



Estabilidade de emulsões elaboradas com diferentes ingredientes alimentares

Emulsions stability prepared with different food ingredients

Beatriz Valerio Langenberg*, Cristiane Canan[†],
Luisa Sousa de Castro[‡], Marines Paula Corso[§], Daneysa Lahis Kalschne[¶],
Elciane Regina Zanatta[‡]

RESUMO

Em produtos cárneos como salsichas e mortadelas os principais agentes emulsificantes são as proteínas miofibrilares (actina e miosina). Porém, devido a elaboração de produtos cada vez mais competitivos e custo reduzido, o uso de diversos ingredientes não cárneos tem sido utilizado na elaboração destes produtos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade emulsificante (CFE) e estabilidade de emulsão (EE) de um *mix* de 3 ingredientes não cárneos: maltodextrina (MD), fibra de colágeno (FC) e farinha de bagaço de mandioca (FB). Foi realizado um planejamento experimental com mistura *simplex*, sendo as variáveis independentes: MD, FC e FB e as variáveis dependentes: CFE e EE, a fim de obter uma mistura que após o cozimento apresentasse as características mais próximas da textura de um produto cárneo emulsionado. O modelo foi validado pela repetição das análises em triplicata para cada ensaio selecionado. Posteriormente, foi realizada a ANOVA e teste de comparação de médias Tukey ($p < 0,05$). A partir dos resultados obtidos e validação do modelo concluiu-se que são adequados para o emprego de embutidos cárneos dois *mixes*, sendo um composto por 50% de FC e 50% FB e outro, por 66,66% FC, 16,66% de FB e 16,66% de MD.

Palavras-chave: produtos cárneos, maltodextrina, colágeno, bagaço de mandioca.

ABSTRACT

In meat products such as hot-dog style sausages and mortadella, the main emulsifying agents are myofibrillar proteins (actin and myosin). However, due to the development of increasingly competitive products and reduced cost, the use of several non-meat ingredients has been used in your preparation. In this study it was to evaluate the emulsifying capacity (EC) and emulsion stability (ES) of a mix of 3 non-meat ingredients: maltodextrin (MD), collagen fiber (CF) and cassava bagasse flour (CB). For this, an experimental design with simplex mixture was carried out, with the independent variables: MD, CF and CB and the dependent variables: EC and ES, in order to obtain a mixture that after cooking presented the characteristics closest to the texture of an emulsified meat product. The model was validated by repeating the analyses in triplicate for each selected trial. Subsequently, ANOVA and Tukey mean comparison test were performed ($p < 0.05$). From the results obtained, it was concluded that two mixes are suitable for the use of sausages, one composed of 50% collagen fiber and 50% cassava bagasse flour, and the other, 66.66% collagen fiber, 16.66% cassava bagasse flour and 16.66% maltodextrin.

Keywords: meat products, maltodextrin, collagen, cassava bagasse.

* Engenharia de Alimentos, Medianeira, Paraná, Brasil; langenberg@alunos.utfpr.edu.br

[†] Engenharia de Alimentos, Medianeira, Paraná, Brasil; canan@utfpr.edu.br

[‡] Engenharia de Alimentos, Medianeira, Paraná, Brasil; luizacastro@alunos.utfpr.edu.br

[§] Engenharia de Alimentos, Medianeira, Paraná, Brasil; corso@utfpr.edu.br

[¶] Engenharia de Alimentos, Medianeira, Paraná, Brasil; daneysa@hotmail.com

[‡] Engenharia de Alimentos, Medianeira, Paraná, Brasil; elcianezanatta@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

Vários são os ingredientes utilizados em produtos cárneos que contribuem para a estabilidade das emulsões cárneas, em especial os agentes emulsificantes (ou surfactantes), que são substâncias adicionadas às emulsões para aumentar a sua estabilidade tornando-as razoavelmente estáveis e homogêneas (DAMODARAN, 2010). Os principais agentes emulsificantes dos produtos cárneos como salsichas e mortadelas são as proteínas cárneas que são solúveis em soluções salinas, ou seja, as proteínas miofibrilares (actina e miosina) (PRATA; SGARBIERI, 2008). Porém, devido a elaboração de produtos cada vez mais competitivos, o uso de diversos ingredientes não cárneos também tem sido empregado na elaboração de produtos cárneos emulsionados.

A adição de ingredientes não cárneos tem o propósito de aumentar a estabilidade da emulsão cárnea, aumentar a capacidade de retenção de água (CRA), melhorar as características de cortes, textura, sabor e principalmente visa reduzir os custos de formulação, e agregar valor ao produto final. Estes ingredientes podem ser amidos, féculas, proteínas de soja, hidrolisados de proteínas vegetais de glúten de milho ou trigo, carragena, pectina, goma xantana (PARDI et al., 2001). A escolha destes ingredientes dependerá das propriedades da mistura e das características desejadas no produto final. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade emulsificante e estabilidade de emulsão de um *mix* de 3 ingredientes a partir de um planejamento experimental com mistura *simplex*, sendo 2 comumente empregados na elaboração de embutidos cárneos emulsionados, a maltodextrina e fibra de colágeno, e outro pouco explorado, a farinha do bagaço de mandioca.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir de testes preliminares foram selecionados 3 ingredientes a serem empregados na elaboração de um *mix* para ser utilizado em produtos cárneos emulsionados, sendo eles: maltodextrina; farinha do bagaço de mandioca; e fibra de colágeno. Os ingredientes foram doados por uma empresa produtora de embutidos cárneos localizada na região oeste do Paraná.

Foi realizado um planejamento experimental com mistura *simplex* com o objetivo de otimizar as propriedades dos três ingredientes para obter uma mistura que após o cozimento apresentasse as características mais próximas da textura de uma salsicha tradicional.

A Tabela 1 apresenta a matriz do planejamento de misturas, sendo as variáveis independentes: X_1 - maltodextrina; X_2 - farinha do bagaço de mandioca; e X_3 -fibra de colágeno, e as variáveis dependentes ou funções resposta: capacidade de formação de emulsão (CFE) e a estabilidade de emulsão (EE).

Foi realizada a adequação dos valores significativos de acordo com as equações padrões dos modelos linear (1), quadrático (2) e cúbico especial (3) conforme representadas nas equações 1, 2 e 3, respectivamente:

$$\hat{y}(x_1, x_2, x_3) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \quad (1)$$

$$\hat{y}(x_1, x_2, x_3) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 \quad (2)$$

$$\hat{y}(x_1, x_2, x_3) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (3)$$

Em que:

\hat{y} = função-resposta

x_1, x_2 e x_3 = variáveis independentes codificadas

β 's = coeficientes estimados pelo modelo de superfície de resposta



A validação do modelo foi necessária para verificação dos dados significativos e repetição das análises em triplicata para cada ensaio selecionado. Posteriormente, foi realizada a ANOVA, teste de comparação de médias Tukey ($p < 0,05$) e Teste t-Student em programa STATISTICA 10.0 (Statsoft Inc., Tulsa, USA).

A CFE e a EE foram determinadas segundo Lupatini-Menegotto et al. (2019), com adaptações. 4,0 g de amostra foram adicionados de 35 mL de solução tampão fosfato de sódio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, com o respectivo ajuste do pH em 6,8. A suspensão foi agitada (Fisatom, 713 D, Brasil) por 5 min. O processo de emulsificação ocorreu a $30 \text{ }^\circ\text{C}$, com adição lenta de gotas de óleo de milho e agitação vigorosa e contínua. O ponto de formação de emulsão foi verificado visualmente. O volume total da emulsão formada foi transferido para tubo tipo Falcon graduado e em seguida centrifugado a 2087 g (Cientec, CT 5000-R, Brasil) por 7 min. O volume da camada emulsionada após a centrifugação foi utilizado para a determinação da % de CFE (Equação 4).

$$\text{CFE (\%)} = (\text{Volume da camada emulsionada, mL}) \times 100 / (\text{Volume da camada total, mL}) \quad (4)$$

Para determinar a EE, posteriormente a verificação do ponto de emulsificação, a amostra foi aquecida a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ segundo Acton e Saffle (1970), em banho-maria (Novatecnica, NT 245, Piracicaba, Brasil) por 30 min. Em seguida, o volume total da emulsão foi colocado em tubo tipo Falcon graduado e centrifugado a 2087 g (Cientec, CT 5000-R, Brasil) por 7 min. O volume da camada emulsionada centrifugada foi utilizado para a determinação da porcentagem de EE (Equação 5).

$$\text{EE (\%)} = (\text{Volume da camada emulsionada, mL}) \times 100 / (\text{Volume da camada total, mL}) \quad (5)$$

3 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a matriz do planejamento experimental com mistura *simplex* e suas variáveis respostas para a elaboração do *mix* de ingredientes emulsificantes.

Tabela 1 – Matriz do planejamento experimental com mistura *simplex* de três componentes (maltodextrina, farinha de bagaço de mandioca e fibra de colágeno) e as variáveis respostas CFE e EE.

Ensaio	Variáveis independentes*			Variáveis resposta**	
	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)	CFE (%)	EE (%)
1	100	0	0	0,00±0,0	0,00±0,0
2	0	100	0	58,90±1,35	95,66±1,48
3	0	0	100	70,66±1,95	90,12±0,96
4	50	50	0	31,58±3,91	86,61±2,12
5	50	0	50	39,19±9,25	79,10±3,77
6	0	50	50	56,4 ±1,06	90,89±0,60
7	66,66	16,66	16,66	18,98±3,29	73,43±1,20
8	16,66	66,66	16,66	46,66±1,40	92,10±1,95
9	16,66	16,66	66,66	53,75±1,20	81,37±0,18
10	33,33	33,33	33,33	46,75±1,56	86,18±1,77
11	33,33	33,33	33,33	45,30±3,40	84,88±3,54
12	33,33	33,33	33,33	43,80±5,12	86,47±2,23

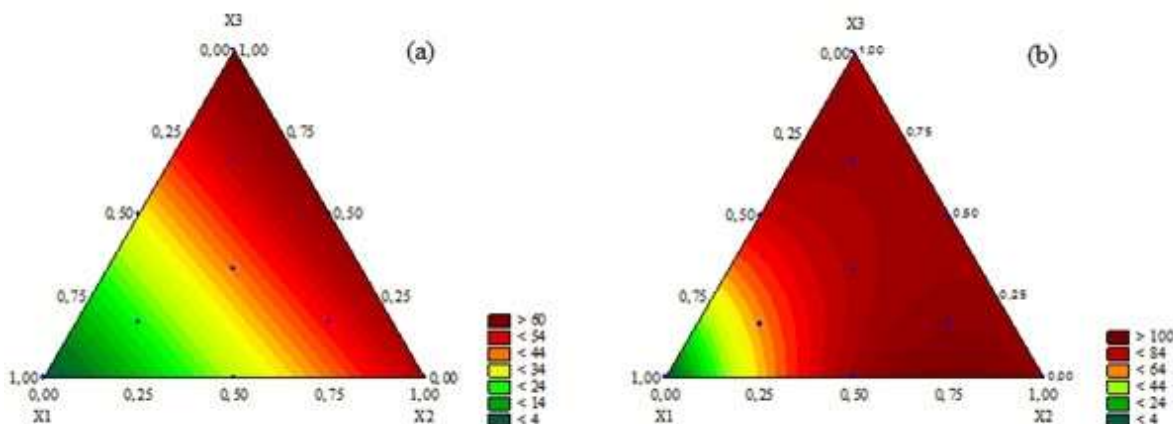
*Variáveis independentes: X₁ – Maltodextrina; X₂ – Farinha do bagaço de mandioca; X₃ – Fibra de Colágeno. **Variáveis resposta: CFE – Capacidade de formação da emulsão; EE – Estabilidade da emulsão.

Fonte: Autoria própria (2019).

No ensaio 3, a fibra de colágeno apresentou a maior CFE. Isto se deve as características típicas do ingrediente que em contato com a água tende a formar feixes de fibras brancas, geralmente de contorno ondulado, que se cruzam e entrelaçam, podendo mesmo ramificar-se e apresentar maior capacidade de formar emulsões. Quanto a EE, o ensaio 2 contendo apenas farinha de bagaço de mandioca, foi o que apresentou maior EE (95,66%), porém com menor EE (58,90%) que o ensaio 3 (70,66%). Justifica-se a utilização da maltodextrina, devido à mesma apresentar característica inerte, sendo altamente solúvel em água e quando hidrolisada, apresenta alta capacidade higroscópica, ótima fluidez e osmolaridade. Contém propriedade espessante, muito utilizada como substituta de gorduras e para aumentar os sólidos solúveis em embutidos cárneos (MARQUES et al., 2014).

Na Figura 1 estão apresentadas as superfícies de resposta, referente ao modelo matemático significativo para as variáveis: Capacidade de Formação de Emulsão (CFE) (Figura 1.a) e Estabilidade da Emulsão (EE) (Figura 1.b), respectivamente.

Figura 1 – Superfícies de resposta para as variáveis resposta: Capacidade de Formação de Emulsão - CFE (a) e Estabilidade da emulsão - EE (b) para as variáveis independentes: X_1 – Maltodextrina; X_2 – Farinha do bagaço de mandioca; X_3 – Fibra de Colágeno.



Fonte: Autoria própria (2021).

Observa-se na Figura 1.a que os maiores valores para CFE foram encontrados para as misturas localizadas próximos aos vértices e nas interações de x_2 (Farinha do bagaço de mandioca) e x_3 (Fibra de colágeno), conforme constatado nos ensaios 2, 3, 6 e 9 (Tabela 1). A Figura 1.b demonstra os valores para a EE, podendo ser observado que todos os ensaios apresentaram interações significativas ($p > 0,05$), exceto a vértice x_1 (maltodextrina), correspondente ao ensaio 1 e a interação do ensaio 7, o qual contém maiores teores de x_1 , apresentaram os menores valores (Tabela 1). As melhores propriedades tecnológicas foram obtidas em menores valores de x_1 (maltodextrina) e x_2 (farinha do bagaço de mandioca) e no nível máximo para x_3 (fibra de colágeno).

A partir dos resultados obtidos para os diferentes ensaios foi possível gerar as equações de regressão, correlacionando cada resultado com cada parâmetro estudado e escolher o modelo que apresentou menor falta de ajuste a um nível de significância de $p < 0,05$. As equações 6 e 7 apresentam os modelos matemáticos que



melhor ajustaram-se correlacionando os valores de CFE (modelo linear) e EE (modelo cúbico espacial) em relação as proporções dos componentes X_1 , X_2 e X_3 presentes na mistura.

$$CFE = 2,31x_1 + 56,64x_2^* + 69,31x_3^* \quad (6)$$

$$EE = 3,73x_1 + 94,00x_2^* + 86,00x_3^* + 164,46x_1x_2^* + 140,46x_1x_3^* - 258,11x_1x_2x_3 \quad (7)$$

Em que:

CFE e EE = Funções-respostas

x_1 , x_2 e x_3 = variáveis codificadas

* = interações significativas ($p < 0,05$).

Os parâmetros estatísticos dos modelos ajustados (Equações 6 e 7) estão apresentados na Tabela 2 para as variáveis CFE (linear) e EE (cúbico especial). Os modelos escolhidos foram significativos ao nível de significância de 5% e apresentaram ajustes adequados, podendo ser observado pelos coeficientes de determinação R^2 , sendo próximos de 1.

Para a variável EE foi escolhido o modelo cúbico especial, apesar de a interação cúbico especial não ser significativa ($p < 0,05$), observou-se que ao retirar esta interação o p valor aumentou e o R^2 diminuiu consideravelmente, demonstrando que mesmo a interação não sendo significativa, era importante para explicar a resposta.

Tabela 2 – Ajuste dos modelos para as quatro variáveis.

Variáveis	Modelo	Teste F	Valor p	R^2
CFE	Linear	134,1743	0,00000	0,96755
EE	Cúbico Especial	33,9828	0,13513	0,96589

Fonte: Autoria própria (2021).

Após análise do planejamento de misturas, percebeu-se que os ensaios que apresentaram os valores estatisticamente satisfatórios foram o 3, 6 e 9 (Tabela 3). Considerando as características tecnológicas dos ingredientes e disponibilidade destes, será dado continuidade ao estudo (aplicação nos produtos cárneos), com as concentrações utilizadas nos ensaios 6 e 9, visto que o ensaio 3 apresenta apenas um constituinte (fibra de colágeno). Para tanto, estes dois ensaios foram reproduzidos de forma a validar os resultados antes da aplicação prática. A Tabela 3 apresenta a validação dos ensaios para os parâmetros CFE e EE.

Tabela 3 – Validação dos ensaios da matriz do planejamento experimental com mistura *simplex* dos componentes maltodextrina, farinha de bagaço de mandioca e fibra de colágeno, e, variáveis resposta CFE e EE.

Parâmetro (%)		Ensaio 3	Ensaio 6	Ensaio 9
CFE	A	71,20 ^{aA}	58,30 ^{aB}	54,30 ^{aB}
	B	69,31 ^{aA}	62,98 ^{aB}	56,02 ^{aC}
EE	A	90,10 ^{aA}	90,40 ^{aA}	82,00 ^{aB}
	B	86,00 ^{aA}	90,00 ^{aA}	73,61 ^{bB}

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna ($p < 0,05$, Teste t-Student) e letras maiúsculas na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$, Teste de Tukey) para cada parâmetro. A= valores obtidos no planejamento experimental, B= valores obtidos do modelo matemático. (n = 3).

Fonte: Autoria própria (2021).



Os dados foram avaliados estatisticamente em programa STATISTICA 10.0 (Statsoft Inc., Tulsa, USA). Analisando-se os resultados obtidos, pode-se verificar na validação que todas as variáveis dependentes não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), com exceção do ensaio 9 para variável dependente EE, ($p < 0,05$). Entretanto, devido ao ensaio 3 conter apenas um constituinte, a fibra de colágeno, foram selecionados os ensaios 6 e 9 para a elaboração de um mix de ingredientes para ser utilizado em embutidos cárneos a fim de contribuir com formação e estabilidade de emulsão. Os produtos cárneos serão elaborados em uma etapa posterior a este projeto.

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos são adequados para o emprego de embutidos cárneos dois *mixes*, sendo um composto por 50% de fibra de colágeno e 50% farinha do bagaço de mandioca e outro, por 66,66% fibra de colágeno, 16,66% de farinha do bagaço de mandioca e 16,66% de maltodextrina. Portanto, foi possível elaborar um *mix* com ingredientes que apresentou excelentes propriedades emulsificantes e estabilidade de emulsão. A fibra de colágeno foi o ingrediente que apresentou melhor potencial tecnológico e sua combinação com maltodextrina e farinha de bagaço de mandioca foi importante devido as características destes dois ingredientes. A maltodextrina é um excelente espessante e de baixo custo. A farinha do bagaço de mandioca além de apresentar propriedades tecnológicas importantes é um subproduto da agroindústria da mandioca.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Iniciação Científica da UTFPR e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- DAMODARAN, S. Aminoácidos, Peptídeos e Proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. (Ed.). **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 179–262.
- LUPATINI MENEGOTTO, A. L. et al. Investigation of techno-functional and physicochemical properties of *Spirulina platensis* protein concentrate for food enrichment. **Lwt**, v. 114, n. July, p. 108267, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108267>>.
- MARQUES, G. R. et al. Application of maltodextrin in green corn extract powder production. **Powder Technology**, v. 263, p. 89–95, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2014.05.001>>.
- PARDI, M. C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. ed. Goiânia: UFG, 2001.
- PRATA, A. S.; SGARBIERI, V. C. Composition and physicochemical properties of two protein fractions of bovine blood serum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 964–972, 2008.