

**Influência da adição de linhaça e mucilagem de inhame nas características tecnológicas
de bolo do tipo muffin para fenilcetonúricos**

**Influence of the addition of flaxseed and yam mucilage on the technological
characteristics of muffins for phenylketonurics**

**Influencia de la adición de mucílago de linaza y ñame en las características tecnológicas
de muffins para fenilcetonúricos**

Recebido: 25/11/2020 | Revisado: 03/12/2020 | Aceito: 08/12/2020 | Publicado: 12/12/2020

Larisse Marielli de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8981-9236>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: larissemo.1993@ail.com

Tháisa de Menezes Alves Moro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8483-0364>

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

E-mail: thaisamoro@hotmail.com

Silvia Silveira Clareto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4644-7441>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: silvia.clareto@unifal-mg.edu.br

Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8445-336X>

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

E-mail: mclerici@unicamp.br

Ana Lúcia Leite Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5384-4504>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: ana.moraes@unifal-mg.edu.br

Resumo

No mercado de bolos industrializados estão presentes opções sem glúten e sem lactose tornando-os viáveis a pacientes celíacos, mas podem conter ingredientes que possuem o aminoácido fenilalanina impedindo o seu consumo por portadores de fenilcetonúria. O

objetivo deste trabalho foi utilizar gel de linhaça (GL) e mucilagem de inhame (MI) para substituir albumina, ovos e extrato de soja de bolos do tipo *muffin* sem adição de sacarose, glúten e lactose. Um delineamento completo central rotacional do tipo 2^2 ($p < 0,1$) foi conduzido tendo como as duas variáveis independentes, GL e MI que variaram de 10 a 20 g e 20 a 40 mL respectivamente, tendo como variáveis dependentes as características tecnológicas da massa e dos *muffins*. Adição de GL e MI não influenciou a densidade da massa e a atividade de água, firmeza, cor L^* , a^* , b^* da crosta e cor a^* do miolo dos *muffins*. O GL influenciou de forma positiva o volume específico (R^2 : 0,54), a luminosidade L^* (R^2 : 0,71) e a cor b^* (R^2 : 0,60) do miolo. Foi possível substituir os ovos, a albumina e extrato de soja de *muffins* por MI e GL, o que pode representar uma nova opção para consumidores de produtos para dietas especiais.

Palavras-chave: PKU; Panificação; Fenilalanina; Tubérculos.

Abstract

Gluten-free and lactose-free cakes are present in the food market, but they may contain ingredients with amino acid phenylalanine, restricting their consumption by patients with phenylketonuria. The objective of this work was to use flaxseed gel (GL) and yam mucilage (MI) to replace albumin, eggs and soy extract of muffins without the addition of sucrose, gluten and lactose. A complete central rotational design 2^2 ($p < 0.1$) was conducted with two independent variables, GL and MI contents, ranging from 10 to 20 g and 20 to 40 mL respectively. The technological characteristics of the batter and produced muffins were evaluated. The addition of GL and MI did not influence the density of the dough and the water activity, firmness, color L^* , a^* , b^* of the crust and color a^* of the muffin core. The GL positively influenced the specific volume (R^2 : 0.54), L^* the luminosity (R^2 : 0.71) and the color b^* (R^2 : 0.60). It was possible to replace eggs, albumin and soy extract of muffins with MI and GL, which may represent a new option for consumers of products with low-protein/no-protein ingredients.

Keywords: PKU; Breadmaking; Phenylalanine; Tubers.

Resumen

Las opciones sin gluten y sin lactosa están presentes en el mercado de las tortas industrializadas, que las hace viables para los pacientes celíacos, pero pueden contener ingredientes que contienen el aminoácido fenilalanina, evitando su consumo por parte de pacientes con fenilcetonuria. El objetivo de este trabajo fue utilizar gel de linaza (GL) y

mucílago de ñame (MI) para reemplazar la albúmina, los huevos y el extracto de soja de los muffins sin la adición de sacarosa, gluten y lactosa. Se realizó un diseño completo central rotacional de tipo 2^2 ($p < 0.1$) con las dos variables independientes, GL y MI que van desde 10 a 20 g y 20 a 40 mL respectivamente, con las características tecnológicas de la masa y de muffins. La adición de GL y MI no influyó en la densidad de la masa y la actividad del agua, firmeza, color L^* , a^* , b^* de la corteza y color a^* del núcleo del muffin. El GL influyó positivamente en el volumen específico (R^2 : 0.54), el brillo L^* (R^2 : 0.71) y el color b^* (R^2 : 0.60) del núcleo. Se logró reemplazar huevos, albúmina y extracto de soja de muffins por MI y GL, lo que puede representar una nueva opción para los consumidores de productos para dietas especiales.

Palabras clave: PKU; Panificación; Fenilalanina; Tuberculos.

1. Introdução

O bolo é um produto doce cuja massa pode ser considerada uma emulsão de óleo em água. Seus ingredientes mais frequentes são farinha de trigo, gordura, açúcar, ovos e leite (Wilderjans, Luyts, Brijs, & Delcour, 2013). Os bolos são considerados produtos de conveniência, com elevada aceitação sensorial e que podem ter formulações variadas (Tavares et al., 2020). Em 2019 a Associação brasileira das indústrias de panificação, massas alimentícias, biscoitos e bolos industrializados (ABIMAPI) contabilizou 43 mil toneladas de bolos vendidos no Brasil, num mercado de mais de 1 bilhão de reais com a comercialização deste tipo de produto (Abimapi, 2020).

O nível de exigência dos consumidores vem se transformando ao longo das últimas décadas, requerendo, além de praticidade, qualidade nutricional, o que força as empresas a investirem cada vez mais no desenvolvimento de opções saudáveis e com fins especiais como produtos para pacientes fenilcetonúricos, celíacos e intolerantes à lactose (Xu, Zhang, Wang, & Li, 2020).

A Fenilcetonúria é caracterizada por uma intolerância ao aminoácido fenilalanina, que quando não controlada causa retardo mental, convulsões, entre outros sintomas. O tratamento da fenilcetonúria é dietético, sendo necessário restringir o consumo de fenilalanina durante toda a vida (van Spronsen et al., 2017). Existem poucos estudos que visam à produção de alimentos sem fenilalanina, limitando a oferta de produtos de panificação para pacientes fenilcetonúricos. Devido à substituição da farinha de trigo por amidos de diferentes fontes, muitos indivíduos com fenilcetonúria consomem produtos que a princípio seriam apenas para

dieta com restrição de glúten (Miranda, Lasa, Bustamante, Churruca, & Simon, 2014).

A doença celíaca é uma doença progressiva causada em indivíduos geneticamente predispostos, por permanente intolerância ao glúten, substância encontrada principalmente no trigo. Visto que existe relação entre a doença celíaca e o diabetes *mellitus* (DeMelo, McDonald, Saibil, Marcon, & Mahmud, 2015), pode-se enfatizar a importância de o produto ser também restrito em açúcar.

A intolerância à lactose é causada pela deficiência na enzima lactase, gerando sensação de desconforto devido à flatulência, distensão intestinal e diarreia. É possível reduzir os sintomas que o leite e seus derivados trazem para esses indivíduos controlando a sua ingestão, que é o tratamento indicado para os indivíduos acometidos por esta condição (Suri et al., 2019).

Em estudo anterior, foi desenvolvido um bolo isento em açúcar (sacarose), glúten e lactose e reduzido em gordura destinado a pacientes celíacos e intolerantes à lactose (Lima, 2016), tornando-o viável para alguns consumidores, porém a presença de ovo, albumina e extrato hidrossolúvel de soja, que possuem o aminoácido fenilalanina, impede o seu consumo por portadores de fenilcetonúria. Portanto, este trabalho teve como objetivo utilizar gel de linhaça e mucilagem de inhame em substituição a albumina, ao ovo e ao extrato hidrossolúvel de soja em bolos do tipo *muffin* sem adição de sacarose, glúten e lactose, para que o novo produto possa além de atender as exigências de pacientes celíacos e intolerantes à lactose, atender também os pacientes fenilcetonúricos, representando uma nova opção no mercado para estes indivíduos.

2. Metodologia

2.1 Materiais

A linhaça, o inhame e os demais ingredientes utilizados nas formulações de *muffin* foram obtidos no comércio local do município de Alfenas-MG.

2.2 Preparo do gel de linhaça (GL)

A linhaça foi previamente pesada em um béquer de acordo com o planejamento experimental (Tabela 2). A essa linhaça foi acrescentado 70mL de água filtrada onde permaneceu mergulhada por 30 minutos, sob agitações pausadas. As cinco primeiras

agitações foram realizadas com intervalos curtos de 2 minutos, as seguintes em intervalos de 10 minutos, para a formação do gel.

2.3 Preparo da mucilagem de inhame (MI)

O inhame foi higienizado em solução de hipoclorito de sódio 1%, descrostado, cortado em cubos e triturado no liquidificador até formar massa fina e succulenta. A mucilagem foi obtida por extração do líquido da massa de inhame de acordo com o processo desenvolvido por Fonseca (2006).

2.4 Formulação padrão de bolo do tipo *muffin*

A formulação de bolo desenvolvido por Lima (2016) foi utilizada como padrão para a substituição do ovo, albumina e extrato hidrossolúvel de soja, por mucilagem de inhame e linhaça. Os bolos foram processados de acordo com El-Dash & Germani (1994).

2.5 Mistura base do *muffin* reduzido em fenilalanina

A mistura base dos *muffins* reduzido em fenilalanina está ilustrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Mistura base dos *muffins* reduzidos em fenilalanina (MRF).

Ingredientes	Quantidade	Porcentagem (%)
Amido de batata	85 (g)	38,95
Amido de mandioca	7,5 (g)	3,44
Fermento químico	3 (g)	1,37
Sal refinado	1 (g)	0,46
Água	25 (mL)	11,46
Taumatina	0,015 (g)	0,01
Isomalte	60 (g)	27,50
Polidextrose	24 (g)	11
Emulsificante mono e diglicerídeos	2,6 (g)	1,19
Lecitina de soja	2 (g)	0,92
Essência de baunilha	3 (mL)	1,37
Pasta de gergelim	2,6 (g)	1,19
Carbonato de cálcio	2,5 (g)	1,14

Fonte: Autores (2020).

A partir da mistura base dos *muffins* reduzidos em fenilalanina (MRF), testou-se diferentes quantidades de mucilagem de inhame (MI) e de gel de linhaça (GL) de acordo com a Tabela 2.

2.6 Planejamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico foi realizado seguindo-se um planejamento experimental fatorial completo central rotacional do tipo 2^2 totalizando 4 ensaios fatoriais, 4 axiais e três repetições do ponto central. A Tabela 2 apresenta os níveis utilizados para as variáveis independentes: gel de linhaça (g), mucilagem de inhame (mL) e o delineamento experimental aplicado (Barros Neto, Scarminio, & Bruns, 2001). Como variáveis dependentes foram avaliados: volume específico, densidade específica da massa crua, atividade de água, firmeza e a cor instrumental da crosta e do miolo dos bolos.

Tabela 2 – Delineamento experimental fatorial completo central rotacional (2^2) com as variáveis independentes gel de linhaça (GL) e mucilagem de inhame (MI) em bolos do tipo *muffin*¹.

Ensaio	Níveis codificados das variáveis		Níveis reais das variáveis	
	X ₁ ¹	X ₂ ¹	GL (g) ²	MI (mL) ²
1	-1	-1	11,45	22,9
2	+1	-1	18,55	22,9
3	-1	+1	11,45	37,09
4	+1	+1	18,55	37,09
5	- 1,414	0	10	30
6	+ 1,414	0	20	30
7	0	-1,414	15	20
8	0	+1,414	15	40
9	0	0	15	30
10	0	0	15	30
11	0	0	15	30

¹Nível codificado: X₁: Gel de linhaça (g), X₂: Mucilagem de inhame (mL). ²Nível real: GL (g): Gel de linhaça (g), MI (mL): Mucilagem de inhame (mL). Fonte: Autores (2020)

Os resultados do delineamento experimental foram avaliados através da verificação dos efeitos estimados ($p < 0,10$), da análise de variância (ANOVA) e da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), utilizando-se o programa *Statistica*®, versão 5.0.

2.7 Avaliação da qualidade tecnológica das formulações

2.7.1 Densidade específica da massa crua

A densidade específica da massa crua das diferentes formulações foi determinada através da divisão da quantidade de massa (g), presente em um cálice, pelo volume do mesmo (mL) (Zambrano, Ormenese, Pizzinatto, Anjos, & Bragagnolo, 2002). As análises foram realizadas em triplicata.

2.7.2 Determinação do volume específico

Para a determinação do volume específico, os *muffins* das diferentes formulações foram embalados em papel filme e em uma proveta graduada, contendo sementes de painço,

foi determinado o volume ocupado por cada *muffin* em um béquer, através do deslocamento das sementes, de acordo com o método AACC 10-05.01 (AACC, 2010). Em cada ensaio foram feitas três medições de volume específico, com três unidades por ensaio. O resultado foi calculado em mL/g.

2.7.3 Determinação da atividade de água, cor instrumental e textura

Para a determinação desses parâmetros, os *muffins* em temperatura ambiente foram embalados e selados em plástico filme de cor transparente e as análises começaram após 24 horas de armazenamento. Para a atividade de água (A_w), os bolinhos foram triturados e analisados com a utilização do Analisador de atividade de água Aqualab Lite – Decagon, as leituras foram realizadas em triplicata tendo a umidade da água (1,000) como referência (Clerici, Airoidi, & El-Dash, 2009).

A medição da cor instrumental foi realizada na crosta e no miolo dos *muffins*, com o auxílio do Colorímetro CR-10 – Konica Minolta. Analisou-se primeiro a cor da crosta com leitura de cinco pontos diferentes, após foi feito um corte transversal de cerca de 3 mm de sua parte superior e cinco pontos diferentes foram medidos no miolo dos *muffins* (Clerici et al., 2009).

A firmeza (N) foi medida em texturômetro TA.TX2 (Stable Micro Systems, Godalming, EUA) utilizando-se probe de especificação SMSP/36R, distância de 8 mm, força de 0,05 N e velocidade dos testes de 1,00 mm/segundo, as análises foram realizadas em triplicata, através do método AACC 74-09.01 (AACC, 2010).

3. Resultados e Discussão

Em relação às análises tecnológicas, verificou-se que as variáveis independentes, GL e MI não apresentaram influência significativa sobre: atividade de água, cor da crosta dos *muffins*, densidade específica da massa crua e firmeza (dados não apresentados). Estes resultados mostraram que foi possível substituir as fontes protéicas do bolo pelos ingredientes estudados nas faixas de concentração utilizadas. A Tabela 3 apresenta os valores médios das análises tecnológicas obtidas a partir de cada tipo de bolo.

Tabela 3 - Valores médios obtidos através das análises físico-químicas dos *muffins* com redução de fenilalanina obtidas no delineamento fatorial completo central rotacional (2²).

Bolos	Densidade (g/ mL)	Volume Específico (mL/ g)	Aw ¹	Firmeza (N)	Cor (crosta/ miolo)		
					L*	a*	b*
1	0,781	2,653	0,798	21,40	54,37/76,33	12,81/ 2,74	28,31/ 14,74
2	0,456	2,492	0,826	21,03	57,28/75,47	13,14/ 2,73	30,91/ 13,92
3	0,839	2,566	0,854	17,92	53,81/75,72	14,85/ 2,16	32,13/ 13,85
4	0,830	2,528	0,841	16,48	50,25/76,42	16,08/ 2,24	28,47/ 14,67
5	0,661	3,197	0,820	14,22	51,33/73,52	16,38/ 4,11	32,98/ 15,52
6	0,689	2,902	0,856	11,97	52,95/75,12	16,23/ 3,87	33/ 15,3
7	0,558	2,750	0,842	14,78	53,57/78,25	18/ 4,12	32,77/ 17,45
8	0,718	2,631	0,811	13,16	56,52/75,65	17,67/ 4,82	36,55/ 16,87
9	0,697	2,576	0,84	18,11	53,95/76,57	17,77/ 4,47	35,57/ 17,8
10	0,761	2,279	0,846	18,38	53,2/76,82	18,45/ 4,15	35,72/ 17,1
11	0,678	2,584	0,835	12,36	52,27/75,47	18,3/5,1	34,55/ 17

¹Aw: atividade de água. Fonte: Autores (2020).

A atividade de água (Aw) indica a quantidade de água livre disponível para o movimento molecular. A água influencia a estrutura, a aparência e o sabor dos alimentos e sua susceptibilidade à degradação química e microbiológica (Fellows, 2006; Cecchi, 2007), sendo, portanto, de grande interesse um produto com Aw menor, mas que mantenha suas características sensoriais satisfatórias. A atividade de água dos *muffins* com redução de

fenilalanina, situou-se entre 0,798 a 0,856 (Tabela 3), inferiores ao observado por Caruso (2012), que encontrou valores para atividade de água variando de 0,923 a 0,95 em diferentes formulações de bolo sem glúten. De acordo Jay (2005), valores de A_w acima de 0,8 e 0,88 favorecem o crescimento de bolores e leveduras, respectivamente. Atividades de água maiores favorecem uma textura mais macia (Osawa, 2009). Esta relação pode ser observada na formulação 6 que apresentou a maior A_w (0,856) e a menor firmeza (11,97 N) e na formulação 1 com menor A_w (0,798) e maior firmeza (21,40 N).

A textura em bolos é dependente da formulação, umidade da massa, teores de gordura e açúcar, sendo que valores altos de textura são desfavoráveis (Esteller, Zancanaro Júnior, & Lannes, 2006). Os valores de textura encontrados neste trabalho (Tabela 3) variaram de 11,97 a 21,40 N (1220,5 a 2182,0 g.f) nas formulações 6 e 1 respectivamente. Lima (2016) encontrou valores de textura variando de 660,01 a 2365,27 g.f, nos bolos sem açúcar, glúten, lactose e reduzido em gordura. Em bolos contendo amido de mandioca e de batata, albumina e leite de vaca os valores de textura variaram de 356,24 a 2842,29 g.f. (Moraes et al., 2014), porém cabe ressaltar bolos isentos de glúten apresentam grandes variações na textura, devido a fonte amilácea que pode estar sendo usada.

Todas as formulações com valores de densidade da massa entre 0,456 a 0,839 (Tabela 3), resultaram em bolos com volumes específicos dentro do esperado para bolos com glúten, que é de 2,5 a 3 vezes o seu peso (Bennion & Bamford, 1997), indicativo que o bolo sem glúten obtido neste trabalho está com sua formulação aperfeiçoada e não seria percebido como produto com volume reduzido pelo consumidor.

As variáveis dependentes: volume específico, cor L^* e cor b^* foram significativamente influenciadas pela adição do gel de linhaça como pode ser observado na Tabela 4 que apresenta as equações com as variáveis independentes significativas, o coeficiente de determinação, a falta de ajuste, o quadrado médio e os valores de F calculados e tabelados.

Tabela 4 - Resultados das respostas para as características tecnológicas dos *muffins* reduzidos em fenilalanina obtidas no delineamento fatorial completo central rotacional (2^2).

Parâmetros	Equações	R ²	p-valor (<0,1)	Falta de ajuste	Quadrado médio	F _{calculado}	F _{tabelado}
VE	VE= 2,48 + 0,21xGL ²	0,54	0,08	0,04	0,24	6,85	5,12
Cor L*	Cor L*= 76,29 - 0,89xGL ²	0,71	0,06	0,93	6,41	7,62	5,12
Cor b*	Cor b*= 17,3 - 2,88xGL ²	0,60	0,04	1,51	10,04	8,24	5,12

VE: Volume específico. GL: variável independente gel de linhaça. Fonte: Autores (2020).

Uma regressão é considerada útil para fins preditivos, quando o F_{calculado} for, pelo menos, de 4 a 5 vezes maior que o F_{tabelado}. Já o F_{calculado} da falta de ajuste em relação ao erro puro, deverá ser o menor valor possível e sempre menor que o F_{tabelado}. Caso contrário, há indicação de que os dados não estão bem ajustados ao modelo obtido (Box & Wetz, 1973).

Observando-se a Tabela 4, verifica-se que o F_{calculado} foi superior ao F_{tabelado} para as três variáveis dependentes, caracterizando as regressões como significativas. Entretanto, o modelo não pode ser considerado preditivo segundo Box e Wetz (1973), pois o F_{calculado} das regressões são 1,34; 1,49 e 1,61 vezes maior que F_{tabelado}. Em relação aos valores de F_{calculado} da falta de ajuste, todos apresentaram valores inferiores que o F_{tabelado}, comprovando que os dados experimentais se ajustaram ao modelo obtido. O coeficiente de correlação R² indica que os modelos explicaram 54, 71 e 60% da variação dos dados experimentais.

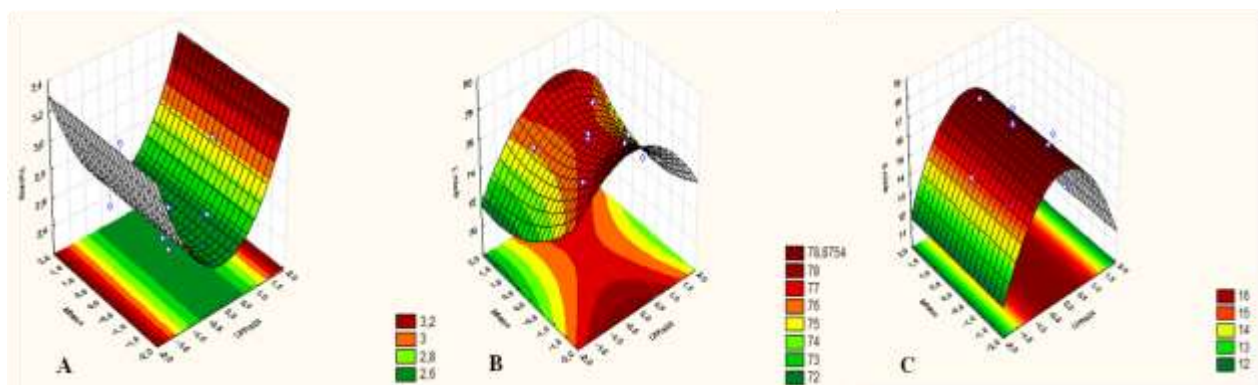
Verifica-se que a partir do ponto central do gel de linhaça (GL), diminuindo ou aumentando a sua quantidade, aumenta-se o volume específico do *muffin* para uma determinada quantidade de mucilagem de inhame (MI) conforme o observado na Figura 1A. Portanto, a região onde ocorre o máximo do valor de volume específico correlaciona-se com os valores extremos de gel de linhaça, estabelecidos no planejamento experimental. Em virtude dos resultados tecnológicos, selecionou-se os ensaios 3 (+1 MI e -1 GL), 5 (0,0 MI e -1,414 GL) e 6 (0,0 MI e +1,414 GL) do planejamento experimental.

As propriedades emulsificantes e de formação de gel da mucilagem de inhame e do gel de linhaça (Hou, Hsu, Lee, & Yam, 2002), permitiram obter um volume específico satisfatório, que variou de 2,566 a 3,197 mL/g nos ensaios 3, 5 e 6 (Tabela 3). Um dos efeitos mais conhecidos dos emulsificantes é a promoção da aeração da massa, o que influencia de

maneira direta o volume do bolo, em razão da formação e estabilização da espuma (Zambrano et al., 2002). Felisberto et al. (2015) observaram que a substituição de gordura vegetal por mucilagem de chia (em 25%) gerou bolos com volume específico variando de 2,33 a 2,64 cm³/g e com qualidade tecnológica similar ao controle.

A superfície de resposta que os dados da cor L* do miolo gerou (Figura 1B) indica que o valor máximo foi positivo, confirmado pela concavidade voltada para baixo. Os ensaios com valores maiores de L* foram: 7 (-1,414 MI e 0,0 GL), 9 (0,0 MI e -0,0 GL) e 8 (+1,414 MI e 0,0 GL). Valores de L* mais altos indicam uma maior reflectância da luz, ou seja, um bolo com coloração mais clara, pobre em açúcares, fermento químico inadequado, temperatura baixa e/ou tempo insuficiente de cocção (Salehi & Aghajanzadeh, 2020). As mesmas amostras que apresentaram os maiores valores de b*, também apresentaram maiores valores de L*, ou seja, uma coloração amarela mais clara.

Figura 1 – Superfícies de resposta das variáveis dependentes: volume específico (A), cor L* (B) e cor b* (C) dos *muffins* com redução de fenilalanina obtidas no delineamento fatorial completo (2²).



Fonte: Autores (2020).

A superfície de resposta dos dados da cor b* do miolo (Figura 1C) indica que o valor máximo foi positivo, confirmado pela concavidade voltada para baixo. Os *muffins* com valores maiores de b* foram: 7 (-1,414 MI e 0,0 GL), 9 (0,0 MI e -0,0 GL) e 8 (+1,414 MI e 0,0 GL). A coordenada b*, relacionada ao eixo que varia de azul (-b*) a amarelo (+b*), situou-se na faixa positiva e tendendo para o amarelo, cor característica de bolos (Borges et al., 2013). Os valores de b* indicam amostras com coloração amarela ou dourada e aparecem em bolos com quantidades satisfatórias de proteínas, açúcares e ovos (Wilderjans et al., 2013).

Confrontando os resultados do volume específico com os valores de “b” e “L” do

miolo, foram selecionadas as formulações 3, 5 e 6, pois possuem os maiores valores de volume específico e uma cor amarela e luminosidade intermediárias, que resultaram em uma cor característica dos bolos. Apesar do parâmetro “a” do miolo não ter sido significativo, as formulações 3, 5 e 6 apresentaram valores de “a” (Tabela 3) de 2,16, 4,11 e 3,87, respectivamente, ou seja, valores baixos, indicando uma cor mais clara.

O parâmetro “a” é importante para o estudo de escurecimento, pois a cor marrom resultante da degradação dos açúcares (reação de caramelização) ou reações enzimáticas (fenolases) representa uma combinação do verde e vermelho. Um maior escurecimento é representado por um tom mais avermelhado, ou seja, maior valor de a^* (Borges et al., 2013). Foram selecionados três ensaios contendo MI/GL nas seguintes proporções: 37,09/14,45, 30/10 e 30/20. Estes foram considerados os *muffins* com as características tecnológicas mais satisfatórias de todos os ensaios realizados

4. Conclusão

Nas condições experimentais utilizadas, foi possível substituir o extrato hidrossolúvel de soja, o ovo e a albumina de *muffins* individuais, isentos em açúcar (sacarose), reduzidos em gordura, sem glúten e sem lactose, por mucilagem de inhame e gel de linhaça, pois algumas formulações apresentaram características tecnológicas satisfatórias. As formulações selecionadas representam uma nova opção para os pacientes com fenilcetonúria, celíacos e intolerantes à lactose no mercado, uma vez que o *muffin* desenvolvido é reduzido em fenilalanina e isento em glúten e em lactose.

Agradecimentos

À UNIFAL-MG pela oportunidade de realização do trabalho de iniciação científica. À Tovani Benzaquen, pelo fornecimento da polidextrose e a Domondo Ingredientes Alimentícios pelo fornecimento do isomalte. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 pela bolsa de doutorado de Thaísa M. A. Moro.

Referências

AACC. 2010. American Association Cereal Chemistry International. *Approved Methods of Analysis*, 11th, St Paul: ACCI.

ABIMAPI, Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados. (2020). *Estatísticas para pães e bolos industrializados, 2019*. Recuperado de <https://www.abimapi.com.br/estatisticas-paes-e-bolos.php>

Barros Neto, B., Scarminio, I. S., Bruns, R. E. (2001). *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*. Campinas: EDUNICAMP.

Bennion, E. B. & Bamford, G. S. T. (1997). *The Technology of Cake Making* (6a ed.). London: Blackie.

Borges, J. T. S.; Pirozi, M. R.; Della Lucia, S. M.; Pereira, P. C.; Moraes, A. R. F.; Castro, V. C. (2013). Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. *Boletim CEPPA*, Curitiba, 24(1), 145-162. Recuperado de <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/5286/3957>

Box, G. E. P. & WetZ, J. (1973). *Criteria for judging adequacy of estimation by approximate response function*. University of Wisconsin. Technical Report, (9).

Caruso, V. R. (2012). *Mistura para o preparo de bolo sem glúten*. Instituto Mauá de Tecnologia (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos). São Paulo.

Cecchi, H. M. (2003). *Fundamentos teóricos e Práticos em Análise de Alimentos*. (2a ed.). Campinas: Unicamp.

Clerici, M. T. P. S., Airoidi, C., El-Dash, A. A. (2009). Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread. *LWT - Food Science and Technology*, 42, 618-623. doi: 10.1016/j.lwt.2008.08.010

DeMelo, E. N., McDonald, C., Saibil, F., Marcon, M. A., & Mahmud, F. H. (2015). Celiac Disease and Type 1 Diabetes in Adults: Is This a High-Risk Group for Screening? *Canadian Journal of Diabetes*, 39(6), 513–519. doi: 10.1016/j.jcjd.2015.06.006

El-Dash, A., Germani, R. (1994). *Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinhas mistas na produção de bolos*. Brasília: EMBRAPA-SPI. 7, (31).

Esteller, M. S., Zancanaro Júnior, O. & Lannes, S. C. S. (2006). The effect of kefir addition on microstructure parameters and physical properties of porous white bread. *Eur. Food Res. Technol.*, 222, 26- 31. doi: 10.1007/s00217-005-0103-1

Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1049–1055. doi: 10.1016/j.lwt.2015.03.114

Fellows P. J. (2006). *Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e prática*. (2a ed.), Porto Alegre: Artmed.

Fonseca, E. W. N. (2006) *Utilização da Mucilagem do Inhame (Dioscorea Spp) como Melhorador na Produção de Pão de Forma*, 79p. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Hou, W. C., Hsu, F. L., Lee, M. H. Yam (2002). (*Dioscorea batatas*) tuber mucilage exhibited antioxidant activities in vitro. *Planta Medica*, 68(12), 1072-1076. doi: 10.1055/s-2002-36356

Jay. J. M (2005). *Microbiologia de Alimentos* (6a ed.). Porto Alegre: Artmed.

Lima, H.M.T. (2016). *Desenvolvimento de bolo diet e light, isento em glúten e em lactose*. 16 p. Trabalho de Conclusão de Curso- Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas.

Miranda, J., Lasa, A., Bustamante, M. A., Churruca, I., & Simon, E. (2014). Nutritional

Differences Between a Gluten-free Diet and a Diet Containing Equivalent Products with Gluten. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 182–187. doi: 10.1007/s11130-014-0410-4

Moraes, A. L. L., Clareto, S. S., Kaneshiro, M. H., Ferreira, M. B., Felisberto, M. H. F., Schmiele, M., Chang, Y. K., Clerici, M. T. P. S. (2014). Development of Gluten-Free and Sugar-Free Cake Using Potato Starch, Cassava Starch and Modified Albumin. Raymond Tobias Langdon. (Org.). *Gluten-Free Diets: Food Sources, Role in Celiac Disease and Health Benefits*. 1ed, New York: Nova Publishers.

Osawa, C. C., Fontes, L. C. B., Miranda, E. H. W., Chang, Y. K., Steel, C. J. (2009). Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(1), 92-99. Doi: 10.1590/S0101-20612009000100015.

Salehi, F., & Aghajanzadeh, S. (2020). Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 95, 162–172. Doi: 10.1016/j.tifs.2019.11.011

Suri, S., Kumar, V., Prasad, R., Tanwar, B., Goyal, A., Kaur, S., Singh, D. (2019). Considerations for development of lactose-free food. *Journal of Nutrition and Intermediary Metabolism*, 15, 27–34. doi: 10.1016/j.jnim.2018.11.003

Tavares, L. O. A., Medeiros, H. I. R. de, Pereira, I. C., Nascimento, N. C., Oliveira, R. E. da S., & Medeiros Júnior, F. C. de. (2020). Produção e aceitação do bolo a base de banana prata (*Musa ssp.*). *Research, Society and Development*, 9(7), e902974780. doi: 10.33448/rsd-v9i7.4780.

van Spronsen, F. J., van Wegberg, A. M., Ahring, K., Bélanger-Quintana, A., Blau, N., Bosch, A. M., MacDonald, A. (2017, September 1). Key European guidelines for the diagnosis and management of patients with phenylketonuria. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 5, 743–756. doi: 10.1016/S2213-8587(16)30320-5

Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science and Technology*, 30, 6–15. doi:

10.1016/j.tifs.2013.01.001

Xu, J, et al. (2020). Advanced Properties of Gluten-Free Cookies, Cakes, and Crackers: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 200–213. doi: 10.1016/j.tifs.2020.07.017

Zambrano, F., Ormenese, R. C. S. C., Pizzinatto, A., Anjos, V. D. A., Bragagnolo, N. (2002). Cookies com Substituição Parcial de Gordura: Composição Centesimal, Valor Calórico, Características Físicas e Sensoriais. *Brazilian Journal of Food Technology*. 5, 43-52. Dói: 10.1590/S1981-67232013005000017

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Larisse Marielli de Oliveira – 20%

Thaísa de Menezes Alves Moro – 20%

Silvia Silveira Clareto – 20%

Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici – 20%

Ana Lúcia Leite Moraes – 20%