

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA FARINHA DE TRIGO E DO AÇÚCAR ADICIONADO PELA FARINHA DO BAGAÇO DE UVA BRANCA EM BOLOS PARA ATENDER DEMANDA DE SAUDABILIDADE

Eduardo Rolemberg de Albuquerque Amaral¹; Camila Galego Rubio¹; Tatiana Guinoza Matuda²

¹Alunos de Iniciação Científica do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

²Professora do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Resumo. *Os resíduos e os impactos ambientais resultantes da produção de vinho geram a necessidade de agregar valor econômico, nutricional e ambiental a esses subprodutos. Uma alternativa para o aproveitamento desses resíduos é o uso do bagaço de uva em forma de farinha em produtos de panificação como pães, biscoitos e bolos. O objetivo deste projeto foi estudar a substituição parcial da farinha de trigo na formulação de bolos, pela farinha do bagaço de uva branca na proporção de 0 a 20 %. A farinha do bagaço de uva branca foi caracterizada em relação à composição centesimal, atividade de água, cor, densidade e tamanho de partícula; avaliada em relação à Salmonella, E. coli e B. cereus. Os bolos controle e com substituição foram caracterizados em relação à composição centesimal, atividade de água, cor, capacidade antioxidante, compostos fenólicos e textura. A análise microbiológica da farinha apresentou resultados negativos. Os bolos com substituição por farinha do bagaço de uva branca apresentaram um aumento no teor de fibras e uma redução nos teores de açúcares, mostrando que a incorporação da farinha do bagaço de uva branca em bolos atende à demanda de saudabilidade.*

Introdução

As frutas e legumes geram aproximadamente 22 % de sua massa de perdas e desperdícios ao longo da cadeia produtiva. Embora seus resíduos possam ser aproveitados na produção de alimentos ricos em fibras e compostos bioativos, no cenário industrial, são poucos os casos que exploram essa estratégia de redução e eliminação de perdas (Santos, Silva e Pintado, 2022). É de suma importância, para toda a cadeia produtiva, promover o aproveitamento de resíduos e a valorização dos subprodutos gerados na indústria, dada o impacto ambiental negativo (FAO, 2019). Garantir a implementação de padrões de produção e de consumo sustentáveis é um dos 17 objetivos da Organização das Nações Unidas para o desenvolvimento sustentável global até 2030, de modo a diminuir a geração de resíduos, com ações de prevenção, redução, reciclagem e reuso (ONU, 2015).

A produção de uva no Brasil em 2023 foi de 1,76 milhões de toneladas (IBGE, 2024). A obtenção do vinho e do suco de uva gera de 20-50 % da massa das uvas em resíduos como o bagaço (casca e sementes), o engaço (cachos da uva) e a borra da fermentação, sendo 23 % de bagaço (Martinelli e Cavalli, 2019). A gestão dos subprodutos da indústria vitivinícola apresenta desafios significativos na destinação de resíduos, o que pode contribuir com a poluição do meio ambiente. Uma alternativa é o uso da casca em forma de farinha em produtos de panificação como pães, biscoitos e bolos (Kuchtová *et al.*, 2016; Ortega-Heras *et al.*, 2019).

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI, 2024), a produção de bolos industrializados no Brasil em 2023 foi de 61 mil toneladas, um aumento de 2 mil toneladas em relação ao ano de 2022. Desse modo, o seu enriquecimento com vitaminas, minerais, bioativos e fibras é considerado uma forma eficaz de produzir alimentos de alto valor nutricional e auxiliar a saúde das pessoas. Entretanto, para o uso da farinha de frutas e vegetais ou de seus resíduos em produtos de panificação, há uma limitação devido ao enfraquecimento da rede de glúten em pães e bolos tradicionalmente elaborados com farinha de trigo, alterando volume, cor, textura e as características sensoriais (Salehi e Aghajanzadeh, 2020).

Não obstante os desafios enfrentados na reutilização de subprodutos alimentares, faz uma parcela significativa de pesquisadores focar na conversão de subprodutos em produtos de alto valor agregado, como massas secas (Spinelli *et al.*, 2019). Çağındı, Akca e Köse (2023) aplicaram sementes de melão em bolos, analisando três amostras: a controle e as com substituição parcial da farinha de

trigo integral e da gordura por 40 % e 60 % de farinha de semente de melão. A amostra com 60 % de farinha de semente de melão quintuplicou os valores de potássio e magnésio, aumentou 1,5 vezes o teor de proteína e aumentou o teor de fibras em comparação ao controle. Porém, a amostra com 40 % de farinha de semente de melão obteve melhor aceitação sensorial.

Souza *et al.* (2022) conduziram um estudo sobre o impacto do uso da casca de cacau em pó como substituto da farinha de trigo em algumas propriedades do bolo de chocolate. O aumento gradual da porcentagem de casca de cacau em pó nos bolos resultou em formulações com alta capacidade antioxidante. A proporção de até 75 % de casca de cacau em pó proporcionou bolos com propriedades reológicas satisfatórias e alta aceitação sensorial em relação à aparência, aroma e textura.

Nakov *et al.* (2020) estudaram a influência do pó do bagaço de uva (*Vitis vinifera*), na composição química, nas propriedades nutricionais e nas características físicas de bolos, nos quais a farinha de trigo foi substituída por pó de bagaço de uva em 4 %, 6 %, 8 % e 10 %. A adição progressiva de pó de bagaço de uva aumentou gradativamente os teores de cinzas, lipídeos, proteínas, fibras, antocianinas e conteúdo total de polifenóis, assim como na capacidade antioxidante (DPPH, FRAP), ao passo que houve redução na umidade e pH. As coordenadas de cor L^* e a^* diminuíram, enquanto b^* aumentou. O bolo contendo 4 % de pó de bagaço de uva apresentou a melhor aceitação sensorial. A adição de pó de bagaço de uva melhorou significativamente o teor de fenólicos, altamente biodisponíveis e escassos em produtos do trigo, e, portanto, o valor nutricional dos bolos sem comprometer os seus atributos tecnológicos e sensoriais.

O objetivo deste trabalho foi estudar a substituição parcial da farinha de trigo na formulação de bolos, pela farinha do bagaço de uva branca na proporção de 0 a 20 % e o ajuste da quantidade de açúcar adicionado. Além disso, caracterizar os bolos em relação à composição centesimal, atividade de água, cor, capacidade antioxidante, compostos fenólicos e textura.

Material e Métodos

O bagaço de uva branca (*Vitis vinifera*, variedade Viognier) foi obtido da extração de suco em processos de vinificação. O resíduo é composto por cascas, sementes e caules, originário da Vinícola Legado, localizada na cidade de Campo Largo – PR, safra de 2023. Este recebeu tratamento com metabisulfito na concentração de 15 g/ 100 kg de uva antes da extração do suco e foi caracterizado por Amorim e Matuda (2023). O bagaço foi mantido congelado a -20 °C até sua utilização.

A farinha do bagaço de uva branca (FU) foi obtida pelo descongelamento em temperatura ambiente por 6 h, prensagem, secagem, moagem e peneiramento do resíduo. Nove quilos do resíduo foram submetidos à prensagem na prensa Pavitest (CBR/Marshall Microprocessada, EUA) com velocidade de 10 mm/min e carga limite de 30 kgf por 3 min para extração de 30 % em massa de líquido. O resíduo prensado foi levado à estufa com circulação de ar forçada (modelo 420-8D, Ethik, Brasil) por 24 h a 45 °C. O resíduo seco foi moído no moinho analítico (modelo A11 Basic, IKA, Alemanha) durante 10 s e peneirado com o uso de peneira com abertura de 300 μ m. Obteve-se rendimento de 70 % após prensagem, 33 % após secagem e 63 % após peneiramento.

A farinha obtida foi analisada em relação ao teor de água em estufa com circulação de ar forçado (modelo 420-4D, Ethik, Brasil) a 105 °C por 3 h. Os teores de proteínas pelo método Kjeldahl, de cinzas em mufla (modelo Q.318.24, Quimis, Brasil) à 550 °C, de açúcares redutores em glicose e não-redutores em sacarose de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O teor de lipídeos foi determinado por Bligh e Dyer (1959), todos em triplicata.

O teor de fibras alimentares foi determinado por método enzimico-gravimétrico utilizando as enzimas alfa-amilase termo resistente, protease e amiloglucosidase da Megazyme (K-TDFR-100A) (Prosky *et al.*, 1992). Carboidratos foi determinado por diferença.

O pH, medido em pHmetro (modelo B474, Micronal, Brasil), a atividade de água (A_w) medida no medidor de atividade de água (modelo 4TE, AquaLab, Brasil) e a acidez titulável foram determinados de acordo com IAL (2008), em triplicata. Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* pelo sistema HunterLab em colorímetro (modelo ColorQuest XE, HunterLab Inc., EUA) com iluminante D65 e ângulo de abertura de 10° com o programa EasyMatchQC versão 4.77.

A FU também foi analisada em relação aos padrões microbiológicos de alimentos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 161 de 2022 (ANVISA, 2022), que para farinhas é de *Escherichia coli*/g, *Bacillus cereus* presuntivo/g e de *Salmonella* em 25 g em 5 amostras (Tabela 1). A *Escherichia coli* seguiu o método NMP APHA 9:2015 e APHA/AWWA/WEF 9221:20, a *Salmonella* de acordo com BAM/FDA: 2016 e *Bacillus cereus* presuntivo conforme APHA 31.61:2015 (Silva *et al.*, 2017).

Tabela 1 – Plano de amostragem para farinhas, amidos, féculas e fubás de acordo com IN nº 161/2022 (ANVISA, 2022)

Microorganismo	
<i>Salmonella</i> / 25g	n=5; c=0; m= Ausência
<i>B. cereus</i> presuntivo/g	n=5; c=1; m= 10 ² ; M= 10 ³
<i>E. coli</i> /g	n=5; c=3; m=10; M=10 ²

*Em que: n – número de unidades amostrais; c – número de unidades amostrais toleradas com qualidade intermediária; m – limite microbiológico estabelecido (2 classes) e limite microbiológico de “qualidade aceitável” e “qualidade intermediária” (3 classes); M – limite microbiológico de “qualidade intermediária” e “qualidade inaceitável” (3 classes).

A FU e a farinha de trigo (FT) foram analisadas em relação à distribuição do tamanho de partícula e percentis D_{10} , D_{50} e D_{90} por difração à laser (modelo Bettersizer S3 Plus, Bettersize, China) com água como dispersante (índice de refração de 1,33). O método aplica o diâmetro equivalente em volume para apresentar a distribuição do tamanho das partículas. D_{10} indica que 10 % da massa da amostra possui tamanho menor do que seu valor, enquanto 90 % tamanho maior. D_{50} e D_{90} seguem o mesmo princípio (Bettersize Instruments, 2023). A densidade das farinhas foi determinada no picnômetro a gás hélio (modelo AD200, ACP Instruments, Brasil).

As farinhas foram metalizadas com uma fina camada de ouro-paládio e analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) (modelo Vega LMU, Tescan, Tchêquia) para verificar as características e a morfologia das partículas, usando a técnica de elétrons secundários para fornecer topografia de superfície. As ampliações foram de 100× e 1000×. A FT também foi caracterizada em relação à cor e teor de água conforme os métodos citados anteriormente.

A formulação base do bolo foi fornecida pela La Panoteca, Curitiba - PR, empresa parceira na aquisição do bagaço de uva branca. Os bolos foram produzidos pelo método tipo massa (Godefroidt *et al.*, 2019) com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do bagaço de uva branca e adequação do açúcar adicionado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Formulação dos bolos controle e com substituição parcial da FT pela FU a 10 %, 15 % e 20 %

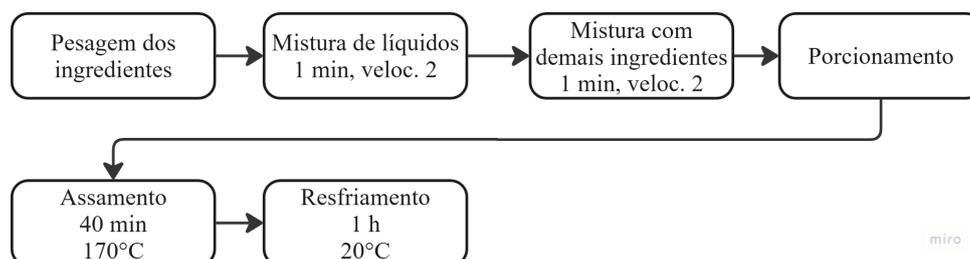
Ingredientes (%)	Controle	10 %	15 %	20 %
FT	35	32	31	30
FU	-	3	5	7
Açúcar refinado	24	24	23	22
Ovos	21	21	21	21
Óleo de soja	17	17	17	17
Emulsificante*	2	2	2	2
Fermento químico	1	1	1	1

*Marca Selecta Emustab. Lista de ingredientes: água, emulsificantes: monoglicerídeos de ácidos graxos destilados (INS 471), sal de ácidos graxos (INS 470), monoestearato de sorbitana (INS 491) e polioxietileno de monoestearatos de sorbitana (INS 435).

Pesou-se os ingredientes em balança semi analítica (modelo AS5500C, Marte, Brasil). O batimento da massa do bolo foi realizado na batedeira (modelo Artisan, KitchenAid, Brasil) em duas etapas: batimento de açúcar, óleo e ovos por 1 min na velocidade 2; adição das farinhas, fermento e emulsificante e batimento por 1 min em velocidade 2. Colocou-se a massa em formas descartáveis (modelo D10-100, Wyda, Brasil), de 21,2 cm de comprimento e 10,2 cm de largura. O assamento foi realizado no forno de lastro (modelo Fit 4.6, Prática, Brasil) a 170 °C por 40 min. O forno foi pré-aquecido por 2 h. Os bolos foram posicionados no centro do forno. Após o assamento, os bolos foram

acomodados sobre uma grade e resfriados a 20 °C por 1 h, conforme apresentado na Figura 1. Para 930 g de massa crua, 310 g em três formas, obteve-se 868 g de bolo assado.

Figura 1 – Diagrama de blocos da produção dos bolos



A massa crua foi analisada em relação à densidade em um recipiente com volume conhecido, 61,7 ml, e pH no medidor de pH (modelo HI981038, HANNA Instruments, Itália).

Os bolos foram analisados em relação ao teor de água, proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos, fibras, açúcares redutores em glicose e não-redutores em sacarose, acidez titulável, pH, A_w e cor seguindo os mesmos métodos utilizados para a análise da FU.

Foram obtidos extratos dos bolos para análises de capacidade antioxidante e compostos fenólicos a partir de 3 g de amostra e de 40 ml de álcool metílico 50 %, 40 ml de acetona 70 % e 20 ml de água destilada (Rufino *et al.*, 2007).

A capacidade antioxidante foi determinada pelo método de sequestro do radical DPPH, que consiste na reação de 0,1 ml do extrato da amostra com 3,9 ml da solução de DPPH (2,2-difenyl-1-picrylhidrazyl) 0,06mM, mantida no escuro por 30 min à temperatura ambiente. A absorbância foi medida no espectrofotômetro (modelo UV-2600, Shimadzu, Brasil) a 515 nm. Uma solução controle foi usada como branco e a curva de calibração foi obtida com Trolox ((±)-6-Hidroxy-2,5,7,8-tetramethylcromane-2-carboxylic acid) como padrão e os resultados foram expressos em μmol de Trolox equivalente por grama de material seco, conforme a Equação 1 (Brand-Williams *et al.*, 1995).

$$DPPH \left[\frac{\mu\text{mol TE}}{\text{g matéria seca}} \right] = \frac{x \cdot V \cdot D}{M \cdot (1 - U)} \quad (1)$$

Em que: x é a concentração de Trolox equivalente ($\mu\text{mol TE} \cdot \text{L}^{-1}$), V é o volume utilizado para preparar o extrato, D é o fator de diluição, M é a massa utilizada no extrato (g) e U é a umidade da amostra (b.u.).

Os compostos fenólicos foram determinados com o reagente de Follin-Ciocalteu. Uma alíquota de 0,5 ml do extrato da amostra, 0,5 ml do reagente Follin-Ciocalteu (FCR), 4 ml de carbonato de sódio 7,5 % e 5 ml de água destilada foram homogeneizados e repousaram por 2 h no escuro. A absorbância foi medida no espectrofotômetro (modelo UV-2600, Shimadzu, Brasil) a 760 nm, em duplicata. Como branco, foi utilizado água destilada com FCR e carbonato de sódio. A calibração da curva foi realizada com ácido gálico e os resultados foram expressos como ácido gálico equivalente (mg GAE/ g de matéria seca), de acordo com a Equação 2 (Singleton *et al.*, 1999).

$$\left[\text{mg} \frac{\text{GAE}}{\text{g}} \right] = \frac{[\text{curva}] \cdot V \cdot D}{1000 \cdot M} \quad (2)$$

Em que: $[\text{curva}]$ é a concentração obtida na curva padrão (mg GAE/L), V é o volume utilizado para preparar o extrato (ml), D é o fator de diluição, M é a massa utilizada no extrato (g).

As demais análises foram realizadas a partir dos mesmos métodos descritos anteriormente para a farinha, com exceção da acidez titulável.

Os parâmetros de textura do bolo foram medidos no analisador de textura (modelo TA-XT2i, Stable Micro Systems, Inglaterra), método *Texture Profile Analysis* (TPA) (Szczeniak, 2002), em dez amostras, sob velocidade do pré-teste de 2,0 mm/s, velocidade do teste de 5,0 mm/s, velocidade do pós-teste de 5,0 mm/s, distância de 20 mm, gatilho de 20 g (auto), tempo entre as duas compressões de 5 s, para análise dos seguintes parâmetros: Dureza: força necessária para comprimir o alimento sólido entre os molares ou o alimento semissólido entre língua e palato; Adesividade: trabalho

necessário para puxar o alimento de uma superfície; Elasticidade: grau de retorno do produto à forma original; Coesividade: grau em que alimento é comprimido entre os dentes antes de romper; Gomosidade: força necessária para desintegrar um alimento semissólido até que fique adequado para deglutição; Mastigabilidade: trabalho necessário para mastigar um alimento sólido até que fique adequado para deglutição; Resiliência: o quanto que um alimento comprimido recupera de seu tamanho e forma originais após a remoção da carga.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com auxílio do programa Minitab® 16.2.3, com nível de confiança de 95 %.

Para o balaço de massa e de energia dos bolos, foram utilizados os dados de composição centesimal da Tabela TACO (NEPA, 2011). Calculou-se a quantidade de cada componente considerando a batelada de 930 g. Partindo do pressuposto de que a água é o único componente que evapora durante o processo de assamento, a quantidade dos demais componentes permanece constante ao longo do processo. Dessa forma, é possível calcular a massa total do bolo assado utilizando a Equação 3. Além disso, a Equação 4 apresenta o cálculo da massa de água após o assamento.

$$m_{total} = \frac{m_{carboidratos} + m_{proteínas} + m_{lipídeos} + m_{fibras} + m_{cinzas}}{(1 - (\text{porcentagem de água pós forno}))} \quad (3)$$

$$m_{água} = m_{total} - (m_{carboidratos} + m_{proteínas} + m_{lipídeos} + m_{fibras} + m_{cinzas}) \quad (4)$$

Segundo Koretsky (2007), a Primeira Lei da Termodinâmica afirma que a energia total de um sistema se conserva. A energia de um sistema é representada pela Equação 5.

$$\Delta U + \Delta Ek + \Delta Ep = Q + W \quad (5)$$

Em que: ΔU é a variação de energia interna (J), ΔEk a variação de energia cinética (J) ΔEp a variação de energia potencial (J), Q o calor (J) e W o trabalho (J).

Considerando que no processo estudado não há variação de energia cinética ou potencial e a ausência de trabalho, a equação do balanço de energia na etapa de assamento é representado pela Equação 6.

$$Q_{BA} = m_{MCB} \cdot Cp_{20-100^{\circ}C} \cdot \Delta T + m_{AE} \cdot \Delta H_A + m_{BA} \cdot Cp_{100-170^{\circ}C} \cdot \Delta T \quad (6)$$

Em que: Q_{BA} e o calor necessário para assar os bolos (J), m_{MCB} a massa da massa crua do bolo (kg), m_{AE} a massa da água evaporada (kg), m_{BA} a massa do bolo assado (kg), ΔT a variação de temperatura ($^{\circ}C$), ΔH_A o calor latente da água evaporada (J/kg) e Cp o calor específico (kJ/(kg. $^{\circ}C$)).

Os valores de Cp foram obtidos a partir do modelo de Choi e Okos (1986), considerando a média de temperatura das etapas de processamento.

Resultados e Discussão

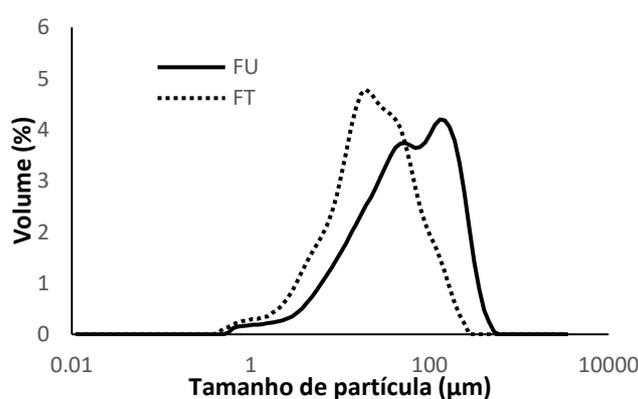
Os resultados das análises microbiológicas foram negativos para *Salmonella* e para *E. coli* e *B. cereus*, assim a farinha do bagaço de uva branca está em conformidade com a IN n° 161 de 2022 (ANVISA, 2022). A FU apresentou (10,6 ± 0,2) % de proteínas, (2,20 ± 0,09) % de lipídeos, (5,06 ± 0,02) % de cinzas, 73,89 % de carboidratos, (34,9 ± 0,9) % de fibras alimentares, (25,1 ± 0,8) % de açúcares redutores e (11,1 ± 0,7) % de açúcares não redutores. Acidez Titulável de (5,17 ± 0,02) g ác. tartárico/100 g, pH de (3,86 ± 0,02) e A_w de (0,429 ± 0,003). Demais resultados das análises físico-químicas da FU e da FT estão apresentados na Tabela 3.

A FU apresentou partículas maiores do que a FT em todos os percentis analisados na distribuição de partículas (Tabela 3 e Figura 2). Foi escolhida a peneira de 300 μm para FU pois era a mais próxima da abertura estabelecida pela IN n° 08, de 2 de junho de 2005 (MAPA, 2005), que estabelece que 95 % do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 μm . No entanto, a FT comercial apresentou um D_{90} de 81 μm , valor consideravelmente inferior aos 250 μm .

Tabela 3 – Caracterização físico-química da FU e da FT

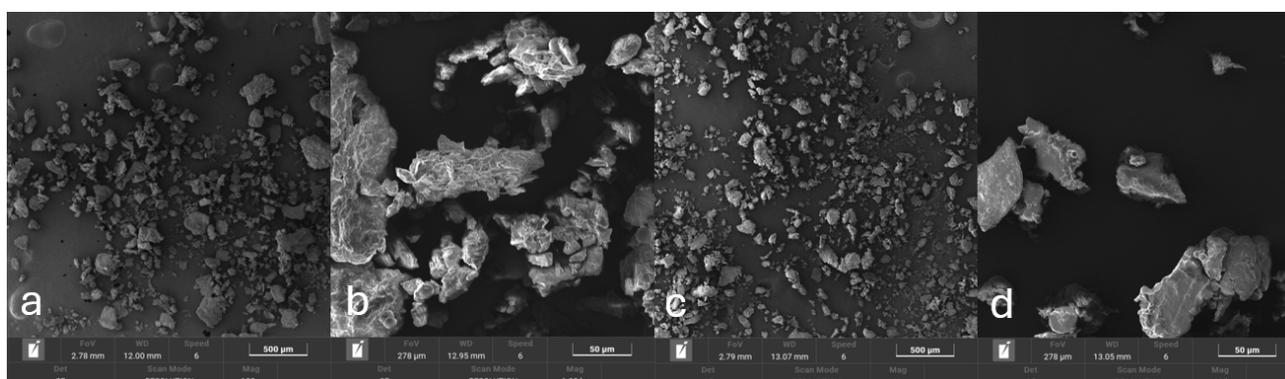
	FU	FT
Água (%)	8,3 ± 0,1	12,88 ± 0,04
Densidade 25°C (g/cm ³)	1,825	1,963
Cor		
<i>a</i> *	8,5 ± 0,1	0,52 ± 0,01
<i>b</i> *	17,9 ± 0,1	10,35 ± 0,07
<i>L</i> *	54,4 ± 0,3	91,4 ± 0,2
DPPH (µmol TE/g material seco)	17.421 ± 1.446	
Tamanho de partícula (µm)		
<i>D</i> ₁₀	8,4 ± 0,1	4,53 ± 0,04
<i>D</i> ₅₀	53,8 ± 0,7	21,5 ± 0,1
<i>D</i> ₉₀	199 ± 3	81 ± 1

Figura 2 – Distribuição do tamanho de partículas da FU e FT



As imagens obtidas da FU e da FT a partir da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), com uma ampliação de 100× e 1000×, mostram estrutura e tamanho diferentes das duas partículas (Figura 3). É possível observar nas partículas de FU e FT, as diferenças na superfície, no formato e no agrupamento das partículas. Essas diferenças refletem a natureza distinta dos materiais biológicos. Segundo Mendes *et al.* (2013), a casca da uva branca de variedades mistas é composta de cinzas, celulose e de sólidos solúveis. Por outro lado, o trigo apresenta uma composição rica em lipídeos, fibras e sais minerais, enquanto seu endosperma é constituído por uma matriz proteica contendo grande quantidade de grânulos de amido (Scheuer *et al.*, 2011).

Figura 3 – Imagens obtidas por MEV com as respectivas ampliações da FU 100×(a), FU 1000×(b), FT 100×(c) e FT 1000×(d)



Os resultados das análises físico-químicas dos bolos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização das massas e dos bolos controle e com substituição parcial da FT pela FU a 10 %, 15 % e 20 %

	Controle	10 %	15 %	20 %	DMS Tukey 5 %
Massa crua					
Massa (g)	299 ± 5 ^B	306 ± 3 ^{AB}	304 ± 3 ^{AB}	309,0 ± 0,8 ^A	9
Densidade (kg/m ³)	949 ± 3 ^B	1026 ± 4 ^A	942 ± 15 ^B	917 ± 3 ^B	32
pH (-)	6,8 ± 0,1 ^A	6,26 ± 0,05 ^B	6,03 ± 0,06 ^C	5,80 ± 0,04 ^D	0,23
Bolos					
Água (%)	15,9 ± 0,1 ^{AB}	16,3 ± 0,9 ^A	15,2 ± 0,2 ^B	16,42 ± 0,02 ^A	0,5
Proteínas (%)	6,64 ± 0,03 ^A	6,5 ± 0,1 ^{AB}	6,39 ± 0,08 ^B	6,63 ± 0,04 ^A	0,24
Lipídeos (%)	19,8 ± 0,2 ^B	20,8 ± 0,7 ^{AB}	20,8 ± 0,3 ^{AB}	21,1 ± 0,6 ^A	1,4
Cinzas (%)	0,94 ± 0,01 ^C	1,09 ± 0,01 ^B	1,16 ± 0,03 ^A	1,20 ± 0,02 ^A	0,07
Carboidratos (%)	56,7	55,3	56,5	54,6	
Fibras alimentares (%)	1,30 ± 0,08 ^D	2,96 ± 0,08 ^C	3,7 ± 0,2 ^B	4,275 ± 0,007 ^A	0,6
Aç. redutores (%)	0 ^C	9,8 ± 0,6 ^B	8,3 ± 0,4 ^B	12 ± 1 ^A	2,9
Aç. não-redutores (%)	37,4 ± 0,5 ^A	20 ± 1 ^B	17,9 ± 0,8 ^{BC}	16 ± 1 ^C	4
Aç. totais (%)	37,4 ± 0,5 ^A	31 ± 1 ^B	27,1 ± 0,8 ^C	29 ± 1 ^{BC}	3
Acidez titulável**	0 ^D	0,180 ± 0,001 ^C	0,25 ± 0,01 ^B	0,33 ± 0,02 ^A	0,07
pH (-)	8,21 ± 0,01 ^A	6,76 ± 0,03 ^B	6,49 ± 0,01 ^C	6,21 ± 0,04 ^D	0,27
<i>A_w</i> (-)	0,805 ± 0,001 ^A	0,778 ± 0,001 ^B	0,760 ± 0,001 ^D	0,766 ± 0,003 ^C	0,012
Cor					
<i>a</i> *	3,49 ± 0,03 ^C	5,66 ± 0,09 ^B	8,7 ± 0,3 ^A	8,7 ± 0,4 ^A	2,2
<i>b</i> *	25,0 ± 0,3 ^A	11,4 ± 0,3 ^C	19,3 ± 0,3 ^B	19,2 ± 0,6 ^B	5,7
<i>L</i> *	73,0 ± 0,5 ^A	50,6 ± 0,2 ^B	42 ± 1 ^C	39,5 ± 0,3 ^D	2,2
DPPH (µmol TE /g bs)	0,3 ± 0,2 ^D	6,9 ± 0,4 ^C	9,3 ± 0,4 ^B	13,2 ± 0,5 ^A	2,4
CFT (mg GAE/g bs)	2,31 ± 0,04 ^C	3,15 ± 0,03 ^B	3,7 ± 0,3 ^{AB}	4,0 ± 0,1 ^A	0,8
Textura					
Dureza (N)	18 ± 2 ^C	22 ± 2 ^A	21 ± 2 ^{AB}	19,0 ± 0,9 ^{BC}	2
Adesividade (J)	-0,7 ± 0,2 ^B	-0,4 ± 0,3 ^{AB}	-0,6 ± 0,5 ^B	-0,2 ± 0,1 ^A	0,4
Elasticidade (m)	0,87 ± 0,01 ^A	0,85 ± 0,02 ^A	0,82 ± 0,02 ^B	0,79 ± 0,02 ^C	0,02
Coesividade (-)	0,43 ± 0,02 ^A	0,39 ± 0,03 ^B	0,35 ± 0,02 ^C	0,30 ± 0,02 ^D	0,04
Gomosidade (N)	8 ± 1 ^{AB}	9 ± 1 ^A	7,3 ± 0,9 ^B	5,7 ± 0,5 ^C	1,5
Mastigabilidade (N.m)	7 ± 1 ^A	7 ± 1 ^A	5,9 ± 0,7 ^B	4,5 ± 0,5 ^C	1
Resiliência (-)	0,134 ± 0,007 ^A	0,132 ± 0,007 ^A	0,119 ± 0,006 ^B	0,108 ± 0,006 ^C	0,01
Massa (g)	280 ± 5 ^A	287 ± 4 ^A	282 ± 2 ^A	288 ± 4 ^A	-
Altura (cm)	4,95 ± 0,06 ^A	5,06 ± 0,09 ^A	4,9 ± 0,1 ^A	4,97 ± 0,09 ^A	-
Largura (cm)	7,4 ± 0,1 ^A	7,52 ± 0,03 ^A	7,44 ± 0,04 ^A	7,34 ± 0,01 ^A	-

† médias com a mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente (p>0,05)

** em g ác. tartárico/100 g

Observou-se uma diminuição no pH das massas em função da maior acidez da FU em comparação à FT.

Diferenças significativas foram observadas nos teores de água dos bolos, sendo os maiores valores encontrados naquelas formulações que tiveram maior quantidade de massa crua por unidade de bolo. No entanto, as massas dos bolos assados não foram significativamente diferentes.

Os teores de proteína dos bolos não apresentaram diferença significativa, uma vez que a FU possui um teor proteico semelhante ao da FT (Morita *et al.*, 2002). Resultados são semelhantes aos de Nakov *et al.* (2020) para cinzas, lipídeos, fibras, capacidade antioxidante e compostos fenólicos, cujo aumento está associado à substituição gradual por FU. O teor de açúcares não redutores e de açúcares totais diminuiu com o aumento de FU e a redução de açúcar adicionado nas formulações. Vale ressaltar que na formulação 20 %, substituiu-se 7 % de açúcar por FU.

A redução da A_w com o aumento de FU pode ser atribuída ao aumento da presença de frutose oriunda da FU. A frutose apresenta alta solubilidade e higroscopicidade, pois as hidroxilas presentes em sua estrutura apresentam maior disponibilidade para ligar água comparada a moléculas de mesmo peso molecular (Ribeiro e Seravalli, 2007).

O pH do bolo assado foi maior em comparação à massa crua, o que pode ser atribuído à decomposição do fermento químico durante o processo de aquecimento, resultando na liberação de dióxido de carbono e na possível formação de compostos residuais, como carbonatos e fosfatos. Esses compostos são básicos e podem aumentar o pH do bolo assado (Resende, 2007).

As formulações de bolo com FU apresentaram um aumento na capacidade antioxidante e no teor de compostos fenólicos totais. No entanto, a capacidade antioxidante de uma fonte vegetal pode não estar associada somente ao conteúdo fenólico, uma vez que, outras substâncias como carotenoides, pigmentos e fibras podem contribuir para a inibição da ação do radical DPPH. As fibras, têm a capacidade de reduzir espécies oxidativas (radicais) e, assim, contribuem para o valor da capacidade antioxidante dos bolos. Outros compostos que também absorvem energia na faixa de 515 nm e, que podem causar interferências nos resultados, são derivados dos próprios insumos utilizados na elaboração dos bolos, como carotenoides presentes no ovo e no óleo de soja (Teixeira *et al.*, 2020). De certa forma, sugere-se que a FU é o responsável pela maior parte da capacidade antioxidante encontrada nos bolos tendo em vista os resultados obtidos.

As coordenadas de cor L^* e b^* diminuíram, enquanto os de a^* aumentaram. Apesar do aumento de a^* , os valores permaneceram baixos, indicando que, à medida que a porcentagem de substituição da FT pela FU aumenta, os bolos apresentam uma tendência à coloração vermelha. A coloração marrom característica dos bolos com substituição é resultante do uso da FU, cujo valores de a^* e b^* são superiores, e o valor de L^* é inferior, quando comparados à FT, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Bolos (a) controle, (b) 10 % FU, (c) 15 % FU e (d) 20 % FU



Embora os bolos tenham apresentado diferença significativa no parâmetro de dureza, os valores foram próximos, variando de 18 a 22 N. Os menores valores foram para controle e 20 %, não apresentando diferença significativa entre eles, o que pode indicar a maior quantidade de alvéolos, enfraquecendo a estrutura da massa, enquanto 10 e 15 % podem ter apresentado menor incorporação de ar, conferindo-lhes uma textura mais compacta.

Em relação à adesividade, os valores de desvio padrão foram semelhantes aos das medidas, indicando que os dados possuem alta variabilidade. Dessa forma, os bolos apresentaram comportamento variado quanto à adesividade, possivelmente devido às diferenças de formulações.

Os bolos com FU foram menos coesos do que o controle, indicando que a incorporação da FU torna os bolos mais propensos ao esfarelamento. Em relação aos resultados de elasticidade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência, houve uma diminuição pela redução da quantidade de proteínas formadoras de glúten, resultando em bolos menos capazes de se recuperarem após a deformação, caracterizando-os como bolos de textura macio (Rossato e Seravalli, 2012).

A altura e largura dos bolos após assamento não apresentaram diferenças significativas, indicando que os bolos cresceram de maneira uniforme com a ação do fermento químico e a incorporação de ar durante o batimento (Resende, 2007).

No balanço de massa, obteve-se 871, 874, 862 e 878 g para os bolos controle, 10 %, 15 % e 20 % de FU, respectivamente, considerando os teores de água experimentais do bolo assado, e 62, 59, 70, 55 g de água evaporada, respectivamente. Experimentalmente, entretanto, obteve-se 840, 861, 842 e 864 g para os mesmos bolos, e 60, 57, 70 e 66 g de água evaporada. Os valores de água evaporada do cálculo teórico e experimental foram semelhantes, indicando a consistência do método

utilizado. De acordo com o balanço de energia, a energia empregada para assar os bolos controle, 10 %, 15 % e 20 % de FU foi de 402, 399, 420, 388 kJ, respectivamente.

Conclusões

A determinação da composição centesimal dos bolos com substituição mostrou que a incorporação de FU proporciona um valor nutricional favorável, destacando o aumento no teor de fibras alimentares, a redução de açúcares não redutores e açúcares totais e o incremento dos teores de compostos fenólicos totais e de capacidade antioxidante, sem comprometer os atributos tecnológicos de dimensões e textura do bolo. A análise sensorial deverá ser realizada em estudos futuros.

Apesar da cor ter sido alterada, os bolos com substituição por FU não apresentaram características de uva tinta, o que possibilita o uso da FU na fabricação de bolos de outros sabores. A coloração obtida permite que o bolo se assemelhe visualmente ao de chocolate, atendendo assim às tendências de saudabilidade e à demanda por alternativas que reduzam o uso de chocolate.

Agradecimentos

À FAPESP, processos nº 2020/ 09163-3 e nº 2020/ 15239-2.

Referências Bibliográficas

- Amorim, G.R.; Matuda, T.G. (2023) Obtenção de farinhas de resíduos da indústria do vinho pela secagem em leito fluidizado para aplicação em produtos de panificação. Anais do 15º Seminário de IC do CEUN-IMT. Disponível em: <<https://www.maua.br/files/amorim-matuda-1702303735.pdf>>. [Acesso em 11/11/2024].
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2022) Instrução Normativa IN Nº 161 de 1 de julho de 2022, DOU, Imprensa Nacional.
- ABIMAPI, Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (2024) Estatísticas. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatisticas-mercado/>>. [Acesso em 13/11/2024].
- Bettersize Instruments (2023) Beginner's Guide to Particle Analysis. Disponível em <<https://www.bettersizeinstruments.com>>. [Acesso em 8/5/2024].
- Bligh, E.G.; Dyer, W.J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry Physiology*, **37**, 911-917.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, **28**, 25–30.
- Çağındı, Ö.; Akca, E.E.; Köse, E. (2023) Melon seed: A nutritionally valuable by-product and its effects on cake quality. *Food Chemistry*, **427**, 136679.
- Choi, Y., Okos, M. R. (1986). Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. *Food Engineering and Process Applications*, **1**, 93–101.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). The State of Food and Agriculture - Moving forward on food loss and waste reduction food and agriculture. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>>. [Acesso em 27/3/2024].
- Godefroidt, T.; Ooms, N.; Pareyt, B.; Brijs, K.; Delcour, J.A. (2019) Ingredient Functionality During Foam-Type Cake Making: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **18**, 1550-1562.
- IAL, Instituto Adolfo Lutz (2008) *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. 4ª ed.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024) Produção de uva. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/uva/br>>. [Acesso em 13/11/2024].
- Koretsky, M.D. (2007) *Termodinâmica para Engenharia Química*. Editora LTC.
- Kuchtová, V.; Karovicová, J.; Kohajdová, Z.; Minarovicová, L.; Kimlicková, V. (2016) Effects of white grape preparation on sensory quality of cookies. *Acta Chimica Slovaca*, **9**, 84–88.
- Martinelli, S.S.; Cavalli, S.B. (2019) Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. *Ciência & Saúde Coletiva*, **24**, 4251–4262.

- Mendes, J.A.S.; Xavier, A.M.R.B.; Evtuguin, D.V.; Lopes L.P.C. (2013) Integrated utilization of grape skins from white grape pomaces. *Industrial Crops and Products*, **49**, 286–291.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2005) Instrução Normativa IN N° 8 de 2 de junho de 2005, DOU, Imprensa Nacional.
- Morita, N.; Maeda, T.; Miyazaki, M.; Yamamori, M.; Mjura, H.; Ohtsuka, I. (2002) Dough and baking properties of high amylose and waxy wheat flours. *Cereal Chemistry*, **79**, 491-495.
- Nakov, G.; Brandolini, A.; Hidalgo, A.; Ivanova, I.; Stamatovska, V.; Dimov, I. (2020) Effect of grape pomace powder addition on chemical, nutritional and technological properties of cakes. *Food Science and Technology*, **134**, 109950.
- NEPA, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (2011) *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*. 4ª ed. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas.
- Organização das Nações Unidas (ONU) (2015) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. [Acesso em 26/3/2024].
- Ortega-Heras, M.; Gómez, I.; Pablos-Alcade, S.; González-Sanjosé, M.L. (2019) Application of the just-about-right scales in the development of new healthy whole-wheat muffins by the addition of a product obtained from white and red grape pomace. *Foods*, **8**, 419.
- Prosky, L.; Asp, N.G.; Schweizer, T.F.; DeVries, J.W.; Furda, I. (1992) Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. *Journal of the Association of the Official Analytical Chemists*, **75**, 360-367.
- Resende, G.C. (2007) Formulação e avaliação de fermentos químicos para pré-mistura de bolo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras.
- Ribeiro, E.P.; Seravalli, E.A.G. (2007) *Química de Alimentos*. Editora Blucher.
- Rossato, F.B.; Seravalli, E.A.G. (2012) Bolo inglês sem glúten com farinha de linhaça dourada. Anais do 4º Seminário de IC do CEUN-IMT. Disponível em: <<https://maua.br/files/122014/bolo-ingles-sem-gluten-com-farinha-de-linhaca-dourada.pdf>>. [Acesso em 29/9/2024].
- Rufino, M.S.M.; Alves, R.E.; de Brito, E.S.; de Moraes, S.M.; Sampaio, C.G.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F.D. (2007) Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. *Comunicado Técnico*, 127. Embrapa, Fortaleza, CE.
- Salehi, F.; Aghajanzadeh, S. (2020) Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **95**, 162-172.
- Santos, D.; Silva, J.A.L. da; Pintado, M. (2023) Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: a review on production process, health benefits and technological functionalities. *Food Science and Technology*, **154**, 112707.
- Silva, N.; Junqueira, V.C.A.; Silveira, N.F.A.; Taniwaki, M.H.; Gomes, R.A.R.; Okazaki, M.M.; Iamanaka, B.T. (2017) *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. Editora Blucher.
- Singleton, V.L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R.M. (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by mean of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, **299**, 152-178.
- Souza, F.N.S.; Vieira, S.R.; Campidelli, M.L.L.; Rocha, R.A.R.; Rodrigues, L.M.A.; Santos, P.H.; Carneiro, J.D.S.; Tavares, I.M.C.; Oliveira, C.P. (2022) Impact of using cocoa bean shell powder as a substitute for wheat flour on some of chocolate cake properties. *Food Chemistry*, **381**, 132215.
- Spinelli, S.; Padalino, L.; Costa, C.; Nobile, M.A.D.; Conte, A. (2019) Food by-products to fortified pasta: A new approach for optimization. *Journal of Cleaner Production*, **215**, 985-991.
- Szczesniak, A.S. (2002) Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, **13**, 215-225.
- Scheuer, P.M.; Francisco, A.; Miranda, M.Z.; Limberger, V.M. (2011) Trigo: características e utilização na panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, **13**, 211-222.
- Teixeira, R.F.; Balbinot Filho, C.A.; Azevedo, M.L.; Gautério, F.G.A. (2020) Compostos fenólicos e atividade antioxidante de bolos sem glúten contendo xantana elaborados com farinha de bagaço de azeitona. *Avanços em ciência e tecnologia de alimentos*, **2**, 106-120.