ter sido originado em decorrência da hidrólise térmica do amido presente nas matérias-primas vegetais, induzida pela temperatura da secagem (Feng *et al.*, 2024). Adicionalmente, a redução do teor de água durante o processamento térmico pode ter favorecido a concentração desse oligossacarídeo na matriz final, fenômeno comum em alimentos submetidos a técnicas de desidratação (Tiwari; Sardar, 2020).

Particularmente, a maltotetraose possui benefícios tecnológicos que fazem com que o aumento obtido seja positivo. Segundo Kimura; Nakakuki (1990), esse oligossacarídeo contribui para a digestibilidade de alimentos, permite o desenvolvimento de produtos com perfil de sabor mais equilibrado, atua como agente preventivo da higroscopicidade e do escurecimento do alimento, melhora a textura e prolonga o tempo de vida útil. Do ponto de vista nutricional, há estudos que a associam com atividade antimicrobiana, e de apoio à saúde intestinal e cardiovascular (Kimura; Nakakuki, 1990; Li *et al.*, 2021; Shin *et al.*, 2016).

Além dos carboidratos, a presença de aminoácidos foi confirmada, conferindo valor nutricional à formulação. Treonina, valina e tirosina foram identificadas com concentrações mais elevadas no PEP, destacando-se a treonina ($0,22676 \pm 0,01$ mg/mL) como o aminoácido mais abundante. A maior concentração observada no PEP sugere que o processo de secagem preservou, ou até favoreceu, a retenção dos aminoácidos.

Acerca dos ácidos identificados, é possível observar que os ácidos acético e fórmico apresentaram maiores concentrações no PEP. Em contraste, a presença do ácido cítrico foi detectada apenas na SBPR ($0,07541 \pm 0,00$ mg/mL), sugerindo uma provável volatilização ou degradação durante o processo de secagem, uma vez que este composto apresenta baixa estabilidade térmica (Podsdek, 2007).

De forma geral, a análise de RMN evidenciou a presença de carboidratos, aminoácidos e ácidos orgânicos nas formulações analisadas, com modificações importantes após a secagem por atomização. Esses achados reforçam a importância do estudo das características dos alimentos antes e após a aplicação de métodos de processamento, uma vez

que tais intervenções podem influenciar diretamente tanto o valor nutricional quanto a funcionalidade tecnológica do produto final.

5.2.2.5 Atividade antioxidante

O PEP apresentou uma atividade antioxidante de $99,36 \pm 0,17\%$, o que pode ser atribuído à elevada concentração de compostos fenólicos na matéria-prima. Além disso, a utilização de maltodextrina como agente carreador e os parâmetros de secagem empregados provavelmente contribuíram para a preservação dos compostos antioxidantes.

Estudos anteriores sobre a capacidade antioxidante de pós obtidos por secagem por pulverização, especialmente com adição de maltodextrina, demonstraram sua eficácia na retenção de compostos fenólicos e flavonoides, garantindo elevada atividade antioxidante em diversas matrizes, como cascas de amendoim, sementes de linhaça e suco de bergamota (Akbarbaglu *et al.*, 2019; Demircan, Velioglu e Giuffrè, 2023; Do Valle Calomeni *et al.*, 2017). Acredita-se que o encapsulamento com maltodextrina durante o processo de secagem protege os compostos antioxidantes, garantindo uma maior retenção e estabilidade destes (Fenoglio *et al.*, 2021; Talón *et al.*, 2019).

Além disso, a influência da temperatura de entrada do secador sobre a atividade antioxidante dos pós também tem sido amplamente investigada. Estudos indicam que temperaturas em torno de 150–160 °C, consistentes com os parâmetros utilizados neste estudo (160 °C), favorecem a preservação dos compostos antioxidantes, especialmente quando associadas à presença de maltodextrina (Akbarbaglu *et al.*, 2019; Demircan, Velioglu e Giuffrè, 2023; Do Valle Calomeni *et al.*, 2017; Fenoglio *et al.*, 2021; Nguyen, 2024; Talón *et al.*, 2019).

5.2.3 Potenciais aplicações do PEP na indústria alimentícia

Alimentos em pó apresentam diversas vantagens tecnológicas e funcionais que os tornam particularmente interessantes para a indústria alimentícia. Dentre as principais vantagens, destacam-se a praticidade de preparo, o longo tempo de vida útil, a facilidade de transporte e armazenamento, bem como, a possibilidade de enriquecimento nutricional de outros alimentos. Além disso, esses produtos costumam ser altamente versáteis, o que permite sua incorporação em diversas matrizes alimentares e a reconstituição em líquidos (Ren; Jia; Li, 2024; Ueda *et al.*, 2023).

Considerando que o PEP desenvolvido apresentou atributos como composição satisfatória, atividade antioxidante, baixa umidade e atividade de água, característica não higroscópica, boa solubilidade e reduzido tempo de reidratação, viu-se, à princípio, um elevado potencial para o desenvolvimento de uma bebida em pó para reconstituição (Pereira *et al.*, 2024) (ANEXO B). Todavia, tais características ampliam seu potencial de aplicação em uma gama de categorias de alimentos.

Neste contexto, acredita-se que a incorporação do PEP em produtos de panificação, como bolos, pães, biscoitos e *brownies* representa uma alternativa promissora. Corroborando essa perspectiva, Salehi e Aghajanzadeh (2020) destacam que bolos são alimentos amplamente consumidos em diversas culturas e o seu enriquecimento com pós vegetais constitui uma estratégia viável para melhorar o valor nutricional desses produtos e contribuir para a promoção da saúde de muitas pessoas.

De fato, Bhat e Bhat (2013) desenvolveram um bolo enriquecido com pó de abóbora e perceberam melhoras no conteúdo de β -caroteno, fibra bruta, umidade e cinzas, indicando um potencial aumento no valor nutricional do produto. Do ponto de vista tecnológico, Salehi *et al.* (2016) avaliaram a influência da adição de diferentes concentrações de pó de cenoura em bolos e constataram que, na proporção de 10%, houve redução nos parâmetros de dureza, mastigabilidade e gomosidade, contribuindo para uma textura mais macia e agradável ao consumo.

Ainda dentro dessa categoria, Roberts *et al.* (2018) ressaltam que o pão de trigo é um alimento básico amplamente consumido em todo o mundo e que sua reformulação visando melhorias nutricionais tem grande potencial para impactar positivamente a saúde pública. Nesse contexto, Bajka *et al.* (2021) demonstraram que a substituição da farinha de trigo por pó de grão-de-bico em uma receita convencional de pão resultou em uma resposta glicêmica significativamente mais favorável em comparação ao pão branco tradicional. Adicionalmente, os autores destacam que esse efeito foi obtido sem comprometer a textura, aparência e palatabilidade do produto final.

Soltan *et al.* (2023), por sua vez, investigaram os efeitos da substituição parcial da farinha de trigo por pó de casca de batata na formulação de pão, utilizando um modelo experimental com ratos albinos portadores de hiperlipidemia induzida. Os resultados evidenciaram que a substituição de 12% de farinha de trigo pelo pó promoveu uma redução dos níveis de triglicerídeos hepáticos, do colesterol total, da glicemia e do estresse oxidativo, acompanhada de um aumento da lipoproteína de alta densidade (HDL-c).

Ademais, o sabor de cacau e o perfil doce, aliados à composição nutricional e à rápida reconstituição, fazem do PEP um produto promissor para ser empregado em sobremesas como *mousses*, *flans*, sorvetes ou papas doces. A baixa densidade calórica e o reduzido teor de gorduras observados na formulação sugerem, ainda, sua aplicação como base para *shakes*, voltados tanto ao público esportivo quanto a estratégias alimentares associadas ao controle de peso. Além disso, a presença de fibras e compostos bioativos identificados amplia seu potencial como ingrediente funcional, capaz de agregar valor nutricional e sensorial a formulações saudáveis e tecnológicas.

Em suma, os resultados obtidos evidenciam o potencial do PEP como um ingrediente inovador e versátil para a indústria alimentícia. Inicialmente desenvolvido como uma sobremesa à base de plantas, sua conversão para a forma em pó ampliou consideravelmente as possibilidades de aplicação, permitindo seu uso em uma variedade de produtos. Ademais, seu perfil nutricional, baixo teor calórico e isenção de glúten e lactose conferem ao PEP um caráter democrático, adequado a diferentes públicos, incluindo portadores de doença celíaca e de intolerância à lactose, vegetarianos, esportistas e indivíduos em busca de alimentação saudável.

No entanto, embora os resultados preliminares sejam promissores, são necessários estudos adicionais que avaliem a viabilidade tecnológica do PEP em diferentes matrizes alimentares, bem como, análises sensoriais que confirmem a aceitação do produto final pelo consumidor.

6 CONCLUSÃO

A análise da resposta glicêmica evidenciou que a solução de glicose promoveu elevações significativamente superiores em comparação com a SBP e a SLC, apresentando similaridade com a SLC nos tempos de 15, 90 e 120 minutos. Entre as sobremesas, embora as respostas glicêmicas tenham sido semelhantes na maioria dos tempos avaliados, a SBP induziu uma glicemia significativamente inferior aos 90 minutos, sugerindo um retorno mais precoce aos níveis basais.

A determinação do índice glicêmico e da carga glicêmica demonstrou que ambas as sobremesas apresentam elevado IG e moderada CG, com a SBP apresentando os menores impactos. Nesse sentido, considera-se relevante a substituição do açúcar adicionado na SBP por fontes com menor impacto glicêmico, visando à melhoria desse desfecho.

Os resultados relativos ao perfil de saciedade, por sua vez, demonstraram que a SBP promoveu maior sensação de saciedade e plenitude, além de menor fome e menor desejo por alimentos salgados e saborosos. Desta forma, a SBP apresenta potencial para ser inserida em contextos que visem a promoção da saciedade e a modulação dos desejos alimentares, aspectos essenciais em intervenções direcionadas ao controle e manutenção do peso.

As análises de regressão linear e correlação de Pearson revelaram forte associação entre os níveis glicêmicos pós-prandiais e os marcadores subjetivos clássicos de saciedade e apetite, bem como, com o interesse por sabores específicos, sugerindo que a glicemia, aliada a outros sinais metabólicos, produz efeitos sobre essas percepções.

Para a conversão da sobremesa em um produto em pó obtido por atomização, foi investigado o rendimento de diferentes formulações. Dentre as formulações analisadas, a amostra M4, contendo 60% de diluição e 10% de maltodextrina apresentou o melhor desempenho, ao passo que o uso da proteína da ervilha como adjuvante se mostrou inviável.

A caracterização físico-química evidenciou que o processo de secagem promoveu alterações na composição e nas propriedades funcionais do alimento. A redução da umidade e da A_w , principalmente, comprova a eficácia da atomização na obtenção de alimentos com maior estabilidade microbiológica e maior tempo de vida útil.

Do ponto de vista nutricional, destaca-se o conteúdo de carboidratos complexos e fibras, além do baixo teor de lipídios e reduzida densidade energética. Quanto às propriedades tecnológicas, o PEP demonstrou baixa higroscopicidade, reduzida densidade aparente, estrutura amorfa, solubilidade aceitável e rápido tempo de reidratação, características satisfatórias e desejadas para produtos em pó.

A análise de RMN demonstrou a presença de carboidratos, aminoácidos essenciais e ácidos orgânicos, tanto na SBPR quanto no PEP, com alterações quantitativas atribuídas ao processo de secagem, como a redução da sacarose e o aumento da maltotetraose, além da preservação e concentração dos aminoácidos.

A atividade antioxidante observada no PEP foi considerada elevada, indicando que os compostos bioativos foram preservados mesmo após o processo de secagem, o que contribui para a funcionalidade nutricional do alimento.

Em suma, a SBP apresentou melhores efeitos principalmente sobre os parâmetros de saciedade e modulação dos desejos alimentares, e sua conversão em um PEP expandiu as possibilidades de aplicação do alimento, permitindo sua incorporação em diversas categorias de produtos, tanto líquidos quanto sólidos. O perfil nutricional, a ausência de glúten e lactose, a boa estabilidade e a facilidade de reconstituição reforçam o potencial mercadológico do PEP. No entanto, estudos complementares são necessários para avaliar sua viabilidade tecnológica em diferentes matrizes e a aceitação do consumidor final.

REFERÊNCIAS

- ABDELHAKAM, K. E. K.; ALHADY, A. T. A. A.; OSMAN, F. H.; ALDAWIBRAHIM, I. Effect of dryer & drying methods and production time on the quality and safety of dried yoghurt during storage. **Proceeding ICMA-SURE**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 58-70, 2021.
- ABDULLAH, E. C.; GELDART, D. The use of bulk density measurements as flowability indicators. **Powder technology**, [s.l.], v. 102, n. 2, p. 151-165, 1999.
- ADEYEYE, S. A. O.; ASHAOLU, T. J.; BABU, A. S. Food drying: A review. **Agricultural Reviews**, [s.l.], v. 1, n. 8, 2022.
- ADRIANO, A. F. **Obtenção de polpa de manga em pó das variedades kent e keitt pelo processo de spray-drying**. 2019. 138f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- AGARWAL, A.; RIZWANA; TRIPATHI, A. D.; KUMAR, T.; SHARMA, K. P.; PATEL, S. K. S. L. Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds. **Antioxidants**, [s.l.], v. 12, n. 7, p. 1413, 2023.
- AKBARBAGLU, Z.; JAFARI, S. M.; SARABANDI, K.; MOHAMMADI, M.; HESHMATI, M. K.; PEZESHKI, A. Influence of spray drying encapsulation on the retention of antioxidant properties and microstructure of flaxseed protein hydrolysates. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [s.l.], v. 178, p. 421-429, 2019.
- ALAHMARI, L. A. Dietary fiber influence on overall health, with an emphasis on CVD, diabetes, obesity, colon cancer, and inflammation. **Frontiers in Nutrition**, [s.l.], v. 11, p. 1510564, 2024.
- ALAM, M. K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 115, p. 512-529, 2021.
- ALAM, M. K.; RANA, Z. H.; ISLAM, S. N. Comparison of the proximate composition, total carotenoids and total polyphenol content of nine orange-fleshed sweet potato varieties grown in Bangladesh. **Foods**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 64, 2016.
- ALAM, M. K.; SAMS, S.; RANA, Z. H.; AKHTARUZZAMAN, M.; ISLAM, S. N. Minerals, vitamin C, and effect of thermal processing on carotenoids composition in nine varieties orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 92, p. 103582, 2020.
- AL-HILPHY, A. R.; GAVAHIAN, M.; BARBA, F. J.; LORENZO, J. M.; AL-SHALAH, Z. M.; VERMA, D. K. Drying of sliced tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) by a novel halogen dryer: Effects of drying temperature on physical properties, drying kinetics, and energy consumption. **Journal of Food Process Engineering**, [s.l.], v. 44, n. 3, p. e13624, 2021.

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food chemistry**, [s.l.], v. 119, n. 2, p. 770-778, 2010.

ALVES FILHO, E. G.; SOUSA, V. M.; RODRIGUES, S.; DE BRITO, E. S.; FERNANDES, F. A Green ultrasound-assisted extraction of chlorogenic acids from sweet potato peels and sonochemical hydrolysis of caffeoylquinic acids derivatives. **Ultrasonics sonochemistry**, [s.l.], v. 63, p. 104911, 2020.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction**. AOCS Standard Procedure, p. 5-04, 2005.

AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18^a ed., rev. 3. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2010.

AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20^a ed., Rockville, MD: AOAC International, 2016.

AREBO, M. A.; FEYISA, J. D.; Tafa, K. D.; SATHEESH, N. Optimization of spray-drying parameter for production of better quality orange fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) powder: Selected physiochemical, morphological, and structural properties. **Heliyon**, [s.l.], v. 9, n. 1, 2023.

ARSHA, R. S.; RASANE, P.; SINGH, J. Rice: Bioactive compounds and their health benefits. **The Pharma Innovation Journal**, [s.l.], v. 10, n. 10, p. 845-853, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA. **Diretrizes brasileiras de obesidade**. 4. ed. São Paulo: ABESO, 2016. Disponível em: <https://portaldeboaspraticas.iff.fiocruz.br/wpcontent/uploads/2018/05/57fccc403e5da.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. **The Chemical Composition of American Food Materials**. U. S. Department of Agriculture, Office of Experiment Stations; Bulletin n. 28, 1896.

AUGUSTIN, L. S.; KENDALL, C. W.; JENKINS, D. J.; WILLETT, W. C.; ASTRUP, A.; BARCLAY, A. W.; POLI, A. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: an International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). **Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases**, [s.l.], v. 25, n. 9, p. 795-815, 2015.

BAJKA, B. H.; PINTO, A. M.; AHN-JARVIS, J.; RYDEN, P.; PEREZ-MORAL, N.; VAN DER SCHOOT, A.; EDWARDS, C. H. The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants. **Food hydrocolloids**, [s.l.], v. 114, p. 106565, 2021.

BEKIROGLU, H.; GOKTAS, H.; KARAIBRAHIM, D.; BOZKURT, F.; SAGDIC, O. Determination of rheological, melting and sensorial properties and volatile compounds of vegan ice cream produced with fresh and dried walnut milk. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, [s.l.], v. 28, p. 100521, 2022.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. Chenopodium quinoa—an Indian perspective. **Industrial crops and products**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 73-87, 2006.

BHAT, M. A.; BHAT, A. Study on physico-chemical characteristics of pumpkin blended cake. **Journal of Food Processing & Technology**, [s.l.], v. 4, n. 9, p. 4-9, 2013.

BLEKKENHORST, L. C.; SIM, M., BONDONNO, C. P., BONDONNO, N. P.; WARD, N. C.; PRINCE, R. L.; HODGSON, J. M. Cardiovascular health benefits of specific vegetable types: a narrative review. **Nutrients**, [s.l.], v. 10, n. 5, p. 595, 2018.

BLUNDELL, J.; DE GRAAF, C. HULSHOF, T.; JEBB, S.; LIVINGSTONE, B.; LLUCH, A.; WESTERTEP, M. Appetite control: methodological aspects of the evaluation of foods. **Obesity reviews**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 251-270, 2010.

BLUNDELL, J. E.; DE GRAAF, K.; FINLAYSON, G.; HALFORD, J. C.; HETHERINGTON, M.; KING, N.; STUBBS, J. Measuring food intake, hunger, satiety and satiation in the laboratory. **Handbook of assessment methods for eating behaviours and weight-related problems: Measures, theory and research**. 2nd ed. Newbury Park, CA: Sage, p. 283-325, 2009.

BOUKID, F. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, [s.l.], v. 56, n. 11, p. 5435-5444, 2021.

BOVELL-BENJAMIN, A. C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Advances in food and nutrition research**, [s.l.], v. 52, p. 1-59, 2007.

BRAND-MILLER, J.; HAYNE, S., PETOCZ, P.; COLAGIURI, S. Low-glycemic index diets in the management of diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Diabetes care**, [s.l.], v. 26, n. 8, p. 2261-2267, 2003.

BYRNE, C. S.; CHAMBERS, E. S.; MORRISON, D. J.; FROST, G. The role of short chain fatty acids in appetite regulation and energy homeostasis. **International journal of obesity**, [s.l.], v. 39, n. 9, p. 1331-1338, 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Regulamento Técnico sobre a rotulagem nutricional de alimentos processados e as alegações nutricionais**. Diário Oficial da União, Brasília, 13 nov. 2012.

BRESCIANI, A.; MARTI, A. Using pulses in baked products: Lights, shadows, and potential solutions. **Foods**, [s.l.], v. 8, n. 10, p. 451, 2019.

BROUNS, F.; BJORCK, I., FRAYN, K. N.; GIBBS, A. L.; LANG, V., SLAMA, G.; WOLEVER, T. M. S. Glycaemic index methodology. **Nutrition research reviews**, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 145-171, 2005.

CAI, Yi-Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus betacyanin* pigments. **Journal of food science**, [s.l.], v. 65, n. 7, p. 1248-1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. **Journal of food engineering**, [s.l.], v. 111, n. 1, p. 135-148, 2012.

CARTER, E. C.; OHNO, Y.; POINTER, M. R.; ROBERTSON, A. R.; SÈVE, R.; SCHANDA, J. D.; WITT, K. CIELab - Commission Internationale de l'Éclairage. Technical Report. 3.ed. Vienna, 2004.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; SILVA, P. P.; NASCIMENTO, W. M. **Fenologia do grão-de-bico tipo Kabuli. Comunicado Técnico**, 133. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1140064/1/COT-133-final1.pdf>. Acesso em: 21 set. 2022.

CEREDA, M. P. Starch hydrolysis: physical, acid, and enzymatic processes. In: **Starch Industries: Processes and Innovative Products in Food and Non-Food Uses**. [s.l.], Academic Press, 2024. p. 75-113.

CHANG, L. S.; OOI, Y. W.; PUI, L. P. Production of enzymatic hydrolysed spray-dried honeydew melon (*Cucumis melo* L.) powder. **Journal of Agriculture and Food Research**, [s.l.], v. 10, p. 100364, 2022.

CHANG, Y. W.; ALLI, I.; KONISHI, Y.; ZIOMEK, E. Characterization of protein fractions from chickpea (*Cicer arietinum* L.) and oat (*Avena sativa* L.) seeds using proteomic techniques. **Food Research International**, [s.l.], v. 44, n. 9, p. 3094-3104, 2011.

CHAUDHARI, P. R.; TAMRAKAR, N.; SINGH, L.; TANDON, A.; SHARMA, D. Rice nutritional and medicinal properties: A review article. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 150-156, 2018.

CINAR, Z. Ö.; ATANASSOVA, M.; TUMER, T. B.; CARUSO, G.; ANTIKA, G.; SHARMA, S.; PEZZANI, R. Cocoa and cocoa bean shells role in human health: An updated review. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 103, p. 104115, 2021.

COMUNIAN, T. A.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols and omega-3 fatty acids: A review. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 61, p. 442-457, 2016.

CRAMER, H.; KESSLER, C. S.; SUNDBERG, T.; LEACH, M. J.; SCHUMANN, D.; ADAMS, J.; LAUCHE, R. Characteristics of Americans choosing vegetarian and vegan diets

for health reasons. **Journal of nutrition education and behavior**, [s.l.], v. 49, n. 7, p. 561-567, 2017.

CREDIT SUISSE RESEARCH INSTITUTE. **The global food system: Identifying sustainable solutions**, p. 2–99, 2021.

CRUJEIRAS, A. B.; PARRA, D.; ABETE, I.; MARTÍNEZ, J. A. A hypocaloric diet enriched in legumes specifically mitigates lipid peroxidation in obese subjects. **Free radical research**, [s.l.], v. 41, n. 4, p. 498-506, 2007.

DA COSTA, J. M. G.; BORGES, S. V.; HIJO, A. A. C. T.; SILVA, E. K.; MARQUES, G. R.; CIRILLO, M. A.; AZEVEDO, V. M. D. Matrix structure selection in the microparticles of essential oil oregano produced by spray dryer. **Journal of Microencapsulation**, [s.l.], v. 30, n. 8, p. 717-727, 2013.

DANKAR, I.; HADDARAH, A.; OMAR, F. E.; PUJOLÀ, M.; SEPULCRE, F. Characterization of food additive-potato starch complexes by FTIR and X-ray diffraction. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 260, p. 7-12, 2018.

DE ALBUQUERQUE, T. M. R.; SAMPAIO, K. B.; DE SOUZA, E. L. Sweet potato roots: Unrevealing an old food as a source of health promoting bioactive compounds—A review. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 85, p. 277-286, 2019.

DE CARVALHO, F. G.; OVÍDIO, P. P.; PADOVAN, G. J.; JORDAO JUNIOR, A. A.; MARCHINI, J. S.; NAVARRO, A. M. Metabolic parameters of postmenopausal women after quinoa or corn flakes intake—a prospective and double-blind study. **International Journal of Food sciences and nutrition**, [s.l.], v. 65, n. 3, p. 380-385, 2014.

DE CASTRO, A. P.; DE OLIVEIRA BORBA, T. C.; NOLDIN, J. A.; WICKERT, E. A. planta e o grão de arroz e as formas de apresentação aos consumidores. In: FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. (ed.). **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. p. 117-146.

DE HART, N. M.; MAHMASSANI, Z. S.; REIDY, P. T.; KELLEY, J. J.; MCKENZIE, A. I.; PETROCELLI, J. J.; DRUMMOND, M. J. Acute effects of cheddar cheese consumption on circulating amino acids and human skeletal muscle. **Nutrients**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 614, 2021.

DE NATALE, C.; ANNUZZI, G.; BOZZETTO, L.; MAZZARELLA, R.; COSTABILE, G.; CIANO, O.; RIVELLESE, A. A. Effects of a plant-based high-carbohydrate/high-fiber diet versus high-monounsaturated fat/low-carbohydrate diet on postprandial lipids in type 2 diabetic patients. **Diabetes Care**, [s.l.], v. 32, n. 12, p. 2168-2173, 2009.

DELGADO-OSPINA, J.; LUCAS-GONZÁLEZ, R.; VIUDA-MARTOS, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. Á.; MARTUSCELLI, M.; CHAVES-LÓPEZ, C. Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. **Heliyon**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. e06799, 2021.

DEMIRCAN, B.; VELIOGLU, Y. S.; GIUFFRÈ, A. M. Bergamot juice powder with high bioactive properties: Spray-drying for the preservation of antioxidant activity and ultrasound-

assisted extraction for enhanced phenolic compound extraction. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 88, n. 9, p. 3694-3713, 2023.

DENG, F. M.; MU, T. H.; ZHANG, M.; ABEGUNDE, O. K. Structure, and physicochemical properties of sweet potato starches isolated by sour liquid processing and centrifugation. **Starch-Stärke**, [s.l.], v. 65, n. 1-2, p. 162-171, 2013.

DIANA, G.; MILANESI, A.; CANDIANI, A.; SODANO, A.; RASSÈ, P.; BONDA, A. F.; COÏSSON, J. D. Spray drying of an oil-in-water emulsion containing vitamin D3: a synergy between formulation and process conditions to obtain microparticles. **International Journal of Pharmaceutics**, [s.l.], p. 125384, 2025.

DINCER, C.; KARAOGLAN, M.; ERDEN, F.; TETIK, N.; TOPUZ, A.; OZDEMIR, F. Effects of baking and boiling on the nutritional and antioxidant properties of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] cultivars. **Plant Foods for Human Nutrition**, [s.l.], v. 66, n. 4, p. 341-347, 2011.

DO VALLE CALOMENI, A.; DE SOUZA, V. B.; TULINI, F. L.; THOMAZINI, M.; OSTROSCHI, L. C.; DE ALENCAR, S. M.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Characterization of antioxidant and antimicrobial properties of spray-dried extracts from peanut skins. **Food and bioproducts processing**, [s.l.], v. 105, p. 215-223, 2017.

DÜSENBERG, B.; SCHMIDT, J.; SENSOY, I.; BÜCK, A. Flowability of plant based food powders: Almond, chestnut, chickpea, coconut, hazelnut and rice. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 357, p. 111606, 2023.

DUTHIE, S. J.; DUTHIE, G. G.; RUSSELL, W. R.; KYLE, J. A.; MACDIARMID, J. I.; RUNGAPAMESTRY, V.; BESTWICK, C. S. Effect of increasing fruit and vegetable intake by dietary intervention on nutritional biomarkers and attitudes to dietary change: a randomised trial. **European journal of nutrition**, [s.l.], v. 57, n. 5, p. 1855-1872, 2018.

ESTELL, M.; HUGHES, J.; GRAFENAUER, S. Plant protein and plant-based meat alternatives: Consumer and nutrition professional attitudes and perceptions. **Sustainability**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 1478, 2021.

FABIO, A. D.; PARRAGA, G. Origin, production and utilization of pseudocereals. **Pseudocereals: chemistry and technology**, [s.l.], p. 1-27, 2017.

FABRA, M. J.; MARQUEZ, E.; CASTRO, D.; CHIRALT, A. Effect of maltodextrins in the water-content–water activity–glass transition relationships of noni (*Morinda citrifolia* L.) pulp powder. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 103, n. 1, p. 47-51, 2011.

FAO/WHO. **Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO expert consultation**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. (FAO Food and Nutrition Paper, 66).

FARAG, M. A.; SHARAF EL-DIN, M. G.; SELIM, M. A.; OWIS, A. I.; ABOUZID, S. F.; PORZEL, A.; OTIFY, A. Nuclear magnetic resonance metabolomics approach for the analysis of major legume sprouts coupled to chemometrics. **Molecules**, [s.l.], v. 26, n. 3, p. 761, 2021.

FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; BARBALHO, S. M.; OSHIIWA, M.; GOULART, R.; PESSAN JUNIOR, O. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 32, p. 239-244, 2012.

FARRELL, A. D.; RHINEY, K.; EITZINGER, A.; UMAHARAN, P. Climate adaptation in a minor crop species: is the cocoa breeding network prepared for climate change?. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, [s.l.], v. 42, n. 7, p. 812-833, 2018.

FEHÉR, A.; GAZDECKI, M.; VÉHA, M.; SZAKÁLY, M.; SZAKÁLY, Z. A Comprehensive Review of the Benefits of and the Barriers to the Switch to a Plant-Based Diet. **Sustainability**, [s.l.], v. 12, n. 10, 2020.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de alimentos: princípios e prática**. Artmed ed. Porto Alegre: 2006.

FENG, Y.; XU, M.; CHEN, D.; ZHANG, X.; ZHOU, B.; ZOU, J. Correlation Study between Multi-Scale Structure and In Vitro Digestibility of Starch Modified by Temperature Difference. **Foods**, [s.l.], v. 13, n. 13, p. 2047, 2024.

FENOGLIO, D.; SOTO MADRID, D.; ALARCÓN MOYANO, J.; FERRARIO, M.; GUERRERO, S.; MATIACEVICH, S. Active food additive based on encapsulated yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract: effect of drying methods on the oxidative stability of a real food matrix (mayonnaise). **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v. 58, n. 4, p. 1574-1584, 2021.

FERRAZ, M. C.; PROCOPIO, F. R.; DE FIGUEIREDO FURTADO, G.; HUBINGER, M. D. Co-encapsulation of paprika and cinnamon oleoresin by spray drying using whey protein isolate and maltodextrin as wall material: Development, characterization and storage stability. **Food Research International**, [s.l.], v. 162, p. 112164, 2022.

FLINT, A.; GREGERSEN, N. T.; GLUUD, L. L.; MØLLER, B. K.; RABEN, A.; TETENS, I.; ASTRUP, A. Associations between postprandial insulin and blood glucose responses, appetite sensations and energy intake in normal weight and overweight individuals: a meta-analysis of test meal studies. **British Journal of Nutrition**, v. 98, n. 1, p. 17-25, 2007.

FLINT, A.; RABEN, A.; BLUNDELL, J. E.; ASTRUP, A. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. **International journal of obesity**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 38-48, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO expert consultation**. Rome: FAO, 1998. (FAO Food and Nutrition Paper, 66).

FU, Z. Q.; WANG, L. J.; LI, D.; ADHIKARI, B. Effects of partial gelatinization on structure and thermal properties of corn starch after spray drying. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 88, n. 4, p. 1319-1325, 2012.

GADDIS, M. L.; GADDIS, G. M. Introduction to biostatistics: part 6, correlation and regression. **Annals of emergency medicine**, [s.l.], v. 19, n. 12, p. 1462-1468, 1990.

GAO, P.; ZHANG, Y.; GAO, C.; XIANG, X.; ZHANG, X.; WANG, Z. Effects of brown rice on metabolomics related to glucose and lipid in normal rats. **Wei Sheng yan jiu Journal of Hygiene Research**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 600-608, 2021.

GAO, Y.; ZHAO, Y.; YAO, Y.; CHEN, S.; XU, L.; WU, N.; TU, Y. Recent trends in design of healthier fat replacers: Type, replacement mechanism, sensory evaluation method and consumer acceptance. **Food Chemistry**, [s.l.], p. 138982, 2024

GAONA, I. J. A.; FANZONE, M. L.; GALMARINI, M. V.; CHIRIFE, J.; FERRERAS-CHARRO, R.; GARCÍA-ESTÉVEZ, I.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T. Encapsulation of phenolic compounds by spray drying of Ancellotta and Aspirant Bouchet wines to produce powders with potential use as natural food colorants. **Food Bioscience**, [s.l.], v. 50, p. 102093, 2022.

GARCÍA-PASCUAL, P.; SANJUÁN, N.; MELIS, R.; MULET, A. Morchella esculenta (morel) rehydration process modelling. **Journal of food engineering**, [s.l.], v. 72, n. 4, p. 346-353, 2006.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos Princípios e Aplicações**. Nobel ed. São Paulo, 2008.

GBENGA-FABUSIWA, F. J.; OLADELE, E. P.; OBOH, G., ADEFEGHA, S. A.; FABUSIWA, O. F.; OSHO, P. O.; OSHODI, A. A. Glycemic response in diabetic subjects to biscuits produced from blends of pigeon pea and wheat flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, [s.l.], v. 74, p. 553-559, 2019.

GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg, Denmark, 2003.

GIUNTINI, E. B.; SARDÁ, F. A. H.; DE MENEZES, E. W. The effects of soluble dietary fibers on glycemic response: an overview and futures perspectives. **Foods**, [s.l.], v. 11, n. 23, p. 3934, 2022.

GOLMAN, B.; JULKLANG, W. Simulation of exhaust gas heat recovery from a spray dryer. **Applied Thermal Engineering**, [s.l.], v. 73, n. 1, p. 899-913, 2014.

GOÑI, I.; VALENTÍN-GAMAZO, C. Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunteers. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 81, n. 4, p. 511-515, 2003.

GORISSEN, S. H.; CROMBAG, J. J.; SENDEN, J. M.; WATERVAL, W. A.; BIERAU, J.; VERDIJK, L. B.; VAN LOON, L. J. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. **Amino acids**, [s.l.], v. 50, n. 12, p. 1685-1695, 2018.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. [s.l.], v. 11, p. 342 – 351, 2010.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. Drying kinetics and product recovery. **Drying technology**, [s.l.], v. 26, n. 6, p. 714-725, 2008.

GRABOWSKI, J. A.; TRUONG, V.-D.; DAUBERT, C. R. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. **Journal of food science**, [s.l.], v. 71, n. 5, p. E209-E217, 2006.

GRACE, M. H.; YOUSEF, G. G.; GUSTAFSON, S. J.; TRUONG, V. D.; YENCHO, G. C.; LILA, M. A. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweetpotato storage and impacts on bioactive properties. **Food chemistry**, [s.l.], v. 145, p. 717-724, 2014.

GRANDE, F.; ANDERSON, J. T.; KEYS, A. Sucrose and various carbohydrate-containing foods and serum lipids in man. **The American journal of clinical nutrition**, [s.l.], v. 27, n. 10, p. 1043-1051, 1974.

GRASSO, N.; LYNCH, N. L.; ARENDT, E. K.; O'MAHONY, J. A. Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 435-452, 2022.

GU, Y.; YU, S.; LAMBERT, J. D. Dietary cocoa ameliorates obesity-related inflammation in high fat-fed mice. **European journal of nutrition**, [s.l.], v. 53, p. 149-158, 2014.

GÜMÜŞ, A. B.; KESER, A.; GÖKGÖZ, M.; GÜNGÜNEŞ, A. Glycaemic index and glycaemic load of selected packaged vegan foods. **Nutrition Bulletin**, [s.l.], v. 49, n. 3, p. 372-382, 2024.

GUO, Q.; MU, T. H. Emulsifying properties of sweet potato protein: Effect of protein concentration and oil volume fraction. **Food hydrocolloids**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 98-106, 2011.

HENDRICK, R. Edward. **Breast MRI: fundamentals and technical aspects**. New York: Springer, 2008.

HALIM, M. A.; WAZED, M. A.; AL OBAID, S.; ANSARI, M. J.; TAHOSIN, A.; RAHMAN, M. T.; KHATUN, A. A. Effect of storage on physicochemical properties, bioactive compounds and sensory attributes of drinks powder enriched with pumpkin (*Cucurbita moschata* L.). **Journal of Agriculture and Food Research**, [s.l.], v. 18, p. 101337, 2024.

HANNON, S. C.; HILLIER, S. E.; THONDRE, P. S.; CLEGG, M. E. Lower energy-dense ready meal consumption affects self-reported appetite ratings with no effect on subsequent food intake in women. **Nutrients**, [s.l.], v. 13, n. 12, p. 4505, 2021.

HERMANS, W. J.; FUCHS, C. J.; HENDRIKS, F. K.; HOUBEN, L. H.; SENDEN, J. M.; VERDIJK, L. B.; VAN LOON, L. J. Cheese ingestion increases muscle protein synthesis rates both at rest and during recovery from exercise in healthy, young males: a randomized parallel-group trial. **The Journal of Nutrition**, [s.l.], v. 152, n. 4, p. 1022-1030, 2022.

HO, T. M.; TRUONG, T.; BHANDARI, B. R. Methods to characterize the structure of food powders—a review. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, [s.l.], v. 81, n. 4, p. 651-671, 2017.

HOLLÆNDER, P. L. B.; ROSS, A. B.; KRISTENSEN, M. Whole-grain and blood lipid changes in apparently healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. **The American journal of clinical nutrition**, [s.l.], v. 102, n. 3, p. 556-572, 2015.

HOLT, S. H.; BRAND MILLER, J. C.; PETOCZ, P.; FARMAKALIDIS, E. A satiety index of common foods. **European journal of clinical nutrition**, [s.l.], v. 49, n. 9, p. 675-690, 1995.

HOLT, S. H.; BRAND MILLER, J. C.; PETOCZ, P. Interrelationships among postprandial satiety, glucose and insulin responses and changes in subsequent food intake. **European journal of clinical nutrition**, v. 50, n. 12, p. 788-797, 1996.

HUANG, K.; ZHANG, P. J.; HU, B.; YU, S. J. The effect of spray drying on sucrose–glycine caramel powder preparation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 96, n. 7, p. 2319-2327, 2016.

IMAM, M. U.; MUSA, S. N. A.; AZMI, N. H.; ISMAIL, M. Effects of white rice, brown rice and germinated brown rice on antioxidant status of type 2 diabetic rats. **International journal of molecular sciences**, [s.l.], v. 13, n. 10, p. 12952-12969, 2012.

INNOCENT, O.; THANKGOD, O. O.; SANDRA, E. O.; JOSIAH, I. E. Correlation between body mass index and blood glucose levels among some Nigerian undergraduates. **Hoaj Biology**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 4, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 26642:2010: Food products — Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification**. Geneva: ISO, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008.

JAMES, L. E. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. **Advances in food and nutrition research**, [s.l.], v. 58, p. 1-31, 2009.

JANG, H. H.; KIM, H. W.; KIM, S. Y.; KIM, S. M.; KIM, J. B.; LEE, Y. M. In vitro and in vivo hypoglycemic effects of cyanidin 3-caffeoyl-p-hydroxybenzoylsophoroside-5-glucoside, an anthocyanin isolated from purple-fleshed sweet potato. **Food chemistry**, [s.l.], v. 272, p. 688-693, 2019.

JIANG, T.; YE, S.; LIAO, W.; WU, M.; HE, J.; MATEUS, N.; OLIVEIRA, H. The botanical profile, phytochemistry, biological activities and protected-delivery systems for purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.): An up-to-date review. **Food Research International**, [s.l.], p. 111811, 2022.

JOYET, P.; MOKHTARI, A.; RIBOULET-BISSON, E.; BLANCATO, V. S.; ESPARIZ, M.; MAGNI, C.; SAUVAGEOT, N. Enzymes required for maltodextrin catabolism in *Enterococcus faecalis* exhibit novel activities. **Applied and Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 83, n. 13, p. e00038-17, 2017.

JUKANTI, A. K.; GAUR, P. M.; GOWDA, C. L. L.; CHIBBAR, R. N. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. **British Journal of Nutrition**, [s.l.], v. 108, n. S1, p. S11-S26, 2012.

JUNG, S. B.; SHIN, J. H.; KIM, J. Y.; KWON, O. Shinzami Korean purple-fleshed sweet potato extract prevents ischaemia–reperfusion-induced liver damage in rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 95, n. 14, p. 2818-2823, 2015.

KAHLEOVA, H.; PETERSEN, K. F.; SHULMAN, G. I.; ALWARITH, J.; REMBERT, E.; TURA, A.; BARNARD, N. D. Effect of a low-fat vegan diet on body weight, insulin sensitivity, postprandial metabolism, and intramyocellular and hepatocellular lipid levels in overweight adults: a randomized clinical trial. **JAMA network open**, [s.l.], v. 3, n. 11, p. e2025454-e2025454, 2020.

KALOGEROPOULOU, D.; LAFAVE, L.; SCHWEIM, K.; GANNON, M. C.; NUTTALL, F. Q. Leucine, when ingested with glucose, synergistically stimulates insulin secretion and lowers blood glucose. **Metabolism-Clinical and Experimental**, [s.l.], v. 57, n. 12, p. 1747-1752, 2008.

KESHANI, S.; DAUD, W. R. W.; NOUROUZI, M.; NAMVAR, F.; GHASEMI, M. Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 146, p. 152–162, 2015.

KHANNA, D.; PELTZER, C.; KAHAR, P.; PARMAR, M. S. Body mass index (BMI): a screening tool analysis. **Cureus**, [s.l.], v. 14, n. 2, 2022.

KIMURA, T.; NAKAKUKI, T. Maltotetraose, a new saccharide of tertiary property. **Starch-Stärke**, [s.l.], v. 42, n. 4, p. 151-157, 1990.

KOWSALYA, P.; SHARANYAKANTH, P. S.; MAHENDRAN, R. Traditional rice varieties: A comprehensive review on its nutritional, medicinal, therapeutic and health benefit potential. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 114, p. 104742, 2022.

KRÄHMER, A.; ENGEL, A.; KADOW, D.; ALI, N.; UMAHARAN, P.; KROH, L. W.; SCHULZ, H. Fast and neat–Determination of biochemical quality parameters in cocoa using near infrared spectroscopy. **Food chemistry**, [s.l.], v. 181, p. 152-159, 2015.

KUAN, L.; THOO, Y.; SIOW, L. Bioactive components, ABTS radical scavenging capacity and physical stability of orange, yellow and purple sweet potato (*I pomoea batatas*) powder processed by convection-or vacuum-drying methods. **International Journal of Food Science & Technology**, [s.l.], v. 51, n. 3, p. 700-709, 2016.

KWAPIŃSKA, M.; ZBICIŃSKI, I. Prediction of final product properties after cocurrent spray drying. **Drying technology**, [s.l.], v. 23, n. 8, p. 1653-1665, 2005.

LABMAQ. LABMAQ. 2022. Disponível em: <http://www.labmaqdobrasil.com.br>. Acesso em: 12 dez. 2022.

LAHIVE, F.; HADLEY, P.; DAYMOND, A. J. The physiological responses of cacao to the environment and the implications for climate change resilience. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, [s.l.], v. 39, n. 1, p. 1-22, 2019.

LAOVACHIRASUWAN, P.; PEERAPATTANA, J.; SRIJESDARUK, V.; CHITROPAS, P.; OTSUKA, M. The physicochemical properties of a spray dried glutinous rice starch biopolymer. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [s.l.], v. 78, n. 1, p. 30-35, 2010.

LAURIE, S. M.; FABER, M.; CALITZ, F. J.; MOELICH, E. I.; MULLER, N.; LABUSCHAGNE, M. T. The use of sensory attributes, sugar content, instrumental data and consumer acceptability in selection of sweet potato varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 93, n. 7, p. 1610-1619, 2013.

LI, J.; BAN, X.; GU, Z.; LI, C.; HONG, Y.; CHENG, L.; LI, Z. Preparation and antibacterial activity of a novel maltotetraose product. **Process Biochemistry**, [s.l.], v. 108, p. 8-17, 2021.

LI, K. Y.; ZHOU, Y.; HUANG, G. Q.; LI, X. D.; XIAO, J. X. Preparation of powdered oil by spray drying the Pickering emulsion stabilized by ovalbumin–gum Arabic polyelectrolyte complex. **Food Chemistry**, [s.l.], p. 133223, 2022.

LIMA, J. R.; GARRUTI, D. D. S.; MACHADO, T. F.; ARAÚJO, Í. M. D. S. HAMBÚRGUERES vegetais de fibra de caju e feijão-caupi: formulação, caracterização e estabilidade durante armazenamento congelado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, p. 708-714, 2018.

LIMA, J. R.; GARRUTI, D. D. S.; PINTO, G. A. S.; MAGALHÃES, H. C. R.; MACHADO, T. F. Vegetal burgers of cashew fiber and texturized soy protein. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, 2017.

LIMA, U. A. **Matérias-primas dos alimentos**. São Paulo: Blucher, p. 424, 2010.

LIRA, C. A. C. **Otimização de sobremesa vegetal saborizada com cacau (Theobroma cacao)**. 2024. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

LISNAHAN, C. V.; NAHAK, O. R. Effects of L-threonine and L-tryptophan supplementation on the body weight and internal organs weight of native chickens aged 14 weeks. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. [s.l.], IOP Publishing, 2019. p. 012016.

LIU, W.; ZHANG, Y.; QIU, B.; FAN, S.; DING, H.; LIU, Z. Quinoa whole grain diet compromises the changes of gut microbiota and colonic colitis induced by dextran Sulfate sodium in C57BL/6 mice. **Scientific reports**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 1-9, 2018.

LLAVATA, B.; GARCÍA-PÉREZ, J. V.; SIMAL, S.; CÁRCEL, J. A. Innovative pre-treatments to enhance food drying: A current review. **Current Opinion in Food Science**, [s.l.], v. 35, p. 20-26, 2020.

LOI, C. C.; EYRES, G. T.; SILCOCK, P.; BIRCH, E. J. Preparation and characterisation of a novel emulsifier system based on glycerol monooleate by spray-drying. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 285, p. 110100, 2020.

LUDVIK, B. H.; MAHDJOOBAN, K.; WALDHAEUSL, W.; HOFER, A. The effect of Ipomoea batatas (Caiapo) on glucose metabolism and serum cholesterol in patients with type 2 diabetes: a randomized study. **Diabetes Care**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 239, 2002.

LUDVIK, B.; NEUFFER, B.; PACINI, G. Efficacy of Ipomoea batatas (Caiapo) on diabetes control in type 2 diabetic subjects treated with diet. **Diabetes care**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 436-440, 2004.

LUDVIK, B.; WALDHÄUSL, W.; PRAGER, R.; KAUTZKY-WILLER, A.; PACINI, G. Mode of action of Ipomoea batatas (Caiapo) in type 2 diabetic patients. **Metabolism**, [s.l.], v. 52, n. 7, p. 875-880, 2003.

MACFARLANE, G. T.; MACFARLANE, S. Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health. **Journal of AOAC International**, v. 95, n. 1, p. 50-60, 2012.

MAŁECKI, J.; MUSZYŃSKI, S.; SOŁOWIEJ, B. G. Proteins in food systems—bionanomaterials, conventional and unconventional sources, functional properties, and development opportunities. **Polymers**, [s.l.], v. 13, n. 15, p. 2506, 2021.

MANASA, R.; HARSHITA, M.; PRAKRUTHI, M.; SHEKAHARA NAIK, R. Non-dairy plant based beverages: a comprehensive. **The Pharma Innovation.**, [s.l.], v. 9, p. 258-271, 2020.

MANZANILLA-VALDEZ, M. L.; BOESCH, C.; MARTINEZ-VILLALUENGA, C.; MONTAÑO, S.; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, A. J. Enhancing quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein extraction: Alkaline solubilization coupled to isoelectric precipitation effects on structure, digestibility and antinutrients. **Food Hydrocolloids for Health**, [s.l.], v. 6, p. 100191, 2024.

MAO, T.; HUANG, F.; ZHU, X.; WEI, D.; CHEN, L. Effects of dietary fiber on glycemic control and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Functional Foods**, [s.l.], v. 82, p. 104500, 2021.

MAO, X.; ZHANG, L.; XIA, Q.; SUN, Z.; ZHAO, X.; CAI, H.; TANG, Y. Vanadium-enriched chickpea sprout ameliorated hyperglycemia and impaired memory in streptozotocin-induced diabetes rats. **Biometals**, [s.l.], v. 21, n. 5, p. 563-570, 2008.

MARABI, A.; SAGUY, I. S. Rehydration and reconstitution of foods. In: **Advances in food dehydration**. CRC Press, 2008. p. 255-302.

MARVENTANO, S.; VETRANI, C.; VITALE, M.; GODOS, J.; RICCARDI, G.; GROSSO, G. Whole grain intake and glycaemic control in healthy subjects: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Nutrients**, [s.l.], v. 9, n. 7, p. 769, 2017.

MATOS, J. S.; AZEVEDO, P. Z.; GOSTA, J. E. G.; JUSTINO, H. D. F. M.; LAMARÃO, C. V.; SANCHES, E. A.; CAMPELO, P. H. UHT Processing in the Context of Plant-Based

Beverages: A Scientific Review on Product Characteristics and the Functional Role of Plant Proteins. **Food Chemistry Advances**, [s.l.], p. 100848, 2024.

MAYER, J. Regulation of energy intake and the body weight: the glucostatic theory and the lipostatic hypothesis. **Annals of the New York Academy of sciences**, [s.l.], v. 63, n. 1, p. 15-43, 1955.

MCCLEMENTS, D. J. Development of next-generation nutritionally fortified plant-based milk substitutes: Structural design principles. **Foods**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 421, 2020.

MCCLEMENTS, D. J. Reduced-fat foods: the complex science of developing diet-based strategies for tackling overweight and obesity. **Advances in Nutrition**, [s.l.], v. 6, n. 3, p. 338S-352S, 2015.

MELO NETO, B. A. D.; CARVALHO, E. A.; PONTES, K. V.; BARRETTO, W. D. S.; SACRAMENTO, C. K. D. Chemical, physico-chemical and sensory characterization of mixed açai (*Euterpe oleracea*) and cocoa's honey (*Theobroma cacao*) jellies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 35, p. 587-593, 2013.

MENG, H.; MATTHAN, N. R.; AUSMAN, L. M.; LICHTENSTEIN, A. H. Effect of macronutrients and fiber on postprandial glycemic responses and meal glycemic index and glycemic load value determinations. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [s.l.], v. 105, n. 4, p. 842-853, 2017.

MILLENA, C. G.; BALONZO, A. R. R.; RENTOY, J. R.; RUIVIVAR, S. S.; BOBILES, S. C. Effect of fermentation stages on the nutritional and mineral bioavailability of cacao beans (*Theobroma cacao* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 115, p. 104886, 2023.

MONK, J. M., LEPP, D., WU, W., GRAF, D., MCGILLIS, L. H., HUSSAIN, A.; POWER, K. A. Chickpea-supplemented diet alters the gut microbiome and enhances gut barrier integrity in C57Bl/6 male mice. **Journal of Functional Foods**, [s.l.], v. 38, p. 663-674, 2017.

MONTEIRO, C. A.; CANNON, G.; LEVY, R. B.; MOUBARAC, J. C.; LOUZADA, M. L.; RAUBER, F.; JAIME, P. C. Ultra-processed foods: what they are and how to identify them. **Public health nutrition**, [s.l.], v. 22, n. 5, p. 936-941, 2019.

MORADI, M.; NIAKOUSARI, M.; MOUSAVI KHANEGHAH, A. Kinetics and mathematical modeling of thin layer drying of osmo-treated Aloe vera (*Aloe barbadensis*) gel slices. **Journal of Food Process Engineering**, [s.l.], v. 42, n. 6, p. e13180, 2019.

MORTON, G. J.; MEEK, T. H.; SCHWARTZ, M. W. Neurobiology of food intake in health and disease. **Nature reviews neuroscience**, [s.l.], v. 15, n. 6, p. 367-378, 2014.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec.) powder. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 97, n. 1, p. 72-78, 2010.

MOTA, C.; SANTOS, M.; MAURO, R.; SAMMAN, N.; MATOS, A. S.; TORRES, D.; CASTANHEIRA, I. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. **Food chemistry**, [s.l.], v. 193, p. 55-61, 2016.

MUHLHAUSLER, B. S.; BELOBRAJDIC, D.; WYMOND, B.; BENASSI-EVANS, B. Assessing the effect of plant-based mince on fullness and post-prandial satiety in healthy male subjects. **Nutrients**, [s.l.], v. 14, n. 24, p. 5326, 2022.

MUNEKATA, P. E.; DOMÍNGUEZ, R.; BUDARAJU, S.; ROSELLÓ-SOTO, E.; BARBA, F. J.; MALLIKARJUNAN, K.; LORENZO, J. M. Effect of innovative food processing technologies on the physicochemical and nutritional properties and quality of non-dairy plant-based beverages. **Foods**, [s.l.], v. 9, n. 3, p. 288, 2020.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P.; ARTIAGA, O. P.; SUINAGA, F. A. Grão-de-bico. In: NASCIMENTO, W. M. (ed.). **Hortaliças leguminosas**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 89-118.

NAVRUZ-VARLI, S.; SANLIER, N. Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). **Journal of cereal science**, [s.l.], v. 69, p. 371-376, 2016.

NESTERENKO, A.; ALRIC, I.; SILVESTRE, F.; DURRIEU, V. Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. **Industrial crops and products**, [s.l.], v. 42, p. 469-479, 2013.

NGUYEN, Q. D.; VU, T. D.; NGUYEN, T. T.; PHAN, T. K. V.; PHAM, H. T.; NGUYEN, P. T. Microencapsulation of karonda (Carissa carandas L.) anthocyanin extracts: effects of drying conditions on antioxidant contents and activities of spray-dried powder. **Pigment & Resin Technology**, [s.l.], v. 53, n. 2, p. 137-144, 2024.

NORATTO, G. D.; MURPHY, K.; CHEW, B. P. Quinoa intake reduces plasma and liver cholesterol, lessens obesity-associated inflammation, and helps to prevent hepatic steatosis in obese db/db mouse. **Food chemistry**, [s.l.], v. 287, p. 107-114, 2019.

NUNU, N.; AHMAD, L.; LIPUTO, S. A. Physicochemical and sensory analysis of instant corn porridge made from nixtamalized waxy corn [Analisis sifat fisikokimia dan sensoris bubur jagung instan berbahan dasar jagung pulut nixtamal]. **Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 122-131, 2024.

NURHAD, B.; ANDOYO, R.; INDIARTO, R. Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. **International Food Research Journal**, [s.l.], v. 19, n. 3, 2012.

OETTERER, M.; REGITANOD'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Manole ed. Barueri, São Paulo, 2006.

OLIVEIRA, A. R. G.; BORGES, S. V.; FARIA, R. K.; ENDO, E.; GREGÓRIO, S. R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (passiflora edullis) e abacaxi (ananas comosus) desidratados. **Revista Ciência Agronômica**, Campinas, v. 38, n. 3, p. 251-256, 2007.

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. de M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa de *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 147-153, 2015.

OLSEN, A.; RITZ, C.; HARTVIG, D. L.; MØLLER, P. Comparison of sensory specific satiety and sensory specific desires to eat in children and adults. **Appetite**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 6-13, 2011.

OSORIO-DIAZ, P.; AGAMA-ACEVEDO, E.; MENDOZA-VINALAY, M.; TOVAR, J.; BELLO-PEREZ, L. A. Pasta added with chickpea flour: chemical composition, in vitro starch digestibility and predicted glycemic index. **CYTA-Journal of Food**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 6-12, 2008.

PADILHA, V. M.; ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; LIVERA, A. S.; ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, N. B. Sensorial profile of chocolate cakes formulated with yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 30, p. 735-740, 2010.

PASKO, P.; ZAGRODZKI, P.; BARTOŃ, H.; CHŁOPICKA, J.; GORINSTEIN, S. Effect of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in diet on some biochemical parameters and essential elements in blood of high fructose-fed rats. **Plant foods for human nutrition**, [s.l.], v. 65, n. 4, p. 333-338, 2010.

PATEL, S. K.; BADE, M. H. Energy targeting and process integration of spray dryer with heat recovery systems. **Energy Conversion and Management**, [s.l.], v. 221, p. 113148, 2020.

PEREIRA, M. T. L.; CAVALCANTE, M. P.; DA SILVA, S. F.; SENSHENG, Y.; SILVA, S. D. S.; DE AQUINO, A. C.; FROTA GABAN, S. V. Effect of Different Carrier Agents on the Yield of Powered Plant Beverage Obtained by Spray Drying and Characterization of Physicochemical Properties. **ACS Food Science & Technology**, [s.l.], v. 4, n. 10, p. 2392-2399, 2024.

PETERSEN, L. N.; POULSEN, N. K.; NIEMANN, H. H.; UTZEN, C.; JØRGENSEN, J. B. Comparison of three control strategies for optimization of spray dryer operation. **Journal of Process Control**, [s.l.], v. 57, p. 1-14, 2017.

PHILLIPS, P. J. Oral glucose tolerance testing. **Australian family physician**, [s.l.], v. 41, n. 6, p. 391-393, 2012.

PIROZI, M. R.; BORGES, J. T.; HM, P. S. A.; CHAVES, J. B.; COIMBRA, J. S. Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.l.], v. 57, n. 8, p. 1618-1630, 2017.

PLANT BASED FOOD MARKET. **Plant based Food Market by Type - Global Forecast to 2029**. Meticulous research, 2022. Disponível em: <https://www.meticulousresearch.com/product/plant-based-food-products-market-5108>. Acesso em: 03 fev 2023.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **LWT-Food science and Technology**, [s.l.], v. 40, n. 1, p. 1-11, 2007.

POL, K.; CHRISTENSEN, R.; BARTELS, E. M.; RABEN, A.; TETENS, I.; KRISTENSEN, M. Whole grain and body weight changes in apparently healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. **The American journal of clinical nutrition**, [s.l.], v. 98, n. 4, p. 872-884, 2013.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. **Analytical biochemistry**, [s.l.], v. 269, n. 2, p. 337-341, 1999.

PRIYA, R. T. S.; ELIAZER NELSON, A. R. L.; RAVICHANDRAN, K.; ANTONY, U. Nutritional and functional properties of coloured rice varieties of South India: a review. **Journal of Ethnic Foods**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 1-11, 2019.

QIAO, C. C.; ZENG, F. K.; WU, N. N.; TAN, B. Functional, physicochemical and structural properties of soluble dietary fiber from rice bran with extrusion cooking treatment. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 121, p. 107057, 2021.

RABADÁN-CHÁVEZ, G. M.; REYES-MALDONADO, E.; QUEVEDO-CORONA, L.; PANIAGUA-CASTRO, N.; ESCALONA-CARDOSO, G.; JARAMILLO-FLORES, M. E. The prothrombotic state associated with obesity-induced hypertension is reduced by cocoa and its main flavanols. **Food & function**, [s.l.], v. 7, n. 12, p. 4880-4888, 2016.

RABEN, A.; HOLST, J. J.; CHRISTENSEN, N. J.; ASTRUP, A. Determinants of postprandial appetite sensations: macronutrient intake and glucose metabolism. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity**, [s.l.], v. 20, n. 2, p. 161-169, 1996.

RACZKOWSKA, E.; BRONKOWSKA, M. The effect of the body mass indexes of young healthy individuals on the glycaemic indexes of traditional and modified vegetarian meals. **Nutrients**, [s.l.], v. 11, n. 10, p. 2546, 2019.

RATANAKHANOKCHAI, K.; KANEKO, J.; KAMIO, Y.; IZAKI, K. Purification and properties of a maltotetraose- and maltotriose-producing amylase from *Chloroflexus aurantiacus*. **Applied and Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 58, n. 8, p. 2490-2494, 1992.

REN, Y.; JIA, F.; LI, D. Ingredients, structure and reconstitution properties of instant powder foods and the potential for healthy product development: a comprehensive review. **Food & Function**, [s.l.], v. 15, n. 1, p. 37-61, 2024.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R.; HELLSTRÖM, J. K.; PIHLAVA, J. M.; MATTILA, P. H. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). **Food chemistry**, [s.l.], v. 120, n. 1, p. 128-133, 2010.

RIETVELD, H.M. **Acta Crystallographica**, v. 22, n. 151, 1967.

RÍOS-COVIÁN, D.; RUAS-MADIEDO, P.; MARGOLLES, A.; GUEIMONDE, M.; DE LOS REYES-GAVILÁN, C. G.; SALAZAR, N. Intestinal short chain fatty acids and their link with diet and human health. **Frontiers in microbiology**, [s.l.], v. 7, p. 185, 2016.

ROBERTS, C.; STEER, T.; MAPLETHORPE, N.; COX, L.; MEADOWS, S.; NICHOLSON, S.; SWAN, G. **National Diet and Nutrition Survey: results from Years 7 and 8 (combined) of the Rolling Programme (2014/2015 to 2015/2016)**. London: Public Health England; Food Standards Agency, 2018. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/statistics/ndns-results-from-years-7-and-8-combined>. Acesso em: 19 janeiro 2025.

ROLLS, B. J.; ROLLS, E. T.; ROWE, E. A.; SWEENEY, K. Sensory specific satiety in man. **Physiology & behavior**, [s.l.], v. 27, n. 1, p. 137-142, 1981.

ROMANO, N.; URETA, M. M.; GUERRERO-SÁNCHEZ, M.; GÓMEZ-ZAVAGLIA, A. Nutritional and technological properties of a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) spray-dried powdered extract. **Food Research International**, [s.l.], v. 129, p. 108884, 2020.

ROZENDAAL, Y. J.; MAAS, A. H.; VAN PUL, C.; COTTAAR, E. J.; HAAK, H. R.; HILBERS, P. A.; VAN RIEL, N. A. Model-based analysis of postprandial glycemic response dynamics for different types of food. **Clinical Nutrition Experimental**, [s.l.], v. 19, p. 32-45, 2018.

RUIZ, A.; ESPINOSA, B.; CJ, C. F.; GUILLÉN, G.; AJ, L. R.; FJ, Q. R.; FJ, L. R. Effect of quinoa (*Chenopodium quinoa*) consumption as a coadjuvant in nutritional intervention in prediabetic subjects. **Nutricion Hospitalaria**, [s.l.], v. 34, n. 5, p. 1163-1169, 2017.

RUIZ, K. B.; BIONDI, S.; OSES, R.; ACUÑA-RODRÍGUEZ, I. S.; ANTOGNONI, F.; MARTINEZ-MOSQUEIRA, E. A.; MOLINA-MONTENEGRO, M. A. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. **Agronomy for sustainable development**, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 349-359, 2014.

RYTZ, A.; ADELIN, D.; LÊ, K. A.; TAN, D.; LAMOTHE, L.; ROGER, O.; MACÉ, K. Predicting glycemic index and glycemic load from macronutrients to accelerate development of foods and beverages with lower glucose responses. **Nutrients**, [s.l.], v. 11, n. 5, p. 1172, 2019.

SÁ, A. G. A.; MORENO, Y. M. F.; CARCIOFI, B. A. M.. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 97, p. 170-184, 2020.

SALEHI, F.; AGHAJANZADEH, S. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 95, p. 162-172, 2020.

SALEHI, F.; KASHANINEJAD, M.; AKBARI, E.; SOBHANI, S. M.; ASADI, F. Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot. **Journal of texture studies**, [s.l.], v. 47, n. 1, p. 34-39, 2016.

SAMBORSKA, K.; BUDZIAK-WIECZOREK, I.; MATWIJCZUK, A.; WITROWA-RAJCHERT, D.; GAGOŚ, M.; GŁADYSZEWSKA, B.; JEDLIŃSKA, A. Powdered plant

beverages obtained by spray-drying without carrier addition-physicochemical and chemometric studies. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 4488, 2024.

SANCHES, F. L.; DE JESUS, E. P.; ALVES, V.; QUAST, L. B.; ROMIO, A. P.; DOS PASSOS FRANCISCO, C. T.; BERTAN, L. C. Creamy coconut milk dessert with cocoa flavor: Proximate composition, texture profiling, and sensory evaluation. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. e16151, 2022.

SANTANA, A. A.; PAIXÃO, L. C.; OLIVEIRA, R. A. D.; TELIS, V. R. N. Influence of process conditions on the physicochemical properties of jussara pulp (*Euterpe edulis*) powder produced by spray drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s.l.], v. 21, 2017.

SCHULNIES, F.; TEICHMANN, H.; KOHLUS, R.; KLEINSCHMIDT, S.; KLEINSCHMIDT, T. Photometric extinction measurements to study dissolution kinetic of skim milk powder. **International Dairy Journal**, [s.l.], v. 130, p. 105210, 2022.

SEIBEL, N. F.; KATO, T.; LIMA, A. R. Importância da difração de raios X e colorimetria em alimentos. In: VERRUCK, S. **Avanços em ciência e tecnologia de alimentos**. Editora Científica Digital, [s.l.], v. 6, 2022. p. 219-235.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. **Cacau: produção, manejo e colheita**. Brasília: Senar, p. 1-145, 2018. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf>, Acesso em: 26 de dezembro de 2022.

SHEARD, N. F.; CLARK, N. G.; BRAND-MILLER, J. C.; FRANZ, M. J.; PI-SUNYER, F. X.; MAYER-DAVIS, E.; GEIL, P. Dietary carbohydrate (amount and type) in the prevention and management of diabetes: a statement by the American Diabetes Association. **Diabetes care**, [s.l.], v. 27, n. 9, p. 2266-2271, 2004.

SHIN, S. Y.; JUNG, Y. J.; YONG, Y.; CHO, H. J.; LIM, Y.; LEE, Y. H. Inhibition of PDGF-induced migration and TNF- α -induced ICAM-1 expression by maltotetraose from bamboo stem extract (BSE) in mouse vascular smooth muscle cells. **Molecular Nutrition & Food Research**, [s.l.], v. 60, n. 9, p. 2086-2097, 2016.

SHISHIR, M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in food science & technology**, [s.l.], v. 65, p. 49-67, 2017.

SHKEMBI, B.; HUPPERTZ, T. Glycemic responses of milk and plant-based drinks: food matrix effects. **Foods**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 453, 2023.

SHRESTHA, A. K.; UA-ARAK, T.; ADHIKARI, B. P.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R. Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). **International Journal of Food Properties**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 661-673, 2007.

SINGH, P.; BILYEU, L.; KRISHNASWAMY, K. Spray drying process optimization: Drought resistant variety (W82) soymilk powder using response surface methodology (RSM). **LWT**, [s.l.], v. 166, p. 113760, 2022.

SINGH-POVEL, C. M.; VAN GOOL, M. P.; ROJAS, A. P. G.; BRAGT, M. C.; KLEINNIJENHUIS, A. J.; HETTINGA, K. A. Nutritional content, protein quantity, protein quality and carbon footprint of plant-based drinks and semi-skimmed milk in the Netherlands and Europe. **Public Health Nutrition**, [s.l.], v. 25, n. 5, p. 1416-1426, 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. Terapia Nutricional no Pré-Diabetes e no Diabetes Mellitus Tipo 2. **Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes**, 2022. Disponível em: <https://diretriz.diabetes.org.br/terapia-nutricional-no-pre-diabetes-e-no-diabetes-mellitus-tipo-2/>. Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

SOLTAN, O. I.; GAZWI, H. S.; RAGAB, A. E.; MAHMOUD, M. E.; FUDLLALAH, F. M.; ALQAHTANI, M. M.; HIKAL, D. M. Antihyperlipidemic effect of bread fortified with potato peel powder against Triton X-100-induced hyperlipidemia in male albino rats. **Journal of Functional Foods**, [s.l.], v. 108, p. 105725, 2023.

SONG, J.; YAN, Y.; WANG, X.; LI, X.; CHEN, Y.; LI, L.; LI, W. Characterization of fatty acids, amino acids and organic acids in three colored quinoas based on untargeted and targeted metabolomics. **LWT**, [s.l.], v. 140, p. 110690, 2021.

SOSNIK, A.; SEREMETA, K. P. Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carriers. **Advances in colloid and interface science**, [s.l.], v. 223, p. 40-54, 2015.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternative for diversification of cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 37, p. 809-893, 2002.

SZYDŁOWSKA, A.; SIWIŃSKA, J.; KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, D. Cereal-based vegan desserts as container of potentially probiotic bacteria isolated from fermented plant-origin food. **CyTA-Journal of Food**, [s.l.], v. 19, n. 1, p. 691-700, 2021.

TACHIE, C.; NWACHUKWU, I. D.; ARYEE, A. N. A. Trends and innovations in the formulation of plant-based foods. **Food production, processing and nutrition**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 16, 2023.

TALÓN, E.; LAMPI, A. M.; VARGAS, M.; CHIRALT, A.; JOUPPIA, K.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Encapsulation of eugenol by spray-drying using whey protein isolate or lecithin: Release kinetics, antioxidant and antimicrobial properties. **Food chemistry**, [s.l.], v. 295, p. 588-598, 2019.

TANAKA, N.; FUJITA, N.; NISHI, A.; SATOH, H.; HOSAKA, Y.; UGAKI, M.; NAKAMURA, Y. The structure of starch can be manipulated by changing the expression levels of starch branching enzyme IIb in rice endosperm. **Plant Biotechnology Journal**, [s.l.], v. 2, n. 6, p. 507-516, 2004.

TILLOTSON, J. E. Fast-casual dining: Our next eating passion?. **Nutrition today**, [s.l.], v. 38, n. 3, p. 91-94, 2003.

TIWARI, M.; SARDAR, N. Concentration, drying and dehydration. **Food processing and preservation**. Mudgil, D. and Mudgil, S. Scientific publishers, India, p. 59-80, 2020.

TONIAZZO, T.; COLLADO-GONZÁLEZ, M.; TADINI, C. C.; MACKIE, A. R. Evaluation of physicochemical properties of honey powder using rice and pea proteins as carriers. **Food Research International**, [s.l.], v. 167, p. 112692, 2023.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of food engineering**, [s.l.], v. 88, n. 3, p. 411-418, 2008.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in food science & technology**, [s.l.], v. 63, p. 91-102, 2017.

TONTUL, I.; TOPUZ, A.; OZKAN, C.; KARACAN, M. Effect of vegetable proteins on physical characteristics of spray-dried tomato powders. **Food Science and Technology International**, [s.l.], v. 22, n. 6, p. 516-524, 2016.

TRAN, E.; DALE, H. F.; JENSEN, C.; LIED, G. A Effects of plant-based diets on weight status: a systematic review. **Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy**, [s.l.], v. 13, p. 3433, 2020.

TROLLER, J.; CHRISTIAN, J.H.B. **Water Activity and Food**. Amsterdam: Elsevier Science, 1978.

UEDA, J. M.; MORALES, P.; FERNÁNDEZ-RUIZ, V.; FERREIRA, A.; BARROS, L.; CAROCHO, M.; HELENO, S. A. Powdered Foods: Structure, Processing, and Challenges: A Review. **Applied Sciences**, [s.l.], v. 13, n. 22, p. 12496, 2023.

UKKUNDA, N. S.; SANTHOSHKUMAR, P.; PARANTHAMAN, R.; MOSES, J. A. X-ray diffraction and its emerging applications in the food industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.l.], p. 1-16, 2024.

USDA. **Dietary Guidelines for Americans 2020 -2025**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/202103/Dietary_Guidelines_for_Americans-2020-2025.pdf. Acesso em: 13 de janeiro de 2022.

VAIKMA, H.; KALEDA, A.; ROSEND, J.; ROSENVALD, S. Market mapping of plant-based milk alternatives by using sensory (RATA) and GC analysis. **Future Foods**, [s.l.], v. 4, p. 100049, 2021.

VAN LOON, L. J.; SARIS, W. H.; VERHAGEN, H.; WAGENMAKERS, A. J. Plasma insulin responses after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. **The American journal of clinical nutrition**, [s.l.], v. 72, n. 1, p. 96-105, 2000.

VEGA, C.; GOFF, H. D.; ROOS, Y. H. Spray drying of high-sucrose dairy emulsions: feasibility and physicochemical properties. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 70, n. 3, p. E244-E251, 2005.

VEGA-GÁLVEZ, A. MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*

willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 90, n. 15, p. 2541-2547, 2010.

VEGA-LÓPEZ, S.; VENN, B. J.; SLAVIN, J. L. Relevance of the glycemic index and glycemic load for body weight, diabetes, and cardiovascular disease. **Nutrients**, [s.l.], v. 10, n. 10, p. 1361, 2018.

VERMA, A.; SINGH, S. V. Spray drying of fruit and vegetable juices—a review. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [s.l.], v. 55, n. 5, p. 701-719, 2015.

VERMA, D. K.; SRIVASTAV, P. P. Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic Indian rice. **Rice Science**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 21-31, 2017.

VERONESE, N.; DEMURTAS, J.; CELOTTO, S.; CARUSO, M. G.; MAGGI, S.; BOLZETTA, F.; STUBBS, B. Is chocolate consumption associated with health outcomes? An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. **Clinical Nutrition**, [s.l.], v. 38, n. 3, p. 1101-1108, 2019.

VLADIĆ, J.; AMBRUS, R.; SZABÓ-RÉVÉSZ, P.; VASIĆ, A.; CVEJIN, A.; PAVLIĆ, B.; VIDOVIĆ, S. Recycling of filter tea industry by-products: Production of *A. millefolium* powder using spray drying technique. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v. 80, p. 197-206, 2016.

WALSH, E. I.; SHAW, J.; CHERBUIN, N. Trajectories of BMI change impact glucose and insulin metabolism. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, [s.l.], v. 28, n. 3, p. 243-251, 2018.

WALTER JR, W. M.; CATIGNANI, G. L.; YOW, L. L.; PORTER, D. H. Protein nutritional value of sweet potato flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 31, n. 5, p. 947-949, 1983.

WALTON, D. E. The morphology of spray-dried particles a qualitative view. **Drying Technology**, [s.l.], v. 18, n. 9, p. 1943-1986, 2000.

WANG, J.; LI, Y.; LI, A.; LIU, R. H.; GAO, X.; LI, D.; XUE, Z. Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. **Food Research International**, [s.l.], v. 150, p. 110790, 2021.

WANG, S.; NIE, S.; ZHU, F. Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, [s.l.], v. 89, p. 90-116, 2016.

WANG, W.; LI, J.; WANG, Z.; GAO, H.; SU, L.; XIE, J.; HAN, Y. Oral hepatoprotective ability evaluation of purple sweet potato anthocyanins on acute and chronic chemical liver injuries. **Cell biochemistry and biophysics**, [s.l.], v. 69, n. 3, p. 539-548, 2014.

WANG, Y. H.; MCINTOSH, G. H. Extrusion and boiling improve rat body weight gain and plasma cholesterol lowering ability of peas and chickpeas. **The Journal of nutrition**, [s.l.], v. 126, n. 12, p. 3054-3062, 1996.

WEI, Y.; LI, P.; LI, B.; GAO, J.; WANG, D.; QIN, L.; LIU, T. Study of the Hypoglycemic Activity of Derivatives of Isoflavones from *Cicer arietinum* L. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2017, 2017.

WEI, Y.; WOO, M. W.; SELOMULYA, C.; WU, W. D.; XIAO, J.; CHEN, X. D. Numerical simulation of mono-disperse droplet spray dryer under the influence of nozzle motion. **Powder Technology**, [s.l.], v. 355, p. 93-105, 2019.

WOLEVER, T. M. S.; BOLOGNESI, C. Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. **The Journal of nutrition**, [s.l.], v. 126, n. 11, p. 2798-2806, 1996.

WOOLFE, J. A. **Sweet potato: an untapped food resource**. Cambridge University Press, 1992.

WORLD CANCER RESEARCH FUND; AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH. **Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective**. Washington, DC: AICR, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Carbohydrate intake for adults and children: WHO guideline**. World Health Organization, 2023.

XIE, Y.; GOU, L.; PENG, M.; ZHENG, J.; CHEN, L. Effects of soluble fiber supplementation on glycemic control in adults with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinical Nutrition**, [s.l.], v. 40, n. 4, p. 1800-1810, 2021.

XU, B. J.; CHANG, S. K. C. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. **Journal of food science**, [s.l.], v. 72, n. 2, p. S159-S166, 2007.

YANG, Y.; ZHOU, L.; GU, Y.; ZHANG, Y.; TANG, J.; LI, F.; CHEN, M. Dietary chickpeas reverse visceral adiposity, dyslipidaemia and insulin resistance in rats induced by a chronic high-fat diet. **British Journal of Nutrition**, [s.l.], v. 98, n. 4, p. 720-726, 2007.

YE, S.; LU, H. Determination of Fatty Acids in Rice Oil by Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS) with Geographic and Varietal Discrimination by Supervised Orthogonal Partial Least Squares Discriminant Analysis (OPLS-DA). **Analytical Letters**, [s.l.], v. 55, n. 5, p. 675-687, 2022.

YUAN, B.; YANG, X. Q.; KOU, M.; LU, C. Y.; WANG, Y. Y.; PENG, J.; JIANG, J. H. Selenylation of polysaccharide from the sweet potato and evaluation of antioxidant, antitumor, and antidiabetic activities. **Journal of agricultural and food chemistry**, [s.l.], v. 65, n. 3, p. 605-617, 2017.

ZHANG, M.; MU, T.; SUN, M. Purification and identification of antioxidant peptides from sweet potato protein hydrolysates by Alcalase. **Journal of Functional Foods**, [s.l.], v. 7, p. 191-200, 2014.

ZHANG, Y.; WANG, L.; BU, Y.; LI, X.; ZHANG, S.; QIN, Y.; LIU, Y. Effects of radio frequency heating on the glass transition, protein structure, and volatile compounds profile of commercial powdered infant formula milk. **Food Control**, [s.l.], v. 154, p. 109987, 2023.

ZHAO, J. G.; YAN, Q. Q.; LU, L. Z.; ZHANG, Y. Q. In vivo antioxidant, hypoglycemic, and anti-tumor activities of anthocyanin extracts from purple sweet potato. **Nutrition research and practice**, [s.l.], v. 7, n. 5, p. 359-365, 2013.

ZIA-UL-HAQ, M.; IQBAL, S.; AHMAD, S.; IMRAN, M.; NIAZ, A.; BHANGER, M. I. Nutritional and compositional study of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Punjab, Pakistan. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 105, n. 4, p. 1357-1363, 2007.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) 1

TÍTULO DA PESQUISA: AVALIAÇÃO DA GLICEMIA APÓS INGESTÃO DE SOBREMESA VEGETAL OU SOBREMESA LÁCTEA COMERCIAL

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário de uma pesquisa para provar uma sobremesa vegetal (que contém somente ingredientes de origem vegetal: grão de bico, quinoa, batata doce, arroz, cacau e sacarose (açúcar) e uma sobremesa láctea comercial sabor chocolate (ingredientes: Leite integral e/ou leite integral reconstituído, açúcar, creme de leite, amido modificado, cacau em pó, soro de leite em pó, leite em pó desnatado, corante caramelo IV, estabilizante pirofosfato tetrassódico, regulador de acidez fosfato dissódico e espessante carragena), realizada pela professora Socorro Vanesca Frota Gaban. Este documento, assegura seus direitos como participante sendo elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra como pesquisador. Por favor, leia com atenção, aproveitando para tirar suas dúvidas. Não haverá nenhum tipo de penalização caso você não aceite participar ou retire sua autorização em qualquer momento.

O objetivo do presente trabalho é analisar a glicemia de participantes voluntários após a ingestão de uma sobremesa láctea comercial sabor chocolate e de uma solução de glicose dissolvida em água.

RISCOS: Caso você seja diabético ou apresente alergia ou intolerância a algum dos ingredientes você NÃO poderá participar. Durante a picada no dedo, para a coleta do sangue, você poderá sentir uma dor suportável da picada da agulha. Caso você apresente algum mal estar durante ou após a coleta de sangue, devido a ingestão do alimento ou pela picada, o autor principal da pesquisa se compromete a levá-lo aos cuidados médicos até o seu total restabelecimento. Todos os cuidados para a prevenção da COVID-19 serão tomados, com disponibilidade de álcool 70%, uso de materiais descartáveis, fornecimento de máscara se necessário e medidas adequadas de distanciamento e higienização com álcool 70% do local das análises.

BENEFÍCIOS: A pesquisa não trará nenhum benefício imediato, mas você está contribuindo com o desenvolvimento de uma nova sobremesa, além de contribuir para as pesquisas.

A sua participação consistirá, após jejum noturno de 10 a 12 horas, provar 1 sobremesa vegetal (241,66g) ou comercial (225g), ou glicose (50g diluídos em 250 ml de água),

servidas refrigeradas em copo e colher descartáveis, acompanhada com 250 ml de água potável para consumo servida em copo descartável. A sua participação em cada teste terá duração média de 2h30 minutos. Antes de consumir a sobremesa, uma amostra de sangue (1 mL) será coletada por picada no dedo usando uma agulha pequena de um aparelho comercial de verificar a glicemia. Amostras adicionais de sangue por picada no dedo serão coletadas aos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após o início da alimentação. Deverá ser dado um intervalo de 1 a 3 dias entre as avaliações. No total serão 6 dias de participação, com duração média de 2 horas e 30 minutos, cada dia

O pesquisador se compromete a utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa e você não receberá nenhum pagamento por participar da pesquisa. Garantimos que as informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pela pesquisa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.

Endereço da responsável pela pesquisa:

Nome: Socorro Vanesca Frota Gaban

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: vanescadm@hotmail.com

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ, Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. Att., CEP/UFC/PROPESQ 3366-8346

O abaixo assinado _____, _____ anos,
RG: _____, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Nome do participante da pesquisa

Assinatura

Nome do pesquisador

Assinatura

Nome da testemunha
(se o voluntário não souber ler)

Assinatura

Nome do profissional
que aplicou o TCLE

Assinatura

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**2****TÍTULO DA PESQUISA: AVALIAÇÃO DA SACIEDADE APÓS A INGESTÃO DE SOBREMESA VEGETAL E SOBREMESA LÁCTEA COMERCIAL**

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário de uma pesquisa para provar uma sobremesa vegetal (que contém somente ingredientes de origem vegetal: grão de bico, quinoa, batata doce, arroz, cacau ou alfarroba e sacarose (açúcar)) e uma sobremesa láctea comercial sabor chocolate (ingredientes: Leite integral e/ou leite integral reconstituído, açúcar, creme de leite, amido modificado, cacau em pó, soro de leite em pó, leite em pó desnatado, corante caramelo IV, estabilizante pirofosfato tetrassódico, regulador de acidez fosfato dissódico e espessante carragena), realizada pela professora Socorro Vanesca Frota Gaban. Este documento, assegura seus direitos como participante sendo elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra como pesquisador. Por favor, leia com atenção, aproveitando para tirar suas dúvidas. Não haverá nenhum tipo de penalização caso você não aceite participar ou retire sua autorização em qualquer momento.

O objetivo do presente trabalho é analisar a saciedade de participantes voluntários após a ingestão de uma sobremesa vegetal e de uma sobremesa láctea comercial.

RISCOS: Caso você seja diabético ou apresente alergia ou intolerância a algum dos ingredientes você NÃO poderá participar. Caso você apresente algum mal estar durante ou após a ingestão do alimento, o autor principal da pesquisa se compromete a levá-lo aos cuidados médicos até o seu total restabelecimento. Todos os cuidados para a prevenção da COVID-19 serão tomados, com disponibilidade de álcool 70%, uso de materiais descartáveis, fornecimento de máscara se necessário e medidas adequadas de distanciamento e higienização com álcool 70% do local das análises.

BENEFÍCIOS: A pesquisa não trará nenhum benefício imediato, mas você está contribuindo com o desenvolvimento de uma nova sobremesa, além de contribuir para as pesquisas.

A sua participação será da seguinte forma: após jejum noturno de 10 a 12 horas, você irá provar 1 sobremesa vegetal (241,66g) ou uma sobremesa comercial (225g), servidas refrigeradas em copo e colher descartáveis, acompanhada com 250 ml de água potável para consumo servida em copo descartável. Antes de consumir a sobremesa, você irá preencher uma escala para demonstrar o quão saciado você está. Em seguida, deverá consumir a sobremesa e

preencher as escalas aos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após o início da alimentação. Deverá ser dado um intervalo de 1 a 3 dias entre as avaliações. No total serão 4 dias de participação, com duração média de 2 horas e 30 minutos, cada dia.

O pesquisador se compromete a utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa e você não receberá nenhum pagamento por participar da pesquisa. Garantimos que as informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pela pesquisa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.

Endereço da responsável pela pesquisa:

Nome: Socorro Vanesca Frota Gaban

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: vanescfm@hotmail.com

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ, Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. Att., CEP/UFC/PROPESQ 3366-8346

O abaixo assinado _____, _____ anos,
RG: _____, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Nome do participante da pesquisa

Assinatura

Nome do pesquisador

Assinatura

Nome da testemunha
(se o voluntário não souber ler)

Assinatura

Nome do profissional
que aplicou o TCLE

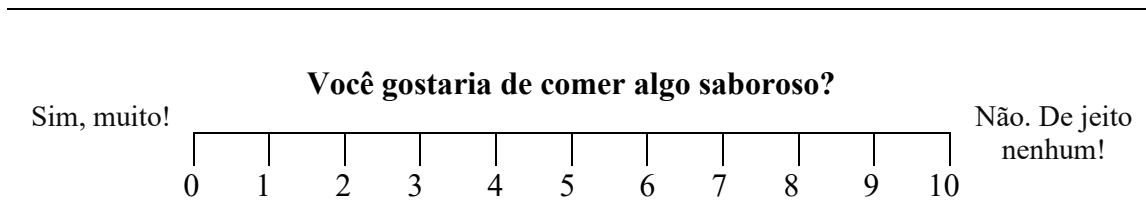
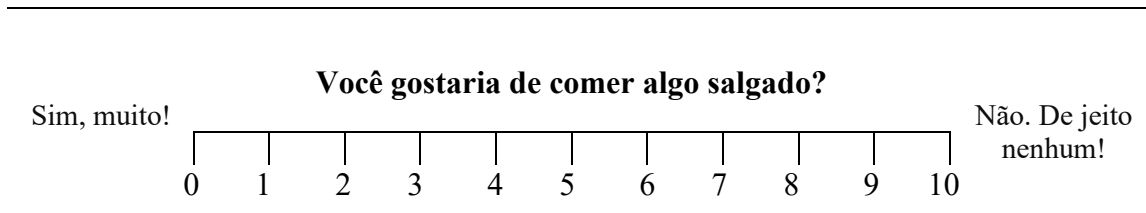
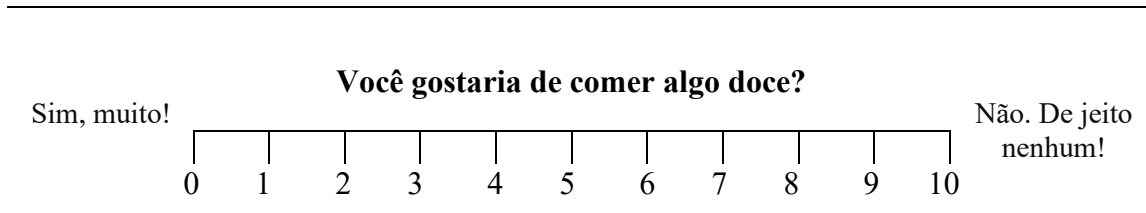
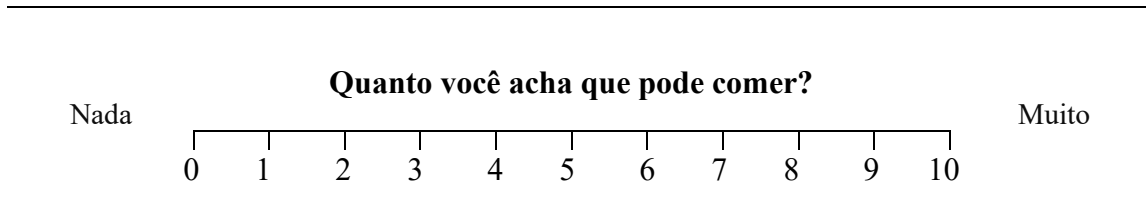
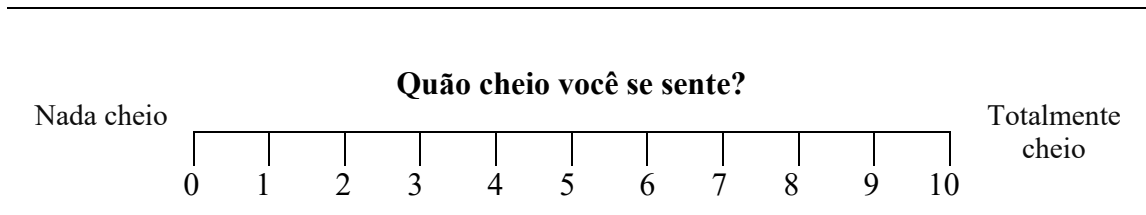
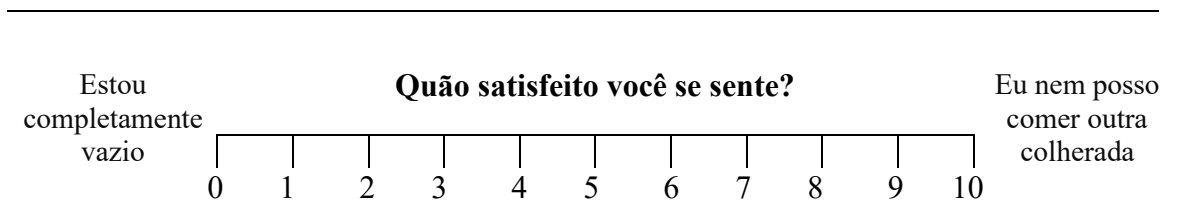
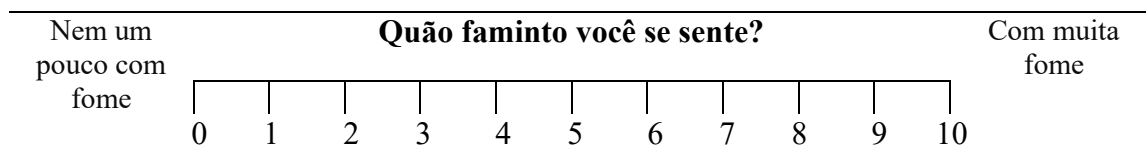
Assinatura

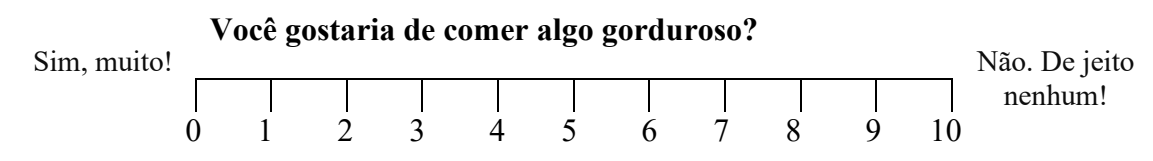
ANEXO A – ESCALA VISUAL ANALÓGICA (Flint *et al.*, 2000)

Nome: _____ Data: ____/____/____

Produto: ☐ Sobremesa vegetal ☐ Sobremesa comercial

Por favor, faça um traço vertical na escala no ponto que melhor descreve a intensidade de cada sensação percebida em resposta a cada uma das perguntas abaixo:





ANEXO B – ARTIGO 1 - EFFECT OF DIFFERENT CARRIER AGENTS ON THE YIELD OF POWDERED PLANT BEVERAGE OBTAINED BY SPRAY DRYING AND CHARACTERIZATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

ACS
FOOD
SCIENCE & TECHNOLOGY

This article is licensed under [CC-BY 4.0](#)

pubs.acs.org/acsfoodscitech

Article

Effect of Different Carrier Agents on the Yield of Powered Plant Beverage Obtained by Spray Drying and Characterization of Physicochemical Properties

Maria Tereza Lucena Pereira, Michele Pereira Cavalcante, Soraya Ferreira da Silva, Ye Sensheng, Sandra dos Santos Silva, Andrea Cardoso de Aquino, Ídila Maria da Silva Araújo, Emanuel Sousa Dantas, Bárbara Maria Borges da Silva, Elenilson de Godoy Alves Filho, Lorena Mara Alexandre e Silva, and Socorro Vanesca Frota Gaban*

 Cite This: *ACS Food Sci. Technol.* 2024, 4, 2392–2399

 Read Online

ACCESS |

 Metrics & More

 Article Recommendations

ABSTRACT: Plant-based foods have become increasingly popular among consumers because of their health benefits and their sustainable nature. Powdered foods are a convenient option that are easy to store and transport. Therefore, this study aimed to develop a powdered plant-based beverage using a combination of chickpeas, quinoa, sweet potato, brown rice, and cocoa and evaluate the effect of different carrier agents (10% maltodextrin or 10% pea protein isolate) and dilution percentages (0, 30, 50, 70, and 90%) on the powder yield. The powdered plant beverage was obtained by spray drying. M4 (maltodextrin4), with a 60% dilution and 10% maltodextrin, was selected for physicochemical characterization. X-ray diffraction analysis indicated that the resulting powdered beverage had an amorphous structure. The M4 sample exhibits a pH of 5.38 ± 0.09 , titratable acidity of 0.78 ± 0.04 , moisture content of $2.61 \pm 0.22\%$, water activity of 0.23 ± 0.02 , solubility of 52.29 ± 2.94 , hygroscopicity of 5.00 ± 0.86 , bulk density of 0.40 ± 0.0 g/mL, and rehydration time of 34.57 s. The content of ash was $0.51 \pm 0.07\%$, protein was $3.85 \pm 0.14\%$, lipid was $1.46 \pm 0.18\%$, carbohydrates was $91.37 \pm 0.15\%$, energy value was 119.91 ± 0.14 kcal/100 mL, and insoluble, soluble, and total fibers were 5.51 ± 1.24 , 1.51 ± 0.42 , and $6.69 \pm 1.61\%$, respectively. The antioxidant activity was $99.36 \pm 0.17\%$. NMR spectroscopy detected sucrose, maltotriose, and threonine as the primary organic compounds. In conclusion, this product shows promising market potential because of its favorable characteristics, such as its amorphous nature, nonhygroscopicity, satisfactory rehydration time, and antioxidant activity.

KEYWORDS: vegetable powders, sustainable, plant-based food

1. INTRODUCTION

Plant-based food products are produced exclusively with ingredients from plants, such as nuts, fruits, leaves, vegetables, grains, legumes, and roots.¹ Innovation in the food technology sector has contributed to these products having an appearance, aroma, flavor, and texture similar to those of products of animal origin, such as cheese, milk, and meat.¹ Moreover, plant-based foods have received much attention as a source of phenolic compounds, vitamins, minerals, and fiber, but mainly as a sustainable source of essential amino acids.²

The growing demand for plant-based food products is driven by people's increasing focus on health, environmental, and animal welfare concerns, as well as religious reasons, and the increase in the vegetarian population and those with allergies to animal proteins among consumers.¹ According to this trend, the global market for plant-based food is expected to reach US \$113.1 billion by 2031.³ In this scenario, the demand for powdered plant-based foods is also growing in the market because they are relatively easy to prepare for consumption, preservation, storage, and transport.² Consequently, the industrialization of plant-based food products is growing, and

there is a need for knowledge about novel plant-based products.⁴

Powdered food products represent a large proportion of the total processed commercial foods on the market, occupying a range of applications such as dry beverages, instant coffee, powdered milk, sugar, and ice cream mixes.^{2,5} These products can be defined as fine and cohesive solid particles obtained by partial removal of water through natural drying methods (e.g., sun drying or solar drying) or artificial drying (e.g., radiation, freeze-drying, osmotic drying, dielectric drying, or spray dryer).^{2,5} Artificial dryers reduce drying time compared to natural drying methods. Moreover, some methods, like the spray dryer method, present benefits, such as a quick

Received: June 26, 2024
Revised: September 23, 2024
Accepted: September 24, 2024
Published: September 30, 2024



 ACS Publications

© 2024 The Authors. Published by
American Chemical Society

2392

<https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00478>
ACS Food Sci. Technol. 2024, 4, 2392–2399