



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

MICHELE ELIZA CORTAZZO MENIS HENRIQUE

**Adição pré-extrusão de precursores de aroma para obtenção de *snacks* de
grits de milho com reduzido teor lipídico e com potencial
para produção industrial**

**São José do Rio Preto/SP
2017**

MICHELE ELIZA CORTAZZO MENIS HENRIQUE

**Adição pré-extrusão de precursores de aroma para obtenção de *snacks* de
grits de milho com reduzido teor lipídico e com potencial
para produção industrial**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: FAPESP – Proc. 2013/00944-9

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Conti e Silva

Co-orientadora: Profa. Dra. Natália Soares Janzantti

**São José do Rio Preto/SP
2017**

Menis-Henrique, Michele Eliza Cortazzo.

Adição pré-extrusão de precursores de aroma para obtenção de *snacks* de grits de milho com reduzido teor lipídico e com potencial para produção industrial / Michele Eliza Cortazzo Menis Henrique. -- São José do Rio Preto, 2017

159 f. : il.

Orientadora: Ana Carolina Conti e Silva

Co-Orientadora: Natália Soares Janzantti

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Milho como alimento - Processamento. 3. Milho – Produtos - Indústria. 4. Processo de extrusão. 5. Técnicas in vitro. 6. Lanches. 7. Aroma. 8. Sabor. I. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. II. Título.

CDU – 664.784

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

MICHELE ELIZA CORTAZZO MENIS HENRIQUE

**Adição pré-extrusão de precursores de aroma para obtenção de *snacks* de
grits de milho com reduzido teor lipídico e com potencial
para produção industrial**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: FAPESP – Proc. 2013/00944-9

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Ana Carolina Conti e Silva
UNESP – São José do Rio Preto/SP
Orientadora

Profa. Dra. Valéria Paula Rodrigues Minim
UFV – Viçosa/MG

Prof. Dr. Jorge Herman Behrens
UNICAMP – Campinas/SP

Profa. Dra. Célia Maria Landi Franco
UNESP – São José do Rio Preto/SP

Prof. Dr. José Francisco Lopes Filho
UNESP – São José do Rio Preto/SP

**São José do Rio Preto/SP
2017**

Dedicatória

A Deus,
aos meus pais Sandra e Jair,
e ao meu marido João Paulo.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por todo amor e misericórdia com que cuidas de mim. A Deus toda honra e toda glória por mais essa conquista em minha vida.

Agradeço aos meus pais Sandra e Jair, pelo amor e educação que me deram, mesmo em meio a tantas dificuldades. Assim, agradeço também aos meus irmãos Matheus e Marcelo pelo carinho e amizade.

Agradeço ao meu marido João Paulo, por todo amor e companheirismo e por estar sempre ao meu lado me ajudando a ser uma pessoa melhor.

Agradeço a minha querida orientadora Profa. Dra. Ana Carolina Conti e Silva, pelo carinho, dedicação, respeito, por compartilhar comigo seus conhecimentos e por ser um exemplo a seguir.

Agradeço a minha co-orientadora Profa. Dra. Natália Soares Janzantti, por todo conhecimento compartilhado, por sua amizade e dedicação.

Agradeço aos meus amigos Dalva, Rafaela e João Carlos, por estarem sempre ao meu lado e orando por mim.

Agradeço pela minha amiga e companheira de caminhada Talita, por todo carinho e amizade. Por todos os momentos vivenciados no laboratório e também fora dele. Por ter sempre uma palavra amiga para acalmar a alma.

Agradeço a todos os amigos que passaram pelo Laboratório de Análise Sensorial nesses quatro anos e meio e deixaram sua marca de carinho e amizade.

Agradeço também aos técnicos Alana, Luiz e Ginaldo, por me socorrerem em tantos momentos.

Agradeço ao pesquisador Olivier Berdeaux do *Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation* (CSGA/INRA) em Dijon na França, por aceitar ser meu supervisor durante meu estágio de pesquisa no exterior.

Agradeço ao pesquisador Etienne Sémon também do CSGA/INRA, pelo conhecimento compartilhado, por toda paciência comigo e pelo carinho e amizade.

Agradeço a Profa. Dra. Magali Monteiro pela colaboração com este projeto de pesquisa.

Agradeço à Fapesp pelo apoio financeiro no país (processo FAPESP 2013/00944-9) e também no exterior (processo FAPESP 2016/08519-3).

E a todos aqueles que alguma forma colaboraram para o sucesso deste trabalho, meu muito obrigada.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

Filipenses 4:13

SUMÁRIO

RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	18
INTRODUÇÃO GERAL	19
OBJETIVOS	20
Objetivo geral	20
Objetivos específicos.....	20
ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	21
CAPÍTULO 1.....	23
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL	23
1. MILHO	24
2. EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA.....	25
3. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES EM PRODUTOS EXTRUSADOS.....	28
4. AROMATIZAÇÃO DE SNACKS	29
5. FORMAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS POR REAÇÕES INDUZIDAS TERMICAMENTE	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
CAPÍTULO 2.....	40
<i>IDENTIFICATION OF SENSORY AND NON-SENSORY FACTORS INVOLVED IN FOOD CONSUMPTION: A STUDY WITH EXTRUDED CORN-BASED SNACKS</i>	40
MENIS-HENRIQUE MEC, JANZANTTI NS, CONTI-SILVA AC. IDENTIFICATION OF SENSORY AND NON-SENSORY FACTORS INVOLVED IN FOOD CONSUMPTION: A STUDY WITH EXTRUDED CORNBASED SNACKS. J SENS STUD. 2017;E12299. HTTPS://DOI.ORG/10.1111/JOSS.12299	40
ABSTRACT	41
PRACTICAL APPLICATIONS	41

1.	INTRODUCTION	42
2.	METHODS.....	43
2.1.	Sample Size Determination	43
2.2.	Market Research	45
2.3.	Preference Testing	45
2.4.	Statistical Analysis.....	46
3.	RESULTS AND DISCUSSION	48
3.1.	Purchase and Consumption of Corn Snacks	48
3.1.1.	Group I.....	51
3.1.2.	Group II	52
3.2.	Corn Snack Flavor Preferences.....	54
4.	CONCLUSIONS	55
	REFERENCES	55

CAPÍTULO 3		59
DESENVOLVIMENTO DE SNACKS EXPANDIDOS DE MILHO SABOR QUEIJO COM REDUZIDO TEOR LIPÍDICO		59
1.	INTRODUÇÃO.....	60
2.	MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1.	Material	62
2.2.	Escolha dos precursores de aroma de queijo	62
2.3.	Ajuste da umidade do grits de milho	63
2.4.	Primeiro delineamento experimental	63
2.5.	Ajustes nos precursores de aroma para melhoria da aceitação sensorial	66
2.6.	Segundo delineamento experimental	66
2.7.	Teor lipídico nos <i>snacks</i>	68
2.8.	Análise das características sensoriais dos <i>snacks</i>	68
2.9.	Análise das propriedades físicas dos <i>snacks</i>	70
2.10.	Quantificação do ácido butírico nos <i>snacks</i>	71

2.11.	Análises estatísticas	74
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
3.1.	Primeiro delineamento experimental	75
3.2.	Segundo delineamento experimental	77
3.2.1.	Teor lipídico e percentual de óleo incorporado aos <i>snacks</i>	77
3.2.2.	Aceitação sensorial e intensidade de sabor queijo dos <i>snacks</i>	79
3.2.3.	Propriedades físicas dos <i>snacks</i>	85
3.2.4.	Quantidade de ácido butírico nos <i>snacks</i>	94
3.2.5.	Mapa de preferência externo para os <i>snacks</i>	95
4.	CONCLUSÃO.....	97
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS - POTENCIAL PARA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DOS SNACKS.....	97
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
CAPÍTULO 4.....		103
PERFIL SENSORIAL DE SNACKS EXPANDIDOS DE MILHO SABOR QUEIJO ..		103
1.	INTRODUÇÃO.....	104
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	105
2.1.	Materiais	105
2.2.	Extrusão termoplástica.....	105
2.3.	Perfil sensorial dos <i>snacks</i> expandidos de milho sabor	106
2.3.1.	Recrutamento dos voluntários	107
2.3.2.	Seleção dos avaliadores	108
2.3.3.	Definição da terminologia descritiva.....	109
2.3.4.	Avaliação final dos <i>snacks</i> expandidos de milho sabor queijo	112
2.3.5.	Análises estatísticas	113
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	113
4.	CONCLUSÃO.....	122
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
CAPÍTULO 5.....		125

EFEITO DO TEOR DE ÓLEO DE GIRASSOL NA LIBERAÇÃO <i>IN VITRO</i> DO ÁCIDO BUTÍRICO VIA AROMA E DO ODOR DE SNACKS EXPANDIDOS DE MILHO SABOR QUEIJO	125
1. INTRODUÇÃO.....	126
2. MATERIAL E MÉTODOS	127
2.1. Material.....	127
2.2. Produção dos <i>snacks</i>	127
2.3. Teor lipídico nos <i>snacks</i>	128
2.4. Análise dos compostos voláteis por <i>Headspace – Solid Phase Microextraction – Gas Chromatography – Mass Spectrometry</i> (HS-SPME-GC-MS)	128
2.5. Estudo <i>in vitro</i> da liberação do aroma e odor dos <i>snacks</i>	130
2.5.1. Liberação de aroma <i>in vitro</i>	131
2.5.2. Liberação do odor <i>in vitro</i>	135
2.6. Análise dos dados	136
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	136
3.1. Teor lipídico dos <i>snacks</i> e porcentagem de óleo incorporado	136
3.2. Análise dos compostos voláteis por HS-SPME-GC-MS	139
3.3. Padrão de íons dos compostos voláteis obtidos via PTR-ToF-MS.....	139
3.3.1. Liberação do ácido butírico via aroma e odor dos <i>snacks</i>	141
4. CONCLUSÃO	145
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
 CONCLUSÃO GERAL	 149
 APÊNDICE 1	 151
INVESTIGAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS PRECURSORES DE AROMA DE QUEIJO	151
QUEBRA DE LIGAÇÕES ÉSTERES DOS TRIACILGLICERÓIS	151
OXIDAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS POLI-INSATURADOS E DE VITAMINAS	152
REAÇÕES ENVOLVENDO AMINOÁCIDOS E/OU PROTEÍNAS - REAÇÃO DE MAILLARD E DEGRADAÇÃO DE STRECKER.....	152
COMPOSTOS VOLÁTEIS IMPORTANTES EM QUEIJOS	153

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
APÊNDICE 2	156
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	156
ANEXO 1	157
PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	157

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

TABLE 1 Questionnaire applied to buyers of extruded corn-based snacks.....	44
TABLE 2 New response categories of variables from questionnaire applied to buyers of extruded corn-based snacks.	47
TABLE 3 Rank sum scores (n = 100) for extruded corn-based snacks.	54

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Primeiro delineamento composto central rotacional.	64
Tabela 2. Segundo delineamento composto central rotacional.	67
Tabela 3. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 61) da análise sensorial dos <i>snacks</i> do primeiro delineamento experimental.....	76
Tabela 4. Teor lipídico dos <i>snacks</i> (n = 3) para cada ensaio do delineamento experimental...	78
Tabela 5. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 84) dos <i>snacks</i> do segundo delineamento para a análise sensorial.	81
Tabela 6. Modelo para a variável dependente intensidade de sabor queijo.	82
Tabela 7. Média $\pm$ desvio-padrão para as propriedades físicas dos <i>snacks</i> do segundo delineamento experimental.....	86
Tabela 8. Modelos para as variáveis dependentes: razão de expansão, densidade, luminosidade (L*), tonalidade de amarelo (b*) e croma (C*).	89
Tabela 9. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 2) para o conteúdo de ácido butírico nos <i>snacks</i>	94

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Delineamento composto central rotacional.	106
Tabela 2. Definições e referências para os descritores de <i>snacks</i> expandidos de milho sabor queijo.	111
Tabela 3. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 32) das intensidades dos descritores dos <i>snacks</i> expandidos de milho sabor queijo.	116
Tabela 4. Regressão múltipla para os descritores avaliados no PDO.....	117

CAPÍTULO 5

Tabela 1. Delineamento experimental.	128
---	-----

Tabela 2. Teor lipídico das amostras de <i>snack</i>	138
Tabela 3. Compostos voláteis e seus íons moleculares detectados via PTR-TOF-MS.	140
Tabela 4. Modelo do ajuste linear do íon molecular do ácido butírico (m/z 89,0616) para liberação do aroma e do odor nas diferentes amostras de <i>snacks</i>	143
Tabela 5. Área (cps) do ácido butírico para aroma e odor nas diferentes amostras de <i>snacks</i>	143

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Esquema de uma extrusora.....	26
---	----

CAPÍTULO 2

FIGURE 1 Frequency distributions about buyers interviewed (N = 162) - most frequently purchased extruded corn-based snack flavor (A) and the most influential factor at the moment of purchase (B), and about consumers (N = 295) - frequency of corn snack consumption (C) and the reason for consumption (D).	49
FIGURE 2 Correspondence analysis and cluster analysis (three groups indicated by the circles) between ‘which snack flavor do you purchase most frequently?’ and ‘what influences you at the time of purchase?’ – results from buyers interviewed (N = 162).	50
FIGURE 3 Multiple correspondence analysis and cluster analysis (three groups indicated by the circles) using corn snack consumption and the socioeconomic characteristics of snack consumers – results from consumers (N = 295).	51

CAPÍTULO 3

Figura 1. Questionário para caracterização dos consumidores.....	68
Figura 2. Ficha da avaliação sensorial dos <i>snacks</i> de milho sabor queijo.....	69
Figura 3. Armadilha para isolamento dos compostos voláteis.	72
Figura 4. Sistema para isolamento dos compostos voláteis	72
Figura 5. Intensidade de sabor queijo dos <i>snacks</i> em função da porcentagem de óleo de girassol aspergida.	83
Figura 6. Mapa de preferência interno para os atributos textura (A) e sabor (B), aceitação global (C) e para o ideal de intensidade de sabor queijo nos <i>snacks</i> (D).	85
Figura 7. Fotos das seções transversais e longitudinais dos <i>snacks</i> de grits de milho.	87
Figura 8. Razão de expansão dos <i>snacks</i> em função da temperatura e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.....	90
Figura 9. Densidade dos <i>snacks</i> em função da temperatura e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.	91
Figura 10. Luminosidade (L*) dos <i>snacks</i> em função da temperatura e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.....	92

Figura 11. Cromaticidade de amarelo (b^*) dos <i>snacks</i> em função da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.....	93
Figura 12. Croma (C^*) dos <i>snacks</i> em função da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.....	93
Figura 13. Cromatograma do <i>snack</i> do ensaio 3 (100 °C; 20,5% óleo de girassol).	94
Figura 14. Mapa de preferência externo para a aceitação sensorial dos <i>snacks</i> e teor de ácido butírico com a porcentagem de óleo de girassol como variável suplementar (A – projeção das variáveis; B – projeção das amostras).	96

CAPÍTULO 4

Figura 1. Questionário de recrutamento dos voluntários.....	107
Figura 2. Ficha para o teste de reconhecimento de gostos básicos.....	108
Figura 3. Ficha para o teste de reconhecimento de odores.	109
Figura 4. Lista prévia de descritores.....	110
Figura 5. Exemplo da tela apresentada aos avaliadores para avaliação dos <i>snacks</i> expandidos de milho sabor queijo usando o programa FIZZ 2.5.	113
Figura 6. Representação gráfica dos resultados do perfil descritivo otimizado dos <i>snacks</i> expandidos de milho sabor queijo.	114
Figura 7. Efeito da temperatura de extrusão sobre a cor amarela (A), crocância (B) e dureza (C) dos <i>snacks</i>	119
Figura 8. Efeito da porcentagem de óleo de girassol sobre o odor de óleo (A) e o sabor de cereal (B) dos <i>snacks</i>	120
Figura 9. Efeito da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol sobre os descritores odor de queijo (A), sabor de óleo (B), sabor de queijo (C), gosto salgado (D) e gosto umami (E) dos <i>snacks</i>	121

CAPÍTULO 5

Figura 1. PTR-ToF-MS e seu sistema operacional interno.	130
Figura 2. Simulador de mastigação (<i>Bouche Artificielle</i>).....	132
Figura 3. Simulador de mastigação acoplado ao PTR-ToF-MS (1: sacos contendo ar úmido; 2: PTR-ToF-MS; 3: controlador do fluxo de artificial saliva; 4: simulador de mastigação; 5: linha de transferência do simulador de mastigação ao PTR-ToF-MS.....	134
Figura 4. Distribuição da amostra de <i>snack</i> na boca artificial antes (A) e	135

Figura 5. Diagrama do sistema de acionamento automático de válvulas para análise do <i>headspace</i> dos <i>snacks</i>	136
Figura 6. Cromatograma da amostra com 24% óleo de girassol.	139
Figura 7. Perfil do íon protonado do ácido butírico (m/z 89,0616) para liberação do aroma (A) e do odor (B) nos <i>snacks</i> adicionados de óleo de girassol (%).	142

RESUMO

O processo de extrusão termoplástica é amplamente utilizado para reestruturar alimentos à base de amido e/ou proteína, sendo os *snacks* um dos principais produtos fabricados por extrusão. O método de aromatização de *snacks* mais utilizado industrialmente é a aromatização pós-extrusão utilizando óleo ou gordura vegetal hidrogenada como veículo aromatizante, mas este método eleva o teor lipídico e o valor calórico do produto final. Dessa forma, a aromatização pré-extrusão pode ser realizada pela adição de precursores de aroma à matéria-prima sem a necessidade de um veículo lipídico, melhorando o valor nutritivo dos *snacks*. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a adição pré-extrusão de precursores de aroma em grits de milho a fim de obter *snacks* com reduzido teor lipídico e com potencial para produção industrial. A partir de pesquisa de mercado e teste de preferência, queijo foi o sabor preferido para *snacks* expandidos de milho. Cisteína e ácido butírico (0,2 e 0,4%, m/m, respectivamente) foram definidos como os precursores para obtenção de odor e sabor de queijo nos *snacks* sabor queijo. A Metodologia de Superfície de Resposta foi utilizada para estudo dos efeitos da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol sobre as características físicas e sensoriais dos *snacks*. A temperatura de extrusão e o teor de óleo de girassol apresentaram efeito sobre as características de estrutura e textura dos *snacks* (razão de expansão, densidade e cor instrumental), além de efeito sobre o odor de queijo, sabor de óleo e de queijo e gostos salgado e umami. A temperatura de extrusão ainda apresentou efeito sobre a cor avaliada sensorialmente, a crocância e a dureza dos *snacks*, e o teor de óleo de girassol apresentou efeito também sobre o odor de óleo e o sabor de cereal dos *snacks*. Ainda, o aumento no teor de óleo, de forma geral, reduziu a taxa de liberação *in vitro* do ácido butírico via aroma e aumentou via odor, podendo-se inferir que o aumento no teor de óleo prolongou a percepção do ácido butírico via aroma, visto que diminuiu sua taxa de liberação na boca. Concluindo, *snacks* expandidos de milho sabor queijo, com reduzido teor lipídico quando comparado aos *snacks* comerciais, podem ser obtidos via aromatização pré-extrusão com precursores de aroma, sendo uma opção mais saudável para os consumidores e potenciais consumidores deste tipo de produto.

Palavras-chave: extrusão termoplástica, aceitação sensorial, propriedades físicas, perfil descritivo otimizado, liberação *in vitro* de aroma.

ABSTRACT

The thermoplastic extrusion process is widely used to restructure starchy and protein-based food, and the expanded snacks are the major products manufactured by extrusion. The method flavoring snacks most used industrially is the post-extrusion flavoring using vegetable fat or oil as the flavoring vehicle, but this method raises the lipid content and the caloric value of the final product. The pre-extrusion flavoring may be carried out by adding the flavor precursors feedstock without the need for a lipid carrier, improving the nutritional value of the snack. Therefore, the aim of this study is to investigate the pre-extrusion adding flavor precursors in corn grits in order to obtain snacks with reduced fat content and the potential for industrial production. From market research and preference testing, cheese was the preferred flavor for expanded corn snacks. Cysteine and butyric acid (0.2 and 0.4, w/w, respectively) were defined as the precursors for obtaining corn expanded snack with cheese aroma/flavor. The Response Surface Methodology was used to study the effects of extrusion temperature and sunflower oil percentage sprinkled on physical and sensory characteristics of cheese-flavored snacks. The extrusion temperature and the sunflower oil content had an effect on the characteristics of structure and texture of the snacks (expansion ratio, density and instrumental color), as well as effect on cheese odor, oil and cheese flavor, and salty and umami tastes. The extrusion temperature still had an effect on the color sensorially evaluated, the crunchiness and the hardness of the snacks, and the sunflower oil content also had an effect on the odor of oil and the cereal flavor of the snacks. Moreover, the increase in oil content, generally, reduced the rate of in vitro release of butyric acid via aroma and increased via odor, and it can be inferred that the increase in oil content prolonged the perception of butyric acid via aroma, since it has decreased its rate of release in the mouth. In conclusion, cheese-flavored expanded corn-based snacks with reduced lipid content when compared to commercial snacks, can be obtained via pre-extrusion flavoring with flavor precursors, which is a healthier option for consumers and potential consumers of this type of product.

Keywords: *thermoplastic extrusion, sensory acceptance, physical properties, optimized descriptive profile, in vitro aroma release.*

Introdução geral

A extrusão termoplástica é cada vez mais utilizada para a elaboração dos mais diversos produtos expandidos, devido sua versatilidade e flexibilidade. Dentre esses produtos, os *snacks* expandidos de milho se destacam pelo grande consumo. São produtos encontrados nos mais diversos formatos e sabores, a fim de atingir o maior número de consumidores possível, que buscam num produto não só características sensoriais agradáveis, mas também outros fatores, como praticidade, conveniência, preço, segurança e valor nutritivo.

Em se tratando de *snacks* expandidos, o sabor apresentado na embalagem do produto é um fator decisivo no momento da compra. No entanto, sabe-se que o método de aromatização desses *snacks* interfere diretamente no teor lipídico do produto final, uma vez que o método comumente utilizado pelas indústrias é a aspersão de óleo ou gordura vegetal misturado com aroma comercial sobre o produto extrusado. Tal procedimento eleva consideravelmente o teor lipídico dos *snacks*. Por isso, alguns consumidores acabam consumindo esse tipo de produto menos do que gostariam, pelo fato dos mesmos estarem muitas vezes associados a uma alimentação pouco saudável.

Por outro lado, a utilização de métodos pré-extrusão para a aromatização de *snacks* expandidos de milho pode contribuir para a obtenção de um produto mais saudável, com menor teor lipídico. Dentre esses métodos, a utilização de precursores de aroma é uma alternativa ainda pouco estudada devido à sua complexidade, mas que pode gerar resultados bastante interessantes para a produção de *snacks* expandidos de milho. Sendo assim, diante da importância econômica dos *snacks* expandidos, principalmente dos elaborados à base de milho, aliado a necessidade de reduzir o teor lipídico dos *snacks*, faz-se necessário o desenvolvimento de *snacks* expandidos de milho utilizando métodos de aromatização pré-extrusão como o uso de precursores de aroma.

Objetivos

Objetivo geral

Investigar a adição pré-extrusão de precursores de aroma em *snacks* de grits de milho, bem como as propriedades físico-químicas e sensoriais dos mesmos, a fim de obter um produto com reduzido teor lipídico e com potencial para produção industrial.

Objetivos específicos

Definir o sabor a ser estudado por meio de pesquisa de mercado e teste de preferência.

Produzir *snacks* de grits de milho com o sabor mais consumido (queijo) utilizando precursores de aroma.

Investigar os efeitos das condições de extrusão do grits de milho, previamente adicionado de precursores de aroma, e da adição de óleo nas seguintes características dos *snacks*: i) intensidade de sabor queijo e aceitação sensorial, ii) propriedades físicas, iii) quantidade de ácido butírico e iv) perfil sensorial.

Analisar o efeito do teor de óleo de girassol na liberação *in vitro* de ácido butírico via aroma e odor de *snacks* de milho sabor queijo.

Organização dos capítulos

O presente trabalho foi organizado em cinco capítulos para melhor distribuição do trabalho e também objetivando a publicação dos resultados.

Capítulo 1: Revisão bibliográfica geral.

Consiste em uma breve revisão da literatura sobre os principais temas abordados nessa tese: milho, extrusão termoplástica, aromatização de snacks e formação de compostos voláteis por reações induzidas termicamente.

Capítulo 2: *Identification of sensory and non-sensory factors involved in food consumption: A study with extruded corn-based snacks.*

O capítulo 2 está apresentado na forma de artigo, o qual foi aceito para publicação na *Journal of Sensory Studies* (Menis-Henrique MEC, Janzantti NS, Conti-Silva AC. Identification of sensory and non-sensory factors involved in food consumption: A study with extruded cornbased snacks. J Sens Stud. 2017;e12299. <https://doi.org/10.1111/joss.12299>).

Este capítulo aborda a definição do sabor de *snack* a ser estudado por meio de pesquisa de mercado e teste de preferência, bem como a identificação de fatores sensoriais e não sensoriais que determinam a compra e o consumo de *snacks* expandidos de milho.

Capítulo 3: Desenvolvimento de *snacks* expandidos de milho sabor queijo com reduzido teor lipídico.

O Capítulo 3 aborda o desenvolvimento de *snacks* de grits de milho com o sabor mais consumido (queijo) utilizando precursores de aroma e a investigação dos efeitos da temperatura de extrusão e do teor de óleo de girassol aspergido aos *snacks* sobre suas características sensoriais, físicas e quantidade de ácido butírico. O conteúdo apresentado neste capítulo será submetido na forma de artigo.

Capítulo 4: Perfil sensorial de *snacks* expandidos de milho sabor queijo.

O Capítulo 4 aborda a investigação dos efeitos da temperatura de extrusão e do teor de óleo de girassol no perfil sensorial dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo. O conteúdo apresentado neste capítulo será submetido na forma de artigo.

Capítulo 5: Efeito do teor de óleo de girassol na liberação *in vitro* de ácido butírico via aroma e odor de *snacks* expandidos de milho sabor queijo.

O Capítulo 5 aborda o estudo da liberação *in vitro* do ácido butírico via aroma e odor em *snacks* expandidos de milho sabor queijo produzidos por meio da adição pré-extrusão de precursores de aroma e aspergidos com diferentes teores de óleo de girassol. O conteúdo apresentado neste capítulo será submetido na forma de artigo.

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL

Revisão bibliográfica geral

1. Milho

O milho, definido como os grãos provenientes da espécie *Zea mays* L., é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo. Pode ser classificado pela sua coloração (geralmente amarelo ou branco), bem como pela consistência e formato do grão (duro, dentado, semiduro e misturado), sendo o tipo amarelo-dentado o mais popular. Este grão se desenvolve bem a uma temperatura entre 25-30 °C, com 500 mm de chuva durante o ciclo de cultivo que é de cerca de 120 dias. O plantio costuma ser feito em regiões acima do nível do mar até 2500 m de altitude, tratando-se de uma cultura sensível às baixas temperaturas (BRASIL, 2011; SERNA-SALDIVAR; 2010).

O grão de milho é composto basicamente por endosperma (cerca de 83% do peso do grão seco), gérmen (11%), pericarpo (5%) e ponta (2%). O endosperma é constituído principalmente por grânulos de amido (88%), unidos uns aos outros por proteínas do tipo prolaminas, que envolvem os grânulos de amido formando os chamados corpos de zeína. O endosperma ainda pode ser classificado como farináceo (opaco) ou vítreo, de acordo com seu aspecto quando exposto à luz. Farináceo, quando os grânulos de amido são esféricos e a matriz proteica que o envolve é pobre em corpos proteicos, resultando em espaços vazios após a secagem do grão. Esses espaços vazios conferem opacidade ao material, pois permitem a passagem da luz. Por outro lado, no endosperma vítreo, uma matriz proteica densa circunda os grânulos de amido, sem deixar espaço entre a matriz e os grânulos, refletindo assim a luz e conferindo o aspecto vítreo (PAES, 2006; SERNA-SALDIVAR; 2010). O peso de um grão de milho pode variar de 250 a 300 mg em média, apresentando a seguinte composição em matéria seca: 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibras e 4% de lipídeo.

Os derivados do milho podem ser obtidos a partir da moagem seca ou úmida do grão (PAES, 2006). Na moagem úmida, o grão é separado em gérmen, fibra, amido e proteína (glúten), com o principal objetivo de recuperar o amido. A moagem úmida envolve a maceração dos grãos de milho em solução de dióxido de enxofre (0,1 -0,2%) sob condições controladas (temperaturas de 50 – 54 °C por um período de 24 a 48 horas). Assim, pelas condições empregadas, ocorre o desenvolvimento de *Lactobacillus sp*, que produz ácido láctico pela fermentação de açúcares solúveis na água de maceração, reduzindo o pH do meio e favorecendo a separação dos componentes do grão. Nesta etapa também ocorre o

amolecimento do grão, liberação dos grânulos de amido da matriz proteica e inibição do crescimento de microorganismos deteriorantes (GERALDI, et al., 2012).

Na moagem seca, o grão é limpo, podendo ser umidificado até 20%, para que o farelo não se divida em pequenos pedaços durante a moagem e para amolecer o endosperma a fim de facilitar a moagem (HOSENEY, 1991; EMBRAPA, 2011). Os grãos são então degerminados, o germe segue para a extração do óleo e produção de farelo, enquanto o restante do endosperma é moído e peneirado em diferentes granulações, obtêm-se subprodutos como canjição, canjica, grits, fubá e farinha, de acordo com sua granulometria (EMBRAPA, 2011; MIKALOUSKI et al., 2014).

No Brasil, o processo de moagem seca é o mais utilizado, por tratar-se de um processo mais simples, bem como os maquinários necessários para sua realização, sendo que as indústrias moageiras são geralmente de pequeno e médio porte, e abastecem a demanda local, ficando a moagem úmida nas mãos das indústrias de grande porte (AGEITEC, 2017). Dentre os subprodutos da moagem seca do milho está o grits.

O grits de milho é o resultado da degerminação e moagem do grão, que apresenta cerca de 90% de amido em base seca (GONÇALVES et al., 2003), e é uma das matérias-primas utilizadas para a produção de *snacks* expandidos pelo processo de extrusão termoplástica, pois seu elevado teor de amido lhe confere alta capacidade de expansão. Além disso, sua granulometria entre 0,42 e 1,19 mm, mas predominantemente em 0,84 mm (MENIS, 2013), é importante para obtenção de *snacks* com textura crocante e células maiores (EMBRAPA, 2011).

2. Extrusão termoplástica

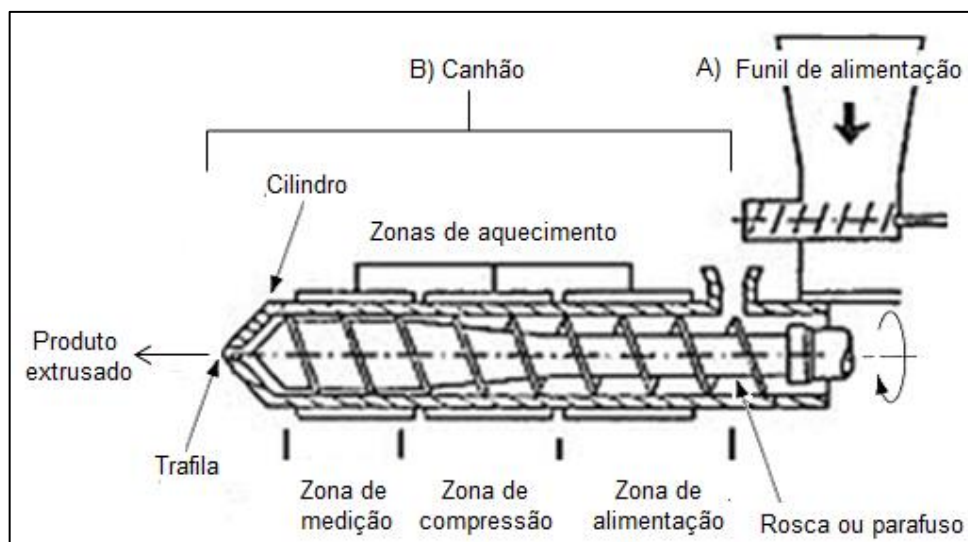
A extrusão termoplástica tem sido cada vez mais utilizada para a elaboração dos mais diversos produtos expandidos devido à sua versatilidade e flexibilidade. Dentre esses produtos, os *snacks* expandidos à base de milho se destacam pelo grande consumo. As vendas no segmento de *snacks* no mercado interno, incluindo os expandidos de milho, que eram de 5,18 bilhões em 2014, devem chegar a R\$ 7,26 bilhões até 2018. Só entre os anos de 2012 e 2013, 1136 novos *snacks* foram lançados no Brasil, sendo a maioria desses lançamentos de *snacks* expandidos de milho e trigo (ABRE, 2017).

O custo do equipamento, a extrusora, é consideravelmente alto, porém a alta produtividade permite que o investimento seja recuperado em um curto espaço de tempo. O processo de extrusão apresenta várias vantagens, dentre elas: versatilidade; produto final de

alto valor agregado; produto pronto para consumo; processo sem geração de resíduos; e baixo custo de produção industrial (EMBRAPA, 2011).

O processo extrusão termoplástica combina várias operações unitárias, tais como: mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem. Quando o alimento é aquecido a temperaturas maiores que 100 °C, o processo é conhecido como cozimento por extrusão, em que se utiliza alta temperatura em curto tempo (HTST, *High Temperature - Short Time*). A matéria-prima previamente hidratada (10-15% para os amiláceos e 30-40% para materiais proteicos) é colocada no funil de alimentação da extrusora (Figura 1A) e transportada ao longo do canhão (Figura 1B) em uma mesma direção e sentido. Ao longo desse caminho, o material é submetido à elevada força de cisalhamento provocada pela rosca e é também exposto a temperaturas da ordem de 120-200 °C. Próximo à saída do canhão, a profundidade do passo da rosca torna-se menor, restringindo o volume e aumentando a resistência ao movimento do alimento, que é comprimido entre o canhão e os passos da rosca. Na saída do material da extrusora, a diferença de pressão entre o interior do equipamento (3-5 MPa ou 40-60 atm) e a atmosfera faz com que ocorra uma rápida evaporação da água superaquecida, resultando na formação de vacúolos e na expansão do produto. Neste caso, o vapor d'água atua como um agente de crescimento, fazendo com que o material se estique e se expanda na direção longitudinal e radial, e endureça em poucos segundos à temperatura ambiente, conferindo a textura desejada ao produto (CAMIRE, 1991; ARÊAS, 1992; MACRAE et al., 1993; ARÊAS, 1996; FELLOWS, 2006; SINGH; GAMLATH; WAKELING, 2007). A Figura 1 apresenta o esquema de uma extrusora e suas principais partes.

Figura 1. Esquema de uma extrusora.



Adaptado de FELLOWS (2006).

O processo de extrusão é amplamente utilizado para reestruturar alimentos à base de amido e/ou proteína (CAPRILES; SOARES; ARÊAS, 2007). Uma série de mudanças ocorre na matéria-prima durante o processo de extrusão, tais como: hidratação de amidos e proteínas, homogeneização, gelatinização do amido, desnaturação proteica, destruição de fatores antinutricionais e redução da carga microbiana (FELLOWS, 2006; VERNAZA; CHANG; STEEL, 2009). Assim, a matéria-prima utilizada para extrusão tem importante papel na estrutura do produto extrusado, sendo a umidade, o tamanho das partículas, a composição química (quantidade e tipo de amido, teor de proteínas, lipídeos e açúcares) e o pH do material umedecido alguns dos fatores mais importantes. Tais fatores afetam as propriedades reológicas do material no interior do canhão e, conseqüentemente, a qualidade do produto final. Tipos diferentes de matéria-prima podem resultar em produtos com características completamente diferentes mesmo mantendo-se as condições de extrusão e o modelo da extrusora, pois a composição da matéria-prima, afeta a viscosidade do material e as características de fluxo, bem como às condições de processamento como temperatura, pressão e intensidade da força de cisalhamento (CAMPANELLA *et al.*, 2002; ORDOÑEZ, 2005; FELLOWS, 2006).

Em se tratando da extrusão de alimentos amiláceos, como é o caso dos *snacks* expandidos de milho, o principal efeito do processo é a gelatinização do amido, que ocorre quando uma suspensão de amido em água é aquecida (BERK, 2013), com a perda de ordem molecular dos grânulos. O amido ocorre na natureza em partículas denominadas grânulos, formados por moléculas de amilose e amilopetina dispostas de modo radial. Os grânulos contêm regiões cristalinas e não cristalinas, e o arranjo ordenado das moléculas confere birrefringência aos grânulos, visível como uma cruz de polarização localizada no hilo, onde se origina o crescimento do grânulo (DAMADORAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Assim, no processo de extrusão os grânulos de amido entumecidos e hidratados formam um material contínuo e viscoso no interior do canhão (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; BERK, 2013). No entanto, uma redução da viscosidade do material pode ocorrer como resultado da ação de cisalhamento intenso, ocasionando a quebra das macromoléculas em moléculas menores (dextrinização). Na saída da extrusora, o material amiláceo, que está no estado vítreo, expande-se rapidamente e se resfria alcançando temperaturas abaixo do estado de transição vítrea, formando um produto com estrutura porosa. Acredita-se que a principal interação entre as moléculas de amido, responsável pela estrutura do produto final, seja de natureza eletrostática entre os resíduos de glicose. Tal interação é relativamente fraca e os

produtos obtidos são muito expandidos e possuem estrutura frágil, que se rompe facilmente na presença de água (HARPER, 1978; ORDOÑEZ, 2005; FELLOWS, 2006).

Portanto, as características de um produto extrusado são controladas tanto pelas condições de processamento quanto pelas características da matéria-prima utilizada.

3. Características importantes em produtos extrusados

Os produtos extrusados obtidos a partir de matérias-primas amiláceas, como os *snacks* expandidos de milho, possuem a característica de estarem prontos para o consumo logo após o processamento. Desta forma, suas características físicas como expansão, densidade, dureza e cor são importantes para avaliar tanto o efeito do processamento como a aceitação do produto pelo consumidor (MERCIER et al., 1998; PATIL et al., 2007).

O sucesso ou fracasso de produtos obtidos por extrusão está diretamente relacionado às suas características sensoriais. Dentre elas, a textura apresenta grande importância em produtos cuja expansão é desejada, e atributos como crocância, dureza e fraturabilidade são geralmente avaliadas, sendo a crocância o atributo mais importante (PAMIES, et al. 2000; MASKAN; ALTAN, 2012).

Os extrusados são caracterizados pela sua expansão, portanto, uma estrutura final diferente é desejada dependendo do tipo de produto. Em *snacks* expandidos, geralmente uma expansão máxima é desejada. Já em cereais matinais, por exemplo, é desejável um produto de paredes de estrutura mais espessa, além de maior densidade e menor porosidade, uma vez que esse tipo de produto é normalmente imerso em leite (meio aquoso) para seu consumo e deve absorver o menos de umidade possível a fim de manter sua textura (MERCIER et al., 1998).

Assim, o grau de expansão de um extrusado determina sua estrutura e por consequência sua textura (THYMI et al. 2005). O tamanho dos vacúolos no interior do produto extrusado, bem como a espessura das paredes dos vacúolos, parecem afetar a crocância do alimento, e de forma geral, extrusados mais expandidos tendem a apresentar vacúolos maiores e com paredes mais finas quando comparados a extrusados menos expandidos (JIN et al., 1995).

A cor também é uma característica importante em produtos extrusados, sofrendo influência da temperatura de extrusão, pressão, força de cisalhamento, tempo de residência e composição da matéria-prima. Ainda, durante o processo de extrusão, reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard e caramelização) e a degradação de pigmentos podem ocorrer e afetar a cor do produto final (MERCIER et al., 1998; GUY, 2001).

Além da textura e da cor, o sabor e o odor também são características importantes em produtos extrusados. No entanto, o produto que sai da extrusora não possui sabores e odores intensos, devido ao curto tempo de residência para formação e perda de compostos voláteis durante o processamento. Por isso, produtos expandidos como os *snacks* são usualmente aromatizados, o que torna o produto mais palatável (GUY, 2001). Neste sentido, o sabor determinado na etapa de aromatização é o que diferencia um produto do outro, tornando essa etapa de extrema importância no preparo de *snacks*.

4. Aromatização de *snacks*

O odor e o sabor são as características sensoriais do alimento mais afetadas pelas condições de processamento que empregam altas temperaturas, como no caso da extrusão termoplástica, pelo fato dos compostos voláteis serem perdidos durante o processamento ou ainda pela instabilidade de certos compostos a temperaturas elevadas. Além da temperatura, outros fatores afetam a produção e a retenção dos compostos voláteis durante o processo de extrusão (REIFSTECK; JEON, 2000; BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2004):

- composição da matéria-prima (amido, proteínas, lipídios, ácidos, sais e açúcares);
- condições de extrusão, como tempo de residência, umidade, pressão e compressão;
- formato e tamanho do produto final;
- perda de vapor durante a expansão; e
- difusividade dos compostos voláteis.

Há vários métodos de aromatização de produtos extrusados (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001), sendo eles:

- 1) aplicação após a extrusão: uma mistura de aroma comercial e gordura vegetal hidrogenada ou óleo vegetal é aspergida sobre o produto extrusado. Apesar de ser bastante utilizado, é um método que aumenta o teor lipídico do extrusado quando comparado com um extrusado sem aspersão dessa mistura, resulta em uma maior exposição dos compostos voláteis à oxidação, além de não permitir uma distribuição homogênea do aroma sobre todo o produto extrusado;
- 2) incorporação pré-extrusão: o aroma comercial é adicionado à matéria-prima antes da extrusão, possibilitando uma distribuição uniforme e melhor estabilidade contra oxidação, pois o aroma é encapsulado no interior da matriz do extrusado. Este constitui um método mais adequado quando comparado à aromatização pós-extrusão, pelo fato de não incorporar lipídeos ao produto. No entanto, devido à grande perda de compostos voláteis ao final da

extrusão, altas quantidades de aroma devem ser incorporadas, o que limita a utilização deste método, uma vez que acarreta mudanças na textura e significativo aumento do custo;

3) incorporação antes e após a extrusão: este método consiste da combinação dos dois métodos anteriores. A aromatização após a extrusão vem complementar a adição de aroma feita antes da extrusão, compensando a perda de compostos voláteis durante o processo, mas também há a desvantagem do custo devido à perda de aroma;

4) injeção no final do canhão: o aroma é injetado na material que está sendo extrusado, na parte final do canhão. Este método pode melhorar a retenção dos compostos voláteis, mas pode afetar a expansão radial do extrusado acarretando perda de aroma durante a expansão do produto e distribuição não homogênea do aroma no produto.

Dentre os métodos de aromatização apresentados, o método pós-extrusão é o mais utilizado pelas indústrias de alimentos. Neste método, o lipídeo, além de servir como um veículo de aromatização, também tem a característica de aumentar a sensação de prazer/saciedade no momento do consumo. No entanto, o alto consumo de produtos extrusados aromatizados por este método pode levar a um desequilíbrio nutricional, uma vez que o percentual lipídico dos produtos varia de 18 a 41% e seu valor calórico de 450 a 575 calorias por 100 g de produto (HEYHOE, 2000). De fato, durante a pesquisa de mercado realizada pela própria pesquisadora neste trabalho, observou-se elevado teor lipídico (11 a 30%) e valor calórico de 408 a 500 calorias por 100 g de produto nos *snacks* de milho comercializados nos principais supermercados da cidade de São José do Rio Preto-SP. Ainda, de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP (TBCA/USP), *snacks* comerciais de milho apresentam teor lipídico de 15 a 35% e valor calórico de 448 a 555 calorias.

Com a intenção de reduzir o teor lipídico dos extrusados, novas formas de aromatização vêm sendo estudadas tais como: a redução de lipídeos como veículo aromatizante (CAPRILES; SOARES; ARÊAS, 2007), a utilização de emulsificantes de aroma não-oleosos (ARÊAS et al., 2005) e métodos de aromatização pré-extrusão, podendo ser a partir da adição de aroma propriamente dito, de compostos voláteis (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; MENIS et al., 2013; MILANI et al., 2014), de compostos voláteis encapsulados (YULIANI et al., 2004; YULIANI et al., 2006a; YULIANI et al., 2006b; YULIANI; TORLEY; BHANDARI, 2009) e de precursores de aroma.

Alguns fatores como alta temperatura, alta pressão e relativamente baixa umidade, podem favorecer a formação de compostos voláteis durante a extrusão. Por outro lado, o tempo de residência (tempo que um material é mantido dentro da extrusora) pode ser um fator

limitante na formação de aroma (BREDIE; MOTTRAM; GUY, 1998). Quando os produtos são extrusados com baixo tempo de residência, os compostos voláteis responsáveis pelo odor/sabor podem não ser formados adequadamente a partir dos precursores adicionados, enquanto que a extrusão com longo tempo de residência pode levar à degradação dos compostos (REIFSTECK; JEON, 2000). O tempo de residência, por sua vez, não é uma variável manipulada durante o processo, pois é dependente de outras variáveis independentes, tais como temperatura, umidade, composição do alimento, da própria velocidade de rotação da rosca e configuração da rosca (CHOUDHURY; GAUTAM, 1999).

Contudo, a geração de compostos voláteis durante o processo de extrusão envolve reações induzidas termicamente, tais como a reação de Maillard e a degradação de lipídeos e vitaminas (BREDIE; MOTTRAM; GUY, 1998).

5. Formação de compostos voláteis por reações induzidas termicamente

A formação dos compostos voláteis durante a extrusão está muito relacionada com a composição da matéria-prima utilizada. A reação de Maillard, por exemplo, é de grande importância na geração de aroma em produtos ricos em carboidratos. Ela ocorre entre um açúcar redutor e um aminoácido livre ou um que pertença à cadeia lateral de uma proteína, sob aquecimento. Como a extrusão é um processo rápido, a formação de compostos voláteis que normalmente se formariam em processos com longo tempo de aquecimento pela reação de Maillard pode não ocorrer a níveis desejáveis e a adição de precursores, como por exemplo, derivados de fermento ou extratos de leveduras autolisados, pode ser utilizada para ajudar na formação do aroma/sabor. Esses precursores contêm peptídeos, aminoácidos livres, nucleotídeos e mono e dissacarídeos que favorecem a reação de Maillard e são considerados agentes aromatizantes naturais pela Food and Drug Administration (PARLIAMENT; MORELLO; MCGORRIN, 1994).

Compostos como as alquil pirazinas são citados na literatura para exemplificar os compostos formados em alimentos processados termicamente e que são responsáveis pelo odor e sabor de torrado e tostado. São formados a partir da reação de produtos intermediários da reação de Maillard com aminoácidos, ao longo da degradação de Strecker. Quando essa reação ocorre com o aminoácido metionina, a presença do átomo de enxofre leva à formação de metional, composto importante no odor e sabor de batatas cozidas e biscoitos de queijos. Também, a cisteína pode ser degradada termicamente gerando amônia, sulfeto de hidrogênio e acetaldeído, e este último pode sofrer reação com um mercaptano e formar tiazolina,

importante para o odor e sabor de carne cozida. Em produtos de origem vegetal, sais de S-metilmetionina podem ser degradados com o aquecimento e liberar dimetil sulfeto, proporcionando notas de milho doce cozido e enlatado (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Também pode ocorrer durante a extrusão a degradação de lipídeos, ainda que a matéria-prima utilizada em extrusoras de rosca única geralmente apresente teor lipídico até 4%, visto que um teor maior poderia dificultar o transporte do material no interior do canhão (REIFSTECK e JEON, 2000). A degradação oxidativa de lipídios pode ser induzida ou acelerada pelas condições de processamento. Os ácidos graxos insaturados são susceptíveis à oxidação, sendo o oxigênio do ar o principal agente desta reação, levando à formação de compostos voláteis como aldeídos, cetonas e álcoois, que são compostos secundários da reação (PARLIAMENT; MORELLO; MCGORRIN, 1994; JORGE, 2009). Ainda, hidroperóxidos formados no decorrer da oxidação lipídica não apresentam contribuição odorífera, mas atuam na quebra e formação de compostos voláteis que alteram o odor e sabor dos alimentos. Aldeídos, por exemplo, podem ser formados como resultado da oxidação lipídica e apresentar notas de ranço, verde, sebo e oleoso. Ainda, outros compostos como hexanal e cetonas, também geradas na auto-oxidação, contribuem de forma importante para o odor e sabor dos alimentos (JÉLEN, 2012).

Outro tipo de degradação que pode ocorrer no processo de extrusão é a de vitaminas. As vitaminas A e E, e seus compostos relacionados, carotenoides e tocoferóis, respectivamente, bem como o ácido ascórbico (Vitamina C) não são estáveis quando na presença de oxigênio e aquecimento (RIAZ, 2000).

Contudo, alguns compostos importantes no odor e sabor dos alimentos podem ser obtidos, por exemplo, a partir da oxidação de carotenoides, sendo que alguns destes podem exibir notas doces, florais e frutais (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Além das reações químicas que podem ocorrer com os constituintes da matéria-prima, compostos podem ser adicionadas anteriormente à extrusão com o intuito de produzir aroma e sabor ao produto. Como descrito anteriormente, em alguns trabalhos investigou-se a adição pré-extrusão de compostos voláteis (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; MENIS et al., 2013; MILANI et al., 2014) e de compostos voláteis encapsulados (YULIANI et al., 2004; YULIANI et al., 2006a; YULIANI et al., 2006b; YULIANI; TORLEY; BHANDARI, 2009). No entanto, poucos são os estudos encontrados na literatura sobre a produção de aroma/sabor durante a extrusão e o uso de precursores de aroma.

Yaylayan, Fichtali e Van de Voort (1992) utilizaram um sistema modelo constituído por 15% (m/m) de glicose, 5% (m/m) de triptofano e 80% (m/m) de celulose microcristalina inerte como diluente, em uma extrusora de dupla rosca para estudar os produtos da reação de Maillard e os principais produtos de degradação (hidroximetilfurfural e maltol) do triptofano durante o processo de extrusão.

Bredie et al. (1997) extrusaram farinha e amido de trigo com e sem a adição de cisteína e açúcares redutores. Extrusados de farinha de trigo adicionada de cisteína e glicose apresentaram odor forte de pipoca, de noz/torrado e de trigo. Em extrusados de amido de trigo adicionado de cisteína e glicose ou xilose, observou-se a presença de odores não desejados de ácido, óleo de cozinha velho, maçã cozida e roupa molhada. Outro estudo avaliou os compostos voláteis obtidos em extrusados de farinha de trigo adicionada de cisteína, em cinco diferentes concentrações (0 a 10 g/Kg) e diversos compostos contendo enxofre foram identificados, apresentando um aroma semelhante ao de carne (HWANG et al., 1997).

Majcher e Jélen (2007) estudaram a geração de compostos voláteis em *snacks* extrusados de batata, sem e com a adição dos precursores de aroma cisteína e cistina. Os resultados mostraram que a alta concentração de cisteína resultou na formação de odor desagradável descrito como mercaptano/enxofre e cebola, além de gosto amargo, enquanto que a adição de cistina, mesmo em alta concentração, resultou em um produto considerado de sabor e odor agradável.

Os estudos descritos apresentam resultados interessantes a partir da adição de precursores de aroma anteriormente à extrusão. No entanto, ainda são poucos e não muito recentes, mostrando a necessidade de se estudar esse tema.

6. Considerações finais

A obtenção de *snacks* de grits de milho aromatizados a partir de precursores de aroma é uma alternativa à aromatização convencional de *snacks*, em que óleo ou gordura vegetal hidrogenada é usado como veículo aromatizante no produto extrusado. No entanto, a produção de odores e sabores via extrusão ainda é um desafio, uma vez que a formação dos compostos voláteis envolve reações induzidas termicamente num curto período de tempo e, além de obter o odor/sabor desejado, o produto final deve apresentar as características esperadas em um extrusado, como alta expansão e baixa densidade.

7. Referências Bibliográficas

ABRE. Associação Brasileira de Embalagens. Disponível em:

<<http://www.abre.org.br/noticias/mercado-de-salgadinhos-e-snacks-crescera-40-ate-2018/>>.

Acesso em: 22. Jul. 2017.

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Milho**. Disponível em:

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fdyq37d402wx5a900e1ge5pdism0z.html>>. Acesso em: 10. Jul. 2017

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 60, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2011. **Regulamento técnico do milho**. Brasília, 2011.

ARÊAS, J. A. G. Extrusion of food proteins. **Critical Reviews Food Science Nutrition**, Boca Raton, v. 32, n. 4, p. 365-392, 1992.

ARÊAS, J. A. G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 28-30, 1996.

AREAS, J. A. G. et al. **Farinha para fabricação de gêneros alimentícios, solução aromatizante livre de gordura vegetal hidrogenada para fabricação de gêneros alimentícios, tipo biscoito**. 2005. Patente: Privilégio de Inovação nº 0502694-6.

BERK, Z. **Food Process Engineering and Technology**. 2. ed., San Diego: Academic Press, 2013. 690 p.

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; YOUNG, G. Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. **International Journal of Food Science Technology**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 453-461, 2001.

BREDIE, W. L. P.; HASSELL, G. M.; GUY, R. C. E.; MOTTRAM, D. S. Aroma characteristics of extruded wheat flour and wheat starch containing added cysteine and reducing sugars. **Journal of Cereal Science**, London, v. 25, n. 1, p. 57-63, 1997.

BREDIE, W. L. P.; MOTTRAM, D. S.; GUY, R. C. E. Aroma Volatiles Generated during Extrusion Cooking of Maize Flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 46, n. 4, p. 1479-1487, 1998.

CAMIRE, M. E. Protein functionality modification by extrusion cooking. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 68. n. 3, p. 200-205, 1991.

CAMPANELLA, O. H.; LI, P. X.; ROSS, K. A.; OKOS, M. R. The role of rheology in extrusion. The role of rheology in extrusion. In: **Engineering and Food for the 21st Century**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 393-413.

CAPRILES, V. D.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Development and assessment of acceptability and nutritional properties of a light snack. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 787-792, 2007.

CHOUDHURY, G. S.; GAUTAM, A. Screw configuration effects on macroscopic characteristics of extrudates produced by twin-screw extrusion of rice flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 479-487, 1999.

CONTI-SILVA, A. C.; BASTOS, D. H. M.; ARÊAS, J. A. G. The effects of extrusion conditions and the addition of volatile compounds and flavour enhancers to corn grits on the retention of the volatile compounds and texture of the extrudates. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 47, n. 9, p. 1896-1902, 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

EMBRAPA. Agroindústria de Alimentos. **Processo de extrusão de alimentos**: Aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal. Rio de Janeiro, 2011.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed., Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

GERALDI, C. A. Q.; PEREIRA, N. C.; FARE, L. M.; KLASSEN, T. Análise econômico-financeira de um novo processo de produção de derivados de milho. **ENGEVISTA**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2. p. 185-195, 2012.

GONÇALVES, R. A.; SANTOS, J. P.; TOMÉ, P. H. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; ASCHERI, J. L. R.; ABREU, C. M. P. Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de *grits*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 643-650, 2003.

GUY, R. **Extrusion cooking: Technologies and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 206 p.

HARPER, J. M. Extrusion processing of food. **Food Technology**, Chicago, v. 32, n. 7, p. 67-72, 1978.

HEYHOE, T. C. **Method of manufacturing an expanded, extruded food product**. US Patent 6,146,679. 14 de Nov. 2000.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 320 p.

HWANG, C. F.; RIHA III, W. E.; JIN, B.; KARWE, M. V.; HARTMAN, T. G.; DAUN, H.; HO, C. T. Effect of Cysteine Addition on the volatile compounds released at the die during twin-screw extrusion of wheat flour. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 30, n. 4, p. 411-416, 1997.

JÉLEN, H. **Food Flavors: Chemical, Sensory and Technological Properties**. Boca Raton: CRC Press, 2012. 478 p.

JIN, Z.; HSIEH, F.; HUFF, H.E. Effects of soy fiber, salt, sugar and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate. **Journal of Cereal Science**, London, v. 22, n. 2, p. 185-194, 1995.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 165 p.

MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J.; EDITORES. **Encyclopedia of food science, food technology and nutrition**. v. 3. London: Academic Press; 1993. p. 1709.

MAJCHER, M. A.; JÉLEN, H. H. Effect of Cysteine and Cystine Addition on Sensory Profile and Potent Odorants of Extruded Potato Snacks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 14, p. 5754-5760, 2007.

MASKAN, M.; ALTAN, A. **Advances in Food Extrusion Technology**. Boca Raton: CRC Press, 2012. 381 p.

MENIS, M. E. C. **Efeito da extrusão termoplástica na retenção de aroma e na estrutura de extrusados de grãos de milho aromatizado**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência

e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José de Rio Preto, 2013.

MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. **Extrusion cooking**. 2 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998.

MENIS, M. E. C.; MILANI, T. M. G.; JORDANO, A.; BOSCOLO, M.; CONTI-SILVA, A. C. Extrusion of flavored corn grits: Structural characteristics, volatile compounds and sensory acceptability. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 54, n. 2, p. 434-439, 2013.

MILANI, T. M. G.; MENIS, M. E. C.; JORDANO, A.; BOSCOLO, M.; CONTI-SILVA, A. C. Pre-extrusion aromatization of a soy protein isolate using volatile compounds and flavor enhancers: effects on physical characteristics, volatile retention and sensory characteristics of extrudates. **Food Research International**, Barking, v. 62, p. 375-381, 2014.

MIKALOUSKI, F. B. S.; MONTEIRO, A. R. G.; MARQUES, D. R.; MONTEIRO, C. C. F.; BENOSSE, L. Influência da granulometria da matéria-prima na expansão de extrusados de milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 28-32, 2014.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos**. v. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

PAES, M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho** - Circular Técnica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2006.

PAMIES, B. V.; ROUDAUT, G.; DACREMONT, C.; LE MESTE, M.; MITCHELL, J.R. Understanding the texture of low moisture cereal products: mechanical and sensory measurements of crispness. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 11, p. 1679-1685, 2000.

PARLIAMENT, T. H.; MORELLO, M. J.; MCGORRIN, R. J. **Thermally Generated Flavors: Maillard, Microwave, and Extrusion**. Washington: American Chemical Society Processes, 1994. 492 p.

PATIL, R. T.; BERRIOS, J. J.; TANG, J.; SWANSON, B. G. Evaluation of methods for expansion properties of legume extrudates. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 23, n. 6, p. 777-783, 2007.

RIAZ, M. N. **Extruders in Food Applications**. Boca Raton: CRC Press, 2000. 225 p.

REIFSTECK, B. M.; JEON, I. J. Retention of volatile flavors in confections by extrusion processing. **Food Reviews International**, New York, v. 16, n. 4, p. 435-452, 2000.

SERNA-SALDIVAR, S. O. **Cereal Grains: Properties, Processing and Nutritional Attributes**. Boca Raton: CRC Press, 2010. 747 p.

SINGH, S.; GAMLATH, S.; WAKELING, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **International Journal of Food Science Technology**, Oxford, v. 42, n. 8, p. 916-929, 2007.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP**. Versão 5.0. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acesso em: 22. Jul. 2017.

THYMI, S.; KROKIDA, M. K.; PAPPA, A.; MAROULIS, Z. B. Structural properties of extruded corn starch. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 68, n. 4, p. 519-526. 2005.

VERNAZA, M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Efeito do teor de farelo de maracujá e da umidade e temperatura de extrusão no desenvolvimento de cereal matinal funcional orgânico. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 145-154, 2009.

YAYLAYAN, V. A.; FICHTALI, J.; VAN DE VOORT, F. R. Production of Maillard reaction flavor precursors by extrusion processing. **Food Research International**, Barking, v. 25, n. 3, p. 175-180, 1992.

YULIANI, S.; BHANDARI, B.; RUTGERS, R.; D'ARCY, B. Application of microencapsulated flavor to extrusion product. **Food Reviews International**, New York, v. 20, n. 2, p. 163-185, 2004.

YULIANI, S.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B.; NICHOLSON, T.; BHANDARI, B. Extrusion of mixtures of starch and D-limonene encapsulated with β -cyclodextrin: Flavour retention and physical properties. **Food Research International**, Barking, v. 39, n. 3, p. 318-331, 2006a.

YULIANI, S.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B.; NICHOLSON, T.; BHANDARI, B. Effect of extrusion parameters on flavour retention, functional and physical properties of mixtures of starch and D-limonene encapsulated in milk protein. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n. 2, p. 83-94, 2006b.

YULIANI, S.; TORLEY, P. J.; BHANDARI, B. Physical and processing characteristics of extrudates made from starch and *d*- limonene mixtures. **International Journal of Food Properties**, New York, v. 12, n. 3, p. 482-495, 2009.

CAPÍTULO 2

IDENTIFICATION OF SENSORY AND NON-SENSORY FACTORS INVOLVED IN FOOD CONSUMPTION: A STUDY WITH EXTRUDED CORN-BASED SNACKS

Menis-Henrique MEC, Janzantti NS, Conti-Silva AC. Identification of sensory and non-sensory factors involved in food consumption: A study with extruded cornbased snacks. J Sens Stud. 2017;e12299.

<https://doi.org/10.1111/joss.12299>

Abstract

The purpose of this study was to identify the sensory and non-sensory factors which determine the purchase and consumption of extruded corn-based snacks using market research and a rank preference test. Most consumers had the habit of consuming extruded corn-based snacks at least once a week based on personal preference, and the cheese-flavored snacks were found to be purchased most frequently and, as a consequence, the most frequently consumed. The purchase of extruded cheese-, bacon-, and ham-flavored corn-based snacks was most frequently associated with both brand and flavor. Consumers over 30 years of age, in committed relationships, and with relatively high incomes and education levels were found to consume extruded corn-flavored snacks less frequently than single individuals under 30 years of age with relatively low incomes and education levels. The rank preference test complemented the market research results, as consumers preferred cheese-flavored corn snacks.

Practical Applications

Given the importance of identifying the sensory and non-sensory factors involved in the purchase and consumption of food, and the lack of studies on extruded snacks, this study brings information about the socioeconomic and behavioral characteristics of consumer niches of extruded corn-based snacks. This information is important to industries that can drive production based on the consumer public of expanded snacks, besides to contribute to researches focused on nutrition and health public. Moreover, we identified cheese-flavored expanded corn-based snacks as the preferred flavor by consumers, fact that helped us to drive the development of a snack with lower fat content and better nutritive value, since this work is part of a wider project.

Keywords: market research; extruded snacks; snack flavors; consumer attitudes; correspondence analysis.

1. Introduction

When it comes to food, consumer choices, purchases, repurchases, acceptability, and preferences form a process which involves the sensory characteristics of the product, as well as the physical, chemical, and nutritional characteristics. In addition, non-sensory factors also influence individuals' consumption habits and behavior when purchasing food. Non-sensory factors include consumer-specific factors such as gender, age, household income, education level, health concerns, social factors, and cultural and religious beliefs. These factors also include food-specific factors, such as practicality and convenience, price, package size, label claims, production technology, safety, nutritional value, and brand, all of which also contribute to consumers' choices and purchase decisions (Jaeger 2006; Li *et al.* 2015).

Studies have shown the importance of and the need to understand both consumer behavior and the reasons guiding consumers' purchase choices. Consumers' choices of functional yogurt were found to be influenced by price, brand, and health claims (Ares *et al.* 2010). Consumers' choice of iced coffee is influenced by price, type of coffee, calories, and country of origin; consumers were found to prefer low-price and low-calorie coffee, indicating a possible market potential for low-calorie iced coffee products (Asioli *et al.* 2014). Consumers are still wary of genetically modified and nanotechnology, possibly due to lack of assurance that these foods are safe for human health and the environment. In this way, the communication is very important and being decisive for the consolidation of consumer perceptions and for the acceptance of these innovations on the market (Vidigal *et al.* 2015). Information about fiber content had a positive impact on consumer's expected product quality and the effect of information varied according to consumers' frequency consumption of bran-enriched pasta (Laureati *et al.* 2016). Different places influenced the willingness to buy by the customers. The highest willingness to buy meats declared as "innovators" or "early adopters" was observed in natural food shops, supermarkets and specialist meat stores, whereas the respondents purchasing meat and sausages in the local grocery shops and discount stores expressed the lowest willingness (Olewnik-Mikołajewska *et al.* 2016).

As these results show, the non-sensory factors of different types of products and concepts have already been identified; however, there is still lack of information on consumer behavior. In the case of extruded snacks, sales in Brazil are likely to reach R\$7.26 billion by 2018. More than 1,000 new snack products have been launched in the country in the last two years, and corn/wheat snacks were the most commonly created products (ABRE 2014). Even with these numbers, no study on behavior involved extruded snacks purchases and

consumption were found in the literature. There is clearly a need for investigation into this consumer market in order to contribute to advances in food science and technology.

Despite the popularity of extruded snacks, these products are criticised for their high fat and salt content, their caloric value, and their glycemic index (Brennan *et al.* 2013; Monteiro *et al.* 2011; Moubarac *et al.* 2012). Therefore, a healthier version of this product would be an important option for consumers who appreciate products which are ready for consumption. Thus, given the review of the literature, the importance of identifying the sensory and non-sensory factors involved in the purchase and consumption of food, and the lack of studies on extruded snacks (the purchase and consumption of which have increased in recent years), we present a study with the identification of the sensory and non-sensory factors involved in both the purchase and consumption of extruded corn-based snacks. Moreover, this work is part of a wider project which aims to develop a new snack with better nutritional value and based on consumer preferences to guarantee the success of the product.

2. Methods

2.1. Sample Size Determination

A pilot test was conducted to determine the sample size of individuals to be interviewed during the market research, as well as to confirm the participants' understanding of the survey questions in order to determine the adequacy of these questions (Montgomery and Runger 2006). A questionnaire similar to the one presented in Table 1 was applied.

TABLE 1 Questionnaire applied to buyers of extruded corn-based snacks.

1. Is the snack for your own consumption? () yes () no	7. Consumer gender: () male () female
2. If not, who will consume the snack? () children _____ () partner () other family members () other	8. Consumer marital status: () married () single () separated / divorced () widow(er) () living with partner / common-law marriage
3. Which snack flavor do you purchase most frequently? () cheese () bacon () onion () ham () other	9. Consumer education level: () none () child education () some elementary school () completed elementary school () some high school () completed high school () some higher education () completed higher education
4. How often do you consume these snacks? () every day () more than once a week () once a week () once every two weeks () once a month	10. Household income: () [Brazilian] minimum wage () 1 to 2 x the minimum wage () 3 to 4 x the minimum wage () 4 to 5 x the minimum wage () 2 to 3 x the minimum wage () 5 to 6 x the minimum wage
5. What is the reason for this frequency? () price () practicality () high salt content () high calorie content () other	11. What influences you the most when you purchase these snacks? () price () shape () brand () flavor () illustrative packaging () amount in the package () promotions/giveaways () other
6. Consumer Age: () Younger than 5 years () 5 to 10 years () 10 to 15 years () 15 to 20 years () 20 to 25 years () 25 to 30 years () over 30 years of age	

The pilot test was conducted with sixteen consumers of extruded corn-based snacks who were buying the product in a cafeteria at Institute of Biosciences, Literature, and Exact Sciences at São Paulo State University (UNESP), in São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil. To determine the sample size for the market research, the question ‘What flavor of expanded corn-based snacks do you most frequently buy?’ was considered to be the most important variable of the questionnaire. Among the sixteen consumers, eight responded that they most frequently purchased cheese-flavored corn snacks. Thus, ‘cheese’ was defined as the most common response to the flavor question ($p = 0.5$); all of the other flavor categories were grouped as a second response (‘other flavors’) ($q = 0.5$). The sampling error was defined as 7.7%, the confidence level was 95% ($Z = 1.96$), and the sample size was determined according to the following equation (Montgomery and Runger 2006):

$$E = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}} \cdot Z, \quad (1)$$

where E is the sampling error, p is the percentage of ‘cheese flavor’ responses, $q = 1 - p$ is percentage of ‘other flavors’ responses, Z is standard deviation, and n is the number of samples (interviews). Thus, a sample size of 162 individuals was determined for the market research.

In relation to the questionnaire, ambiguous questions or those which were otherwise unclear to the interviewees were modified in order to obtain a suitable and easy-to-understand questionnaire. In addition, the question ‘What is the reason for this frequency?’ was added to the questionnaire.

2.2. Market Research

The methodology used was a direct interview as part of an opinion survey, and a structured questionnaire was applied (Table 1). The research was conducted in three supermarkets located in the city of São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil. São José do Rio Preto is a city located in the northwest portion of São Paulo state (-20.8202 latitude and -49.3797 longitude), with an area of 431.9 km² and a population of 442,000.

The supermarkets were intentionally chosen in such a way that a sample including consumers from all social classes would be obtained. Respondents were chosen by convenience at the moment they were selecting a corn-based snack from the supermarket display. After the purpose of the research and scope of the questionnaire were explained, each individual’s consent was obtained and the interview was conducted.

One hundred sixty-two individuals who were buying extruded corn-based snacks were interviewed. However, as the questionnaire had questions about who was buying the product (Questions 1, 3, and 11; Table 1) and about who the consumer of the product was (Questions 2 and 4 to 10; Table 1), individuals were distinguished as ‘buyers’ (those who answered the questionnaire; $n = 162$), and as ‘consumers’ (those who would consume the extruded corn-based snacks; $n = 295$).

2.3. Preference Testing

After using market research to identify the most commonly consumed extruded corn-based snack flavors (cheese, bacon, onion, or ham), a rank preference test was performed (Meilgaard *et al.* 2007) with the purpose of providing further confirmation to the interview results. This study was approved by the Research Ethics Committee of the Institute of

Biosciences, Literature, and Exact Sciences at São Paulo State University (UNESP) (Decision No. 360.800).

One hundred consumers were recruited from students, staff, and faculty members of the Institute of Biosciences, Literature, and Exact Sciences of UNESP. The test was performed in the Sensory Analysis Laboratory within the Department of Engineering and Food Technology at the same Institute. Individuals of both genders who were 18 years of age and older and consumers of extruded snacks were eligible to participate as judges in the sensory test. The sensory analysis was performed in individual booths with white light and at a temperature of approximately 22°C. The consumers rated the commercial extruded corn-based snacks, which were provided in cheese, bacon, onion, and ham flavors. They were told to put the samples in descending order of preference. All of the snack samples were given to the judges in small shell shapes in order to remove the influence of product shape on the consumers' choices. Samples were presented on napkins which were balanced and sequentially coded with three digits (MacFie *et al.* 1989).

2.4. Statistical Analysis

For the analysis of the market research data, the original categories in the questionnaire (Table 1) were reclassified into new categories (Table 2) due to the low percentage of responses to some of the categories.

The options given in the market research were first represented as percentages for the construction of frequency plots. The existence of associations among qualitative variables assessed in the questionnaire was tested using correspondence analysis (CA) and multiple correspondence analysis (MCA) depending on the number of variables being associated. Two variables required correspondence analysis, and three or more variables required multiple correspondence analysis (Hair *et al.* 2006).

TABLE 2 New response categories of variables from questionnaire applied to buyers of extruded corn-based snacks.

Variable	New Categories
How often do you consume these snacks?	more than once a week
	once a week
	once every two weeks
	once a month
What is the reason for this frequency?	price
	practicality
	health
	personal preference
Consumer Age:	up to 15 years
	15 to 30 years
	over 30 years
Consumer marital status:	single
	in a relationship
Consumer education level:	completed elementary school
	completed high school
	completed higher education
Household income:	up to 3x the [Brazilian] minimum wage
	3 to 6 x the minimum wage
	more than 6 x the minimum wage
What influences you the most when you purchase these snacks?	price
	brand
	flavor
	other

Cluster analysis was also performed in order to aid in the interpretation of the correspondence analysis results. When the use of the correspondence analysis result in a low interpretation of the data in a two-dimensional graphic solution, i.e., percentages of explanation which were relatively low for inertia in the first two dimensions, the use of a complementary statistical analysis is indicated (Beh *et al.* 2011; Bendixen 1996). Therefore,

cluster analysis may be used to group variables precisely because of the difficulty in identifying all associations in the correspondence analysis graph. Based on the categorical variables (variables from the questionnaire), the correspondence analysis allows for the arrangement of the column coordinates of the variables in each dimension, in addition to all possible graphic combinations. These coordinate values represent continuous data which depict distance values, and cluster analysis may be applied to group the variables together. The correspondence analysis and cluster analysis were performed using the Statistica 7.0 software (StatSoft Inc., Oklahoma, USA).

For the rank preference test, the data was analyzed using the Friedman test at a significance level of 5% (Meilgaard *et al.* 2007). Levels of 1 to 4 were used to assign an order of preference to the corn snack flavors: 1 represented the consumer's least preferred sample, while 4 represented the consumer's most preferred sample. The scores assigned to each sample were totalled, and the difference in the values between each two samples was compared to the tabulated least significant difference, which, in this study, is 47 with one hundred judges and four samples at a significance level of 5%.

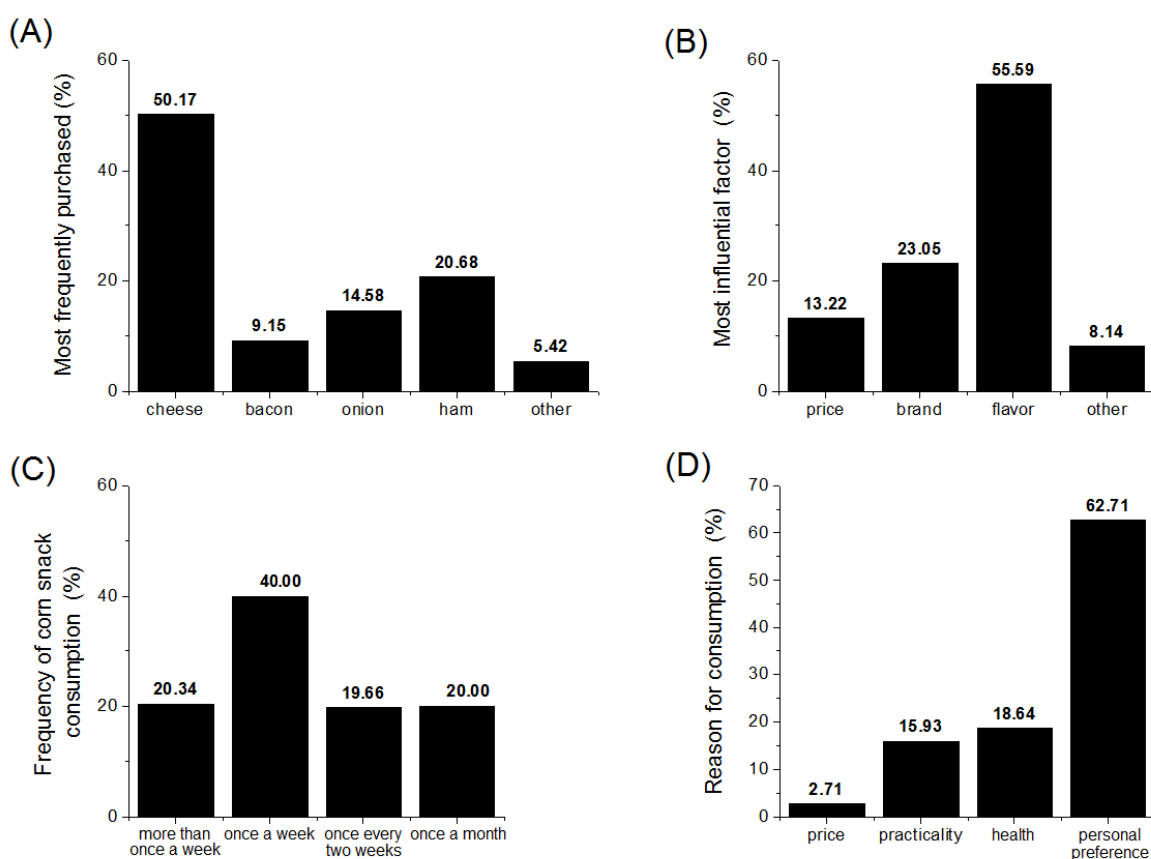
3. Results and Discussion

3.1. Purchase and Consumption of Corn Snacks

Descriptive methodologies, through structured or semi-structured questionnaires and face-to-face interviews, may be successfully used for data collection regarding consumer behavior and choices, and, as well used by other authors (Dallazen and Fiates 2014; Lanigan 2011; Migliori *et al.* 2015), provide important information. Of the 162 buyers of corn extruded snacks, 42% were buying the product for their own consumption, 32% were buying the product for their children, and 26% were buying the product for their spouse, for the whole family, or for others, such as grandchildren and/or siblings. The cheese flavor was found to be the most frequently purchased flavor (Figure 1A), which means that it is the most frequently consumed flavor. As observed in the questionnaire applied (Table 1), snack flavors were already specified as cheese, bacon, onion, and ham, as these are the traditional and most common flavors of this product in the Brazilian market. Other flavors, such as tomato, barbecue, or pizza, are not produced by many brands and are often marketed as a limited edition of a product. These flavors were treated as 'Other' flavors in the questionnaire. Indeed, the results in Figure 1A show that the purchase of snacks with cheese, bacon, onion,

and ham flavors were consistent with the consolidated flavors in the market. Moreover, ‘snack flavor’ was found to be the most influential factor in the selection and purchase of this type product (Figure 1B).

FIGURE 1 Frequency distributions about buyers interviewed (N = 162) - most frequently purchased extruded corn-based snack flavor (A) and the most influential factor at the moment of purchase (B), and about consumers (N = 295) - frequency of corn snack consumption (C) and the reason for consumption (D).



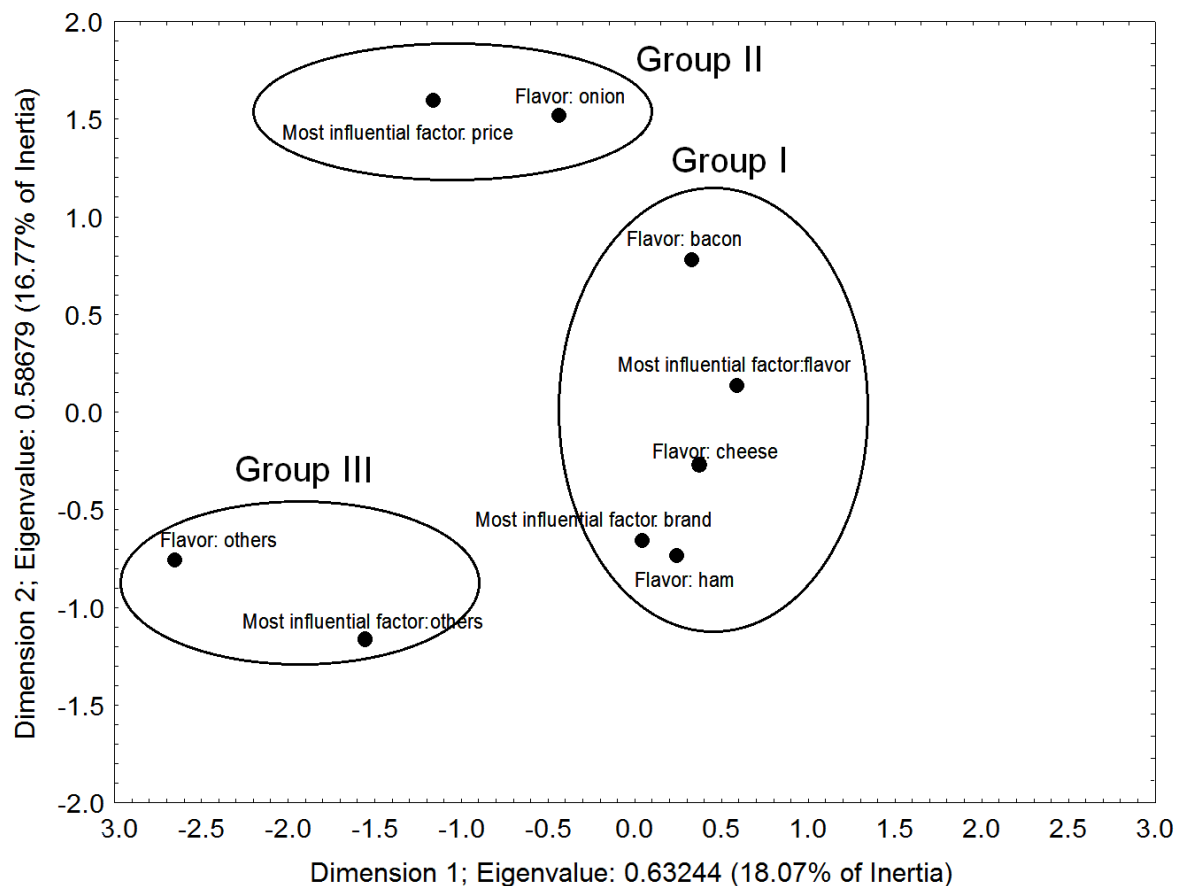
The gender distribution of the consumers was balanced, with 51% male consumers and 49% female consumers. Based on the consumption habits and socioeconomic characteristics of the consumers, it was possible to establish the current corn snack consumer profile as boys and girls up to 15 years of age with a monthly household income three to six times the Brazilian minimum wage.

Approximately 60% of the consumers were found to have the habit of consuming corn snacks at least once a week, more than 20% of whom reported eating corn snacks more than

once a week (Figure 1C). The most common reason reported for this consumption choice was the fact that the consumers like these products (Figure 1D).

The combination of the correspondence analysis and the cluster analysis provided the formation of three groups of categories (Figure 2). It was found that the purchase of onion-flavored corn snacks was most frequently associated with the price of the product, while the purchase of corn snacks in cheese, bacon, and ham flavors was more frequently associated with the brand and with the flavor itself. Meanwhile, the choice to purchase other snack flavors, i.e., flavors which were not cheese, bacon, onion, or ham, was associated with other factors discussed in the survey questionnaire, such as snack shape, illustrative packaging, amount in the package, and promotions/giveaways (Table 1).

FIGURE 2 Correspondence analysis and cluster analysis (three groups indicated by the circles) between ‘which snack flavor do you purchase most frequently?’ and ‘what influences you at the time of purchase?’ – results from buyers interviewed (N = 162).

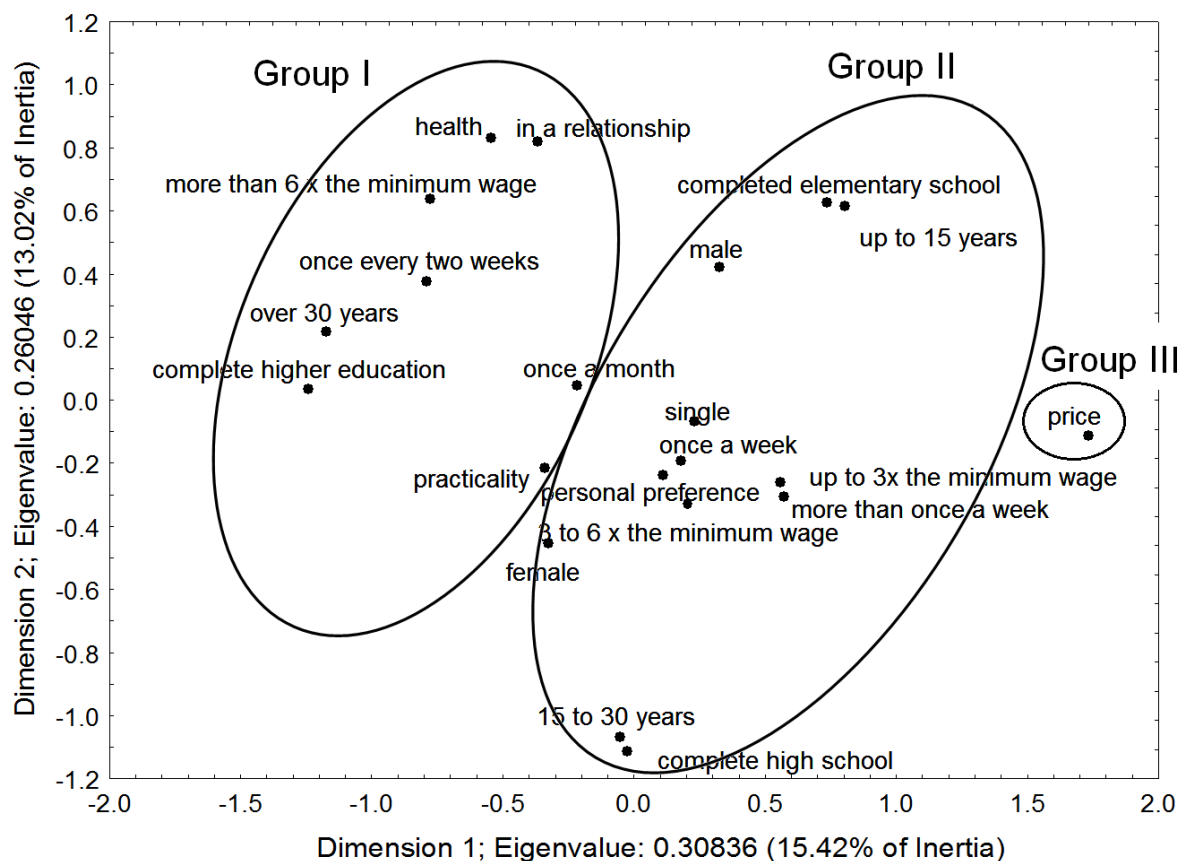


Flavor is a sensory characteristic of food, while the brand is a non-sensory characteristic associated with food. These two characteristics were found to be associated with the purchase

of cheese-flavored snacks, bacon-flavored snacks, and ham-flavored snacks (Figure 2). Though it is a non-sensory characteristic, the product brand itself represents several key aspects in food choice, including product origin, quality, and manufacturer responsibility. The consumers see the brand as an important and integral part of the product which generates expectations about the food which the company produces (Fernqvist and Ekelund 2014).

The association between corn snack consumption and consumers' socioeconomic characteristics was determined through the combination of the correspondence analysis and the cluster analysis. The variables were divided into two large groups and a third group formed only by price; i.e., without associations with other variables (Figure 3).

FIGURE 3 Multiple correspondence analysis and cluster analysis (three groups indicated by the circles) using corn snack consumption and the socioeconomic characteristics of snack consumers – results from consumers (N = 295).



3.1.1. Group I

In Group I, the following responses were associated (Figure 3): consumption of corn snacks (every two weeks or once per month), the reason for the frequency of consumption

(practicality and concern for health), education level (some higher education or completed higher education), marital status (committed relationship), age (30 years and older), and household income (six times the monthly Brazilian minimum wage). Thus, corn snack consumption among individuals in committed relationships, over 30 years of age, with relatively higher incomes, and higher education levels was less frequent, and occurs, on average, once every two weeks to once per month. These individuals reported that the reason for the frequency of their consumption is their concern for health (which, more specifically, can be understood as the high levels of calories, lipids, and sodium found in the snacks which are currently available in the Brazilian market). People with higher education levels reported changes in consumption habits due to their more widespread ability to evaluate the healthfulness of snacks and thus make healthier choices (Bucher *et al.* 2016). However, some of the Group I individuals reported consuming this type of product as a matter of practicality. Ultra-processed products stand out for being ready-to-consume, which is attractive to a population with a lifestyle characterized by lack of time to prepare home-cooked meals (Martins *et al.* 2013). This practicality, therefore, has a significant importance in the consumption of snacks.

3.1.2. Group II

In Group II, the following responses were associated (Figure 3): frequency of corn snack consumption (once a week and more than once a week), reason for the frequency of consumption (personal preference), education level (completed elementary school and completed high school), age (younger than 30), marital status (not in a committed relationship), household income (less than six times the monthly Brazilian minimum wage), and gender (male and female). Single individuals under 30 years of age with relatively lower incomes and relatively lower levels of education consumed corn snacks more often- at least once a week. These consumers reported less concern over the nutritional aspects of food, either for economic reasons or because they were not aware of the importance of the nutritional value of foods.

Children were included in Group II of consumers under 30 who consumed corn snacks more often. Indeed, children are one of the principal target markets for extruded snacks, and these snacks are constantly promoted by the media, which greatly influences both children's food preferences and their families' eating habits (Kiefner-Burmeister *et al.* 2014; Mazzonetto and Fiates 2014). Therefore, it makes sense that children consume corn snacks more often,

which may contribute to adults' consumption, as individuals over 30 years of age also consume these snacks (Figure 3). However, if children's eating habits are strongly influenced by the eating habits of their families, which will, in turn, contribute to their eating habits in adulthood (Lanigan 2011; Williams *et al.* 2012), this effect reflects the need to create extruded corn-based snacks with better nutritional value in order to avoid making negative contributions to children's long-term health.

The differences in food choices based on socioeconomic conditions found in this study were also observed in other studies, and this may be largely explained by the higher cost of healthier diets. In both the United Kingdom and Brazil, ultra-processed snack products are generally cheaper than fresh, minimally processed foods and culinary ingredients used to prepare home-cooked meals (Moubarac *et al.* 2013). Another study conducted in the United Kingdom also showed that individuals of lower socioeconomic status tend to have less healthy diets than those of higher socioeconomic statuses (Pechey *et al.* 2015). In France, low-income individuals tend to consume fewer fruits and vegetables and more refined grains than higher income individuals (Darmon *et al.* 2014). The high consumption of foods which were considered unhealthy in the United States (i.e., foods with high energy density and a low non-caloric nutrient density) may also be attributed to product cost, as such products are usually more affordable and end up being consumed more frequently by low-income individuals (Monsivais and Drewnowski 2007). Therefore, the findings of this study are in accordance with studies performed on populations in other countries in that it revealed the same tendencies of consumption behavior among consumers.

Associations between education level and consumption behavior were also found in the literature. In Central, Western, and Eastern European populations, individuals with higher education levels occupying high professional positions and lacking economic difficulties were found to consume healthy foods (fruits and vegetables, whole-grain breads, and low-fat milk) more often than individuals with lower education levels, those occupying lower-paying positions, and those experiencing economic difficulties (Boylan *et al.* 2010). Education level clearly has a strict and direct relationship with socioeconomic condition, as both have an effect on individual consumption behaviors. Therefore, the development of healthier ultra-processed products may improve the quality of food consumed by individuals with lower purchasing power, and may therefore become more attractive to those seeking practicality coupled with nutritional quality.

Many studies, previously shown in this paper, address about behavior consumers regarding different kinds of stimuli, such as products and concepts, and also in specific places.

In this way, we may observe that information here obtained is in accordance to similar studies from worldwide, even with local application of the interviews, at São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil. Therefore, even with this limitation, consumers' behavior is similar to those found in other countries and to other kinds of products.

Moreover, it is important to highlight that buyers responded by some consumers, i.e., part of the consumers was not interviewed ($n = 133$). In the case of children, surely the authors believe that the parents usually control the frequency and reasons of consumption by children. Somehow, the parents generally decide about when and why children are or are not consuming food, as snacks, but the same does not occur in adults, and attention must be taken about it. However, even with this other limitation, the consumers' behavior is similar to those found in other countries and to other kinds of products, giving reliability to this work.

3.2. Corn Snack Flavor Preferences

As the most frequently reported corn snack flavors in the market research were cheese, bacon, onion, and ham (Figure 1a), the rank preference test was conducted using these flavors, which are the most common in the Brazilian market. The largest total score was given to the cheese flavor, which indicates the judges' preference for cheese-flavored corn snacks (Table 3). The cheese flavor held the same status in the market research, in which cheese-flavored corn snacks were found to be the most frequently purchased corn snacks and the most frequently consumed corn snacks.

TABLE 3 Rank sum scores ($n = 100$) for extruded corn-based snacks.

Snack flavor	Sum of orders*
Cheese	337 ^a
Bacon	260 ^b
Onion	218 ^{bc}
Ham	185 ^c

*Orders were ranked as 1 = least preferred and 4 = most preferred.
Different letters indicate statistical significant difference ($p \leq 0.05$).

The general profile of consumers who participated of the rank preference test was defined as: women (61%) between 18 and 30 years of age (91%) with a monthly household

income three to six times the Brazilian minimum wage (72%) who were not in a committed relationship (85%) and whose education level was incomplete or complete higher education (100%). It is important to note that the general profile of these consumers was very similar to that of Group II from the market research (Figure 3), which was made up of single women between 15 and 30 years of age from households earning three to six times the monthly minimum wage and who had completed high school. This similarity is very interesting, as it shows that the profile of consumers who participated in the rank preference test is in accordance with a specific group of individuals who participated in the market research.

4. Conclusions

Sensory and non-sensory factors influenced the purchase and consumption of extruded corn-based snacks. Factors such as age, marital status, education level, and household income were found to be associated with frequency of consumption. Both the consumers from the market research and those who evaluated the snacks preferred cheese-flavored extruded corn-based snacks. As this study is part of a larger project, these findings on market demands have aided us in our intended creation of a snack with lower fat content and better nutritional value. As extruded snacks are still rarely studied, our findings provide important information on the socioeconomic and behavioral characteristics of consumer niches and, in doing so, may aid the food industry in its development and production of extruded snacks.

Acknowledgements

The authors are grateful for financial support from the São Paulo Research Foundation, or FAPESP (grant numbers 2013/00944-9 and 2014/24119-0).

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

ABRE – Associação Brasileira de Embalagem [Brazilian Packaging Association]. Mercado de salgadinhos e snacks crescerá 40% até 2018 [Snacks and snacks market will grow 40% by 2018]. <http://www.abre.org.br/noticias/mercado-de-salgadinhos-e-snacks-crescera-40-ate-2018/> Accessed March 11, 2017.

ARES, G., GIMÉNEZ, A. and DELIZA, R. 2010. Influence of three non-sensory factors on consumer choice of functional yogurts over regular ones. *Food Qual. Prefer.* 21, 361-367.

ASIOLI, D., NAES, T., GRANLI, B.S. and ALMLI, V. L. 2014. Consumer preferences for iced coffee determined by conjoint analysis: an exploratory study with Norwegian consumers. *Int. J. Food Sci. Technol.* 49, 1565-1571.

BEH, E.J., LOMBARDO, R. and SIMONETTI, B. 2011. A European perception of food using two methods of correspondence analysis. *Food Qual. Prefer.* 22, 226-231.

BENDIXEN, M. 1996. A practical guide to the use of correspondence analysis marketing research. *Res. On-Line.* 1, 16-38.

BOYLAN, S., LALLUKKA, T., LAHELMA, E., PIKHART, H., MALYUTINA, S., PAJAK, A., KUBINOVA, R., BRAGINA, O., STEPANIAK, U., GILLIS-JANUSZEWSKA, A., SIMONOVA, G., PEASEY, A. and BOBAK, M. 2010. Socio-economic circumstances and food habits in Eastern, Central and Western European populations. *Public Health Nutr.* 14, 678-687.

BRENNAN, M.A., DERBYSHIRE, E., TIWARI, B.K. and BRENNAN, C.S. 2013. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48, 893-902.

BUCHER, T., COLLINS, C., DIEM, S. and SIEGRIST, M. 2016. Adolescents' perception of the healthiness of snacks. *Food Qual. Prefer.* 50, 94-101.

DALLAZEN, C. and FIATES, G.M.R. 2014. Brazilian parents' perceptions of children's influence on family food purchases. *Br. Food J.* 116, 2016-2025.

DARMON, N., LACROIX, A., MULLER, L. and RUFFIEUX, B. 2014. Food price policies improve diet quality while increasing socioeconomic inequalities in nutrition. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 11, 66-77.

FERNQVIST, F. and EKELUND, L. 2014. Credence and the effect on consumer liking of food – A review. *Food Qual. Prefer.* 32, 340-353.

HAIR, J.F., BLACK, B., BABIN, B., ANDERSON, R. E. and TATHAM, R. L. 2006. *Multivariate Data Analysis*, Chap. 9, 6th ed. Prentice Hall, Jersey City, NJ.

JAEGER, S.R. 2006. Non-sensory factors in sensory science research. *Food Qual. Prefer.* 17, 132-144.

KIEFNER-BURMEISTER, A.E., HOFFMANN, D.A., MEERS, M.R., KOBALL A. M. and MUSHER-EIZENMAN, D.R. 2014. Food consumption by young children: A function of parental feeding goals and practices. *Appetite.* 74, 6-11.

LANIGAN, J.D. 2011. The substance and sources of young children's healthy eating and physical activity knowledge: implications for obesity prevention efforts. *Child Care Health Dev.* 37, 368-376.

LAUREATI, M., CONTE, A., PADALINO, L., DEL NOBILE, M.A. and PAGLIARINI, E. 2016. Effect of fiber information on consumer's expectation and liking of wheat bran enriched pasta. *J. Sens. Stud.* 31, 348-359.

LI, X.E., JERVIS, S.M. and DRAKE, M.A. 2015. Examining extrinsic factors that influence product acceptance: a review. *J. Food Sci.*, 80, 901-909.

MACFIE, H.J., BRATCHELL, N., GREENHOFF, K. and VALLIS, L.V. 1989. Designs to balance the effect of order presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *J. Sensory Stud.* 4, 129-148.

MARTINS, A.P.B., LEVY, R.B., CLARO, R.M., MOUBARAC, J.C. and MONTEIRO, C.A. 2013. Increased contribution of ultra-processed food products in the Brazilian diet (1987-2009). *Rev. Saúde Públ.* 47, 1-10.

MAZZONETTO, A.C. and FIATES, G.M.R. 2014. Perceptions and choices of Brazilian children as consumers of food products. *Appetite.* 78, 179-184.

MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V. and CARR, B.T. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*. Chap. 12, p. 241-242, 4th ed. CRC Press, Boca Raton. FL.

MIGLIORI, G., SCHIFANI, G. and CEMBALO, L. 2015. Opening the black box of food quality in the short supply chain: Effects of conventions of quality on consumer choice. *Food Qual. Prefer.* 39, 141-146.

MONSIVAIS, P. and DREWNOWSKI, A. 2007. The rising cost of low-energy-density foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 107, 2071-2076.

MONTEIRO, C.A., LEVY, R.B., CLARO, R.M., DE CASTRO, I.R.R. and CANNON, G. 2011. Increasing consumption of ultraprocessed foods and likely impact on human health: evidence from Brazil. *Public Health Nutr.* 14, 5-13.

MONTGOMERY, D.C. and RUNGER, G.C. 2006. *Applied statistics and probability to food engineers*. Chap. 7, 4th ed. John Wiley & Sons, New York City. NY.

MOUBARAC, J.C., CLARO, R.M., BARALDI, L.G., LEVY, R.B., MARTINS, A.P., CANNON, G. and MONTEIRO, C.A. 2013. International differences in cost and consumption of ready-to-consume food and drink products: United Kingdom and Brazil, 2008–2009. *Glob. Public Health.* 8, 845-856.

MOUBARAC, J.C., MARTINS, A.P.B., CLARO, R. M., LEVY, R. B., CANNON, G. and MONTEIRO, C.A. 2012. Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health. Evidence from Canada. *Public Health Nutr.* 16, 2240-2248.

OLEWNIK-MIKOŁAJEWSKA, A., GUZEK, D., GŁABSKA, D. and GUTKOWSKA, K. 2016. Consumer behaviors toward novel functional and convenient meat products in Poland. *J. Sens. Stud.* 31, 193-205.

PECHEY, R., MONSIVAIS, P., NG, Y-L. and MARTEAU, T. M. 2015. Why don't poor men eat fruit? Socioeconomic for fruit consumption. *Appetite.* 84, 271-279.

VIDIGAL, C.T.R., MINIM, V.P.R., SIMIQUELI, A.A., SOUZA, P.H.P., BALBINO, D.F. and MINIM, L.A. 2015. Food technology neophobia and consumer attitudes toward foods produced by new and conventional technologies: A case study in Brazil. *LWT Food Sci. Technol.* 60, 832-840.

WILLIAMS, L., ABBOTT, G., CRAWFORD, D. and BALL, K. 2012. Associations between mothers' perceptions of the cost of fruit and vegetables and children's diets: Will children pay the price? *Eur. J. Clin. Nutr.* 66, 276-278.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DE *SNACKS* EXPANDIDOS DE MILHO SABOR QUEIJO COM REDUZIDO TEOR LIPÍDICO

Desenvolvimento de *snacks* expandidos de milho sabor queijo com reduzido teor lipídico

1. Introdução

Snacks expandidos de milho são um dos principais produtos obtidos pelo processo de extrusão termoplástica. São produtos obtidos a partir de farinha ou grits de milho com baixa umidade, submetidos a um processo contínuo em que alta pressão e temperatura são usadas para expandir o produto. Trata-se de um produto bastante apreciado pelos consumidores e que se encontra disponível no mercado em diversos sabores, formatos, composições, preços e marcas (FELLOWS, 2006; DELCOUR; HOSENEY, 2010). No entanto, esse tipo de produto é criticado pelo seu elevado teor de sal e lipídeos, valor calórico e índice glicêmico, sendo associado a uma dieta não saudável (MOUBARAC et al., 2012).

O elevado teor lipídico dos *snacks* está diretamente ligado ao método de aromatização utilizado. A aromatização pós-extrusão, comumente usada pelas indústrias de alimentos, é realizada por meio de uma mistura contendo o aroma comercial desejado e um veículo lipídico (óleo ou gordura vegetal) que é aspergido sobre os *snacks*, podendo aumentar consideravelmente o teor lipídico do produto. Assim, uma versão mais saudável deste tipo de produto pode ser obtida utilizando-se métodos de aromatização pré-extrusão (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001).

A aromatização pré-extrusão, pode ser realizada a partir da adição de aroma propriamente dito, de compostos voláteis (YULIANI; TORLEY; BHANDARI, 2009; CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; MENIS et al., 2013; MILANI et al., 2014), de compostos voláteis encapsulados (YULIANI et al., 2004; YULIANI et al., 2006a; YULIANI et al., 2006b) e de precursores de aroma (MAJCHER; JÉLEN, 2007).

A incorporação pré-extrusão de aroma ou compostos voláteis à matéria-prima antes da extrusão, possibilita uma distribuição uniforme do sabor no produto, além de melhorar a estabilidade contra oxidação, uma vez que o aroma/compostos voláteis é encapsulado no interior da matriz do extrusado. Por outro lado, pode ocorrer grande perda de compostos ao final da extrusão com a expansão do produto, e por isso, altas quantidades de aroma/compostos voláteis devem ser incorporadas, podendo inclusive afetar a textura do extrusado, além de aumentar significativamente os custos de produção. Desta forma, o uso desta metodologia nos processos de extrusão mostra-se limitado (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001).

Com relação ao uso de compostos voláteis encapsulados, este método apresenta grande potencial em aromatização pré-extrusão, pois oferece maior estabilidade dos compostos voláteis durante o processo de extrusão, visto que o encapsulamento os protege contra degradação térmica e também durante a expansão do produto, liberando os compostos no consumo do alimento (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2004).

Já na aromatização a partir de precursores de aroma, tais compostos são adicionados à matéria-prima e os compostos voláteis responsáveis pelo odor e sabor do alimento são produzidos durante o processo de extrusão (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001). No entanto, a obtenção de compostos voláteis a partir de precursores de aroma via extrusão não é uma tarefa simples, pois eles devem ser obtidos a partir de reações induzidas termicamente como reação de Maillard, degradação de lipídeos e vitaminas (BREDIE; MOTTRAM; GUY, 1998; REIFSTECK; JEON, 2000) e num curto tempo de residência. Como o processo de extrusão ocorre em poucos segundos, o tempo que o material permanece no interior da extrusora pode não ser suficiente para que os compostos voláteis sejam formados adequadamente, podendo ser um fator limitante na formação de odor e sabor (REIFSTECK; JEON, 2000). Apesar de sua complexidade, o uso de precursores de aroma na extrusão de alimentos pode trazer resultados bastante interessantes e por isso mostra-se também com grande potencial quando a aromatização pré-extrusão é desejada.

No entanto, é importante ressaltar que como a aromatização pré-extrusão não utiliza lipídeos, os produtos obtidos deste tipo de aromatização podem ter suas características sensoriais afetadas, o que pode até diminuir a aceitação do produto. Isso porque os lipídeos atuam nos alimentos como transportadores e moduladores de odor e sabor, precursores de aroma via oxidação lipídica e lipólise e ainda agem modificando a percepção sensorial dos alimentos quanto à aparência, textura, consistência e derretimento, e quanto à aspectos não sensoriais, como a saciedade (TAYLOR; LINFORTH, 2010; VOILLEY; ETIÉVANT, 2006).

Desta forma, o objetivo neste capítulo foi desenvolver *snacks* expandidos de milho sabor queijo a partir de precursores de aroma e investigar os efeitos da temperatura de extrusão e do teor de óleo de girassol aspergido aos *snacks* sobre suas características sensoriais, físicas e químicas.

2. Material e Métodos

2.1. Material

Grits de milho (granulometria de 0,84 mm), sal (Cisne), realçador de sabor glutamato monossódico (Ajinomoto) e óleo de girassol (Liza) foram comprados no mercado local de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. O aminoácido cisteína (L – cisteína HCL anidra – Pharma Nostra, Brazil, pureza > 98,5%) foi comprado em farmácia de manipulação e o ácido butírico grau alimentício (código W222119, pureza > 99%), adquirido da Sigma-Aldrich (Milwaukee, USA).

2.2. Escolha dos precursores de aroma de queijo

Foram realizadas buscas na literatura para definição dos precursores de aroma de queijo a serem utilizados (FRANCO, 2004; YULIANI et al., 2004; MAJCHER, 2007; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; YU, 2010; YU, 2012; MARTÍNEZ-CUESTA; PELÁEZ; REQUENA, 2013; VARMING et al., 2013; YU, 2013; NIIMI et al., 2014). Dessa forma, uma série de testes preliminares foram realizados e são apresentados em detalhes no Apêndice 1.

Pode-se observar, pelos testes preliminares realizados, a dificuldade em se obter odor e sabor de queijo após a extrusão de grits de milho. Compostos voláteis responsáveis pelo odor e sabor de queijo são principalmente formados pela ação de micro-organismos durante um período de tempo que pode levar dias, semanas, meses e até anos, sob umidade e temperatura controladas (FOX et al., 2004). Tais condições são aversas àquelas utilizadas no processo de extrusão termoplástica, em que se tem temperatura, pressão e cisalhamento elevados, e um curto tempo de residência (segundos) (FELLOWS, 2006).

Assim, os compostos escolhidos como precursores de aroma de queijo nos *snacks* foram cisteína e ácido butírico (MARTÍNEZ-CUESTA; PELÁEZ; REQUENA, 2013), sendo este último considerado um precursor de aroma, mas que também é um composto que apresenta contribuição para o odor e aroma de queijo.

2.3. Ajuste da umidade do grits de milho

Para o ajuste da umidade do grits de milho para extrusão, foi determinada a umidade inicial do grits pelo método de secagem em estufa a 105 °C (AOAC, 1997) e calculada a quantidade de água a ser adicionada ou removida do material de acordo com a equação:

$$A = \left[\frac{(100 - U_i) \cdot U_f}{100} \right] - U_i ,$$

na qual,

A = água a ser adicionada em 100 g de grits de milho (g)

U_i = umidade inicial da amostra (b.s.) (%)

U_f = umidade final da amostra (b.s.) (%).

Quando foi necessária a adição de água ao grits de milho, utilizou-se uma batedeira planetária com batedor aramado em velocidade mínima e adicionou-se água com o auxílio de um conta-gotas, homogeneizando o grits por um 1 min.

Em seguida, o grits foi colocado em sacos plásticos de polietileno (0,2 mm de espessura), os quais foram selados e mantidos sob refrigeração, por 24 h, para equilíbrio da umidade. Após esse período, determinou-se novamente a umidade do material pelo método de secagem em estufa a 105 °C (AOAC, 1997).

2.4. Primeiro delineamento experimental

No primeiro delineamento experimental, foram consideradas variáveis independentes a temperatura de extrusão (temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão), a velocidade de rotação da rosca e a porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks* (Tabela 1). Os intervalos utilizados para temperatura e velocidade de rotação da rosca foram determinados em função dos limites de operação do equipamento para grits de milho. Já para o teor de óleo de girassol adicionado, objetivou-se trabalhar de 0% de óleo (como controle) a um valor ainda abaixo do máximo encontrado para os *snacks* comerciais, cujo conteúdo lipídico varia de 11 a 30% (*snacks* de milho comercializados nos principais supermercados da cidade de São José do Rio Preto). Dessa forma, limitou-se a adição de óleo de girassol em 24%.

Como variáveis dependentes foram consideradas a aceitação sensorial para aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global, intensidade de sabor queijo, ideal de intensidade de sabor queijo e intenção de compra dos *snacks* (item 2.8).

Tabela 1. Primeiro delineamento composto central rotacional.

Ensaio	Ordem de extrusão	X ₁	X ₂	X ₃	T (°C)	VR (rpm)	OG (%)
1	2°	-1	-1	-1	100	192	4,85
2	16°	+1	-1	-1	140	192	4,85
3	3°	-1	+1	-1	100	247,8	4,85
4	14°	+1	+1	-1	140	247,8	4,85
5	4°	-1	-1	+1	100	192	19,15
6	13°	+1	-1	+1	140	192	19,15
7	5°	-1	+1	+1	100	247,8	19,15
8	15°	+1	+1	+1	140	247,8	19,15
9	17°	+1,682	0	0	153,64	219,5	12
10	1°	-1,682	0	0	86,36	219,5	12
11	12°	0	-1,682	0	120	173,4	12
12	9°	0	+1,682	0	120	258,1	12
13	8°	0	0	-1,682	120	219,5	0,03
14	10°	0	0	+1,682	120	219,5	24,03
15	11°	0	0	0	120	219,5	12
16	7°	0	0	0	120	219,5	12
17	6°	0	0	0	120	219,5	12

X₁, X₂, X₃: variáveis independentes; T: temperatura das zonas 4 e 5 do canhão; VR: velocidade de rotação da rosca; OG: porcentagem de óleo de girassol.

O grits de milho com 15% de umidade (base seca) foi dividido em porções de 350 g (uma para cada ensaio do delineamento experimental) as quais foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno. A cada porção de 350 g de grits foram adicionando 0,05% de cisteína em pó (m/m) e 0,15% de ácido butírico (m/m). A adição do ácido butírico foi feita em volume, baseada na densidade do mesmo, por se tratar de um líquido. Após a adição dos precursores de aroma ao grits, os sacos de polietileno foram fechados e agitados manualmente para homogeneização do seu conteúdo. Em seguida, os mesmos foram mantidos refrigerados por um período de 24 h, para melhor distribuição do ácido butírico ao grits de milho, sendo retirados do refrigerador 2 h antes da extrusão para que seu conteúdo atingisse a temperatura ambiente (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012).

A extrusão do grits de milho foi realizada numa extrusora de rosca única com capacidade de produção semi-industrial (modelo RXPQ Labor 24, INBRAMAQ – Indústria de Máquinas Ltda, Ribeirão Preto - SP), nas seguintes condições:

- três camisas helicoidais;
- rosca de passo largo, de uma saída, com taxa de compressão de 2,3:1 e relação comprimento/diâmetro (L/D) de 15,5:1;
- sub-trafila de orifícios de 3,01 mm;
- trafilas de orifício único de 2,93 mm;
- velocidade de alimentação: 265 g/min;
- temperaturas nas zonas 1 a 3: desligada (aproximadamente 25 °C), 70 °C e 90 °C, respectivamente, e;
- temperaturas nas zonas 4 e 5: temperatura de extrusão, variando de acordo com o delineamento experimental.

Na realização do delineamento experimental, não foi possível fazer uma seleção aleatória dos ensaios, pois é necessário certo tempo para estabilizar a temperatura da extrusora, consumindo grande quantidade de material. Portanto, a ordem dos ensaios foi estabelecida em função do aumento da temperatura nas zonas 4 e 5 (da menor para a maior), sorteando os ensaios apenas dentro de uma mesma temperatura. Durante a estabilização da temperatura entre um ensaio e outro, foi utilizado grits de milho sem precursores de aroma.

Após a extrusão, os *snacks* foram cortados em pedaços de 10 cm de comprimento, colocados em um recipiente plástico de grandes dimensões (para facilitar a homogeneização) e aspergidos com óleo de girassol de acordo com o delineamento experimental (Tabela 1), sendo a porcentagem de óleo adicionado feita considerando 100 g de extrusado (m/m). O óleo de girassol foi escolhido por ser o óleo utilizado atualmente por uma das maiores empresas de *snacks* de milho e a aspersão do mesmo sobre os extrusados foi realizada com o auxílio de um pulverizador. Durante e após a aspersão do óleo, os extrusados foram homogeneizados, por meio de agitação do recipiente, resultando nos *snacks* finais. Os *snacks* foram então acondicionados em embalagens multicamadas de filme laminado de poliéster, alumínio e polietileno (0,22 mm de espessura), as quais foram seladas em uma seladora de pedal (Barbi, Hermet 400). Os *snacks* embalados foram armazenados à temperatura ambiente por no máximo cinco dias até o momento de realização das análises. Todo o processo foi realizado seguindo as Boas Práticas de Manipulação.

2.5. Ajustes nos precursores de aroma para melhoria da aceitação sensorial

Conforme os resultados obtidos no primeiro delineamento experimental (item 3.1.), foram necessários ajustes nas quantidades de precursores de aroma para melhorar a aceitação sensorial e intensidade de aroma/sabor de queijo dos *snacks*. Também foi estudada, neste momento, a adição de sal e realçador de sabor glutamato monossódico aos *snacks*, visto que muitos consumidores reclamaram a ausência de sal e por estes ingredientes estarem presentes nos *snacks* comerciais.

Após diversos testes, com diferentes quantidades de precursores de aroma, sal e glutamato monossódico, chegou-se às seguintes quantidades: 0,2% de cisteína, 0,4% de ácido butírico, 1,4% de sal e 0,6% de glutamato monossódico. A concentração de glutamato monossódico foi definida segundo informação do próprio fabricante (Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda, Brasil), que recomenda 0,6% para *snacks*.

Ainda, com a preocupação de não adicionar muito sódio aos *snacks*, a quantidade de sódio proveniente da adição de sal e glutamato monossódico no *snack* desenvolvido corresponde a 144 mg por porção de 25 g, enquanto que os *snacks* de queijo comerciais apresentam de 87 a 298 mg de sódio por porção de 25 g.

2.6. Segundo delineamento experimental

De acordo com os resultados obtidos no primeiro delineamento experimental (item 3.1), o segundo delineamento (Tabela 2) foi construído considerando apenas duas variáveis independentes: temperatura de extrusão (temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão) e porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks*. Como a velocidade de rotação da rosca não teve efeito significativo sobre as variáveis dependentes em nenhum dos modelos, optou-se por excluir essa variável no novo delineamento.

Tabela 2. Segundo delineamento composto central rotacional.

Ensaio	Ordem de extrusão	X ₁	X ₂	T (°C)	OG (%)
1	2°	-1	-1	100	3,5
2	10°	+1	-1	140	3,5
3	3°	-1	+1	100	20,5
4	9°	+1	+1	140	20,5
5	1°	-1,414	0	91,8	12
6	11°	+1,414	0	148,2	12
7	7°	0	-1,414	120	0
8	5°	0	+1,414	120	24
9	4°	0	0	120	12
10	6°	0	0	120	12
11	8°	0	0	120	12

X₁, X₂: variáveis independentes; T: temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão; OG: porcentagem de óleo de girassol.

Neste novo delineamento as variáveis dependentes consideradas foram: aceitação sensorial para aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global, intensidade de sabor queijo, ideal de intensidade de sabor queijo, intenção de compra (item 2.8); parâmetros físicos (razão de expansão, densidade, força de corte e cor; (item 2.9) e quantidade de ácido butírico (item 2.10) nos *snacks*.

A adição dos precursores de aroma ao grits de milho foi feita da mesma forma descrita no item 2.4. Foi utilizada a mesma extrusora descrita no item 2.4 nas mesmas condições de extrusão, com exceção da velocidade de rotação da rosca que foi mantida constante para todos os ensaios em 192 rpm. A velocidade de rotação da rosca de 192 rpm foi escolhida, pois no primeiro delineamento experimental não houve efeito significativo da velocidade nas variáveis respostas estudadas (item 3.1) e esta foi a velocidade que proporcionou extrusados com maior razão de expansão. Os ensaios foram aleatorizados da mesma forma descrita no item 2.4, sendo que para cada ensaio foram extrusados 500 g de grits de milho.

Após a extrusão, aos *snacks* foram cortados em pedaços de 10 cm de comprimento, colocados em um recipiente plástico e adicionados de 1,4% de sal e 0,6% de glutamato monossódico, considerando 100 g de extrusado (m/m). Fez-se a homogeneização desses ingredientes. Em seguida fez-se a aspersão do óleo de girassol sobre os *snacks* de acordo com

o delineamento experimental (Tabela 2), bem como as etapas de embalagem e acondicionamento como descrito para o primeiro delineamento experimental (item 2.4).

2.7. Teor lipídico nos *snacks*

Foi feita análise do conteúdo lipídico dos *snacks* para verificar a porcentagem de incorporação do óleo aspergido aos mesmos. O teor de lipídeos dos *snacks* foi determinado por extração com éter de petróleo em extrator de Soxhlet modificado (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). A análise foi realizada em triplicata para cada ensaio experimental.

2.8. Análise das características sensoriais dos *snacks*

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, utilizando-se cabines individuais com luz branca. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do mesmo instituto (parecer nº 360.800, Anexo 1).

Para o primeiro delineamento experimental, foram recrutados 61 consumidores, enquanto que 84 foram recrutados para o segundo delineamento. Antes do início dos testes sensoriais, todos os consumidores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2) e responderam a um questionário para caracterização dos consumidores (Figura 1).

Figura 1. Questionário para caracterização dos consumidores.

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: () F () M 1. Quanto você gosta de salgadinho de queijo? () gosto muito () gosto pouco () indiferente () desgosto pouco () desgosto muito 2. Com que frequência você consome salgadinho de queijo? () diariamente () pelo menos 3 vezes por semana () pelo menos 1 vez por semana () uma vez a cada 15 dias () uma vez por mês () não consumo

A análise sensorial dos *snacks* foi realizada em bloco completo e em diferentes sessões, ou seja, todos os avaliadores avaliaram todas as amostras, mas devido o grande número de amostras (11 amostras) foi necessário dividi-las em duas sessões, uma sessão com seis e outra

com cinco amostras. A apresentação das amostras foi feita de forma balanceada e monádica (MACFIE et al., 1989).

Os *snacks* expandidos de milho sabor queijo foram avaliados sensorialmente quanto à aceitação pelos atributos aparência, aroma, textura e sabor, além da aceitação global por meio de escala hedônica estruturada de nove pontos. Também foram avaliados quanto à intensidade de sabor queijo utilizando um teste de diferença multiamostrais (MEILGAARD et al., 1999), escala do ideal para a intensidade de sabor queijo (MEILGAARD et al., 1999) e intenção de compra (Figura 2).

Figura 2. Ficha da avaliação sensorial dos *snacks* de milho sabor queijo.

Nome: _____ Data: _____											
Você está recebendo uma amostra de salgadinho de milho sabor queijo. Por favor, avalie a amostra quanto aos itens apresentados no quadro, utilizando a escala abaixo:											
9 – gostei extremamente 8 – gostei muitíssimo 7 – gostei moderadamente 6 – gostei levemente 5 – nem gostei nem desgostei 4 – desgostei levemente 3 – desgostei moderadamente 2 – desgostei muitíssimo 1 – desgostei extremamente	AMOSTRA Nº _____ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Aparência</td><td style="width: 50px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Aroma</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Textura</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Sabor</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">Aceitação Global</td><td></td></tr> </table>	Aparência		Aroma		Textura		Sabor		Aceitação Global	
Aparência											
Aroma											
Textura											
Sabor											
Aceitação Global											
Como você considera a INTENSIDADE DE SABOR QUEIJO nesta amostra? ☐ Nenhum ☐ Fracamente detectável ☐ Muito suave ☐ Suave ☐ Suave-moderado ☐ Moderado ☐ Moderado-forte ☐ Forte	Quão ideal é a INTENSIDADE DE SABOR QUEIJO nesta amostra? ☐ extremamente mais intenso que o ideal ☐ muito mais intenso que o ideal ☐ moderadamente mais intenso que o ideal ☐ ligeiramente mais intenso que o ideal ☐ intensidade ideal ☐ ligeiramente menos intenso que o ideal ☐ moderadamente menos intenso que o ideal ☐ muito menos intenso que o ideal ☐ extremamente menos intenso que o ideal										
Assinale para esta amostra qual seria sua intenção de compra: ☐ Eu certamente compraria esta amostra ☐ Eu provavelmente compraria esta amostra ☐ Tenho dúvidas se compraria esta amostra ☐ Eu provavelmente não compraria esta amostra ☐ Eu certamente não compraria esta amostra											
Comentários- _____											

Para a intensidade do sabor queijo, a escala nominal (de “nenhum” a “forte”) foi decodificada em valores numéricos, segundo MEILGAARD et al. (1999):

Escala de intensidade	Escala numérica
Nenhum	0
Fracamente detectável	0,25
Muito suave	0,5
Suave	1,0
Suave-moderado	1,5
Moderado	2,0
Moderado-forte	2,5
Forte	3

No caso da escala do ideal, o centro da escala indica “intensidade ideal”, sendo que quanto mais distante do centro, menos ideal está a intensidade da característica avaliada (seja para mais, seja para menos). Por isso, é necessário ajustar a escala do ideal para que maiores valores indiquem “mais próximo do ideal”, o que é proposto por Bower e Boyd (2003) e apresentado abaixo:

Escala do ideal não numérica	Escala numérica não ajustada	Escala ajustada
Extremamente mais intenso que o ideal	9	1,8
Muito mais intenso que o ideal	8	3,6
Moderadamente mais intenso que o ideal	7	5,4
Ligeiramente mais intenso que o ideal	6	7,2
Intensidade ideal	5	9,0
Ligeiramente menos intenso que o ideal	4	7,2
Moderadamente menos intenso que o ideal	3	5,4
Muito menos intenso que o ideal	2	3,6
Extremamente menos intenso que o ideal	1	1,8

Com a escala numérica ajustada, o ideal de intensidade de sabor queijo pode ser considerado como variável dependente do delineamento experimental.

2.9. Análise das propriedades físicas dos *snacks*

Os *snacks* sabor queijo obtidos no segundo delineamento foram avaliados quanto a:

1) razão de expansão: para a medida do diâmetro dos *snacks* utilizou-se um paquímetro digital (Digimess IP54) e foram feitas 10 medidas aleatórias. A razão de expansão foi obtida por meio da razão entre o diâmetro do *snack* e o diâmetro da trafilada da extrusora;

2) densidade: foram realizadas 10 medidas aleatórias do diâmetro e do comprimento dos *snacks* por meio de um paquímetro digital (Digimess IP54) e foi feita a pesagem dos *snacks* em balança analítica. A densidade (g.cm^{-3}) dos *snacks* foi obtida pela equação:

$$\rho = \frac{4M}{\pi D^2 L}, \text{ na qual:}$$

M = massa do extrusado (g)

D = diâmetro do extrusado (cm)

L = comprimento do extrusado (cm) (CHÁVEZ-JÁUREGUI; SILVA; ARÊAS, 2000);

3) força de corte: a força necessária para completa ruptura dos *snacks* foi determinada em equipamento TA.XT/Plus/50 (Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra) e programa *Texture Expert* (StableMicro Systems, Godalming, Inglaterra), utilizando probe Warner-Bratzler com guilhotina. Dez amostras de *snacks* com, aproximadamente, 50 mm de comprimento foram cortadas perpendicularmente, com uma velocidade de pré-teste de 5 mm/s e velocidade de teste de 1 mm/s, obtendo-se curvas de força x tempo. O pico da força máxima obtida, em Newton, foi considerado como a força de corte do *snack* (Paula e Conti-Silva, 2014);

4) cor: foi realizada em colorímetro Hunterlab, modelo Color Flex, utilizando iluminante D65 e observador 10°. O sistema CIE-L*a*b* (L* = luminosidade; a* = vermelho/verde; b* = amarelo/azul) foi utilizado, sendo também obtidos os valores de croma (C*) e Hue (h) (CLYDESDALE, 1984). Os *snacks* foram triturados, colocados em uma cápsula circular de quartzo e analisados em triplicatas. Cada replicata foi girada quatro vezes (0°, 90°, 180° e 270°), resultando em doze valores para cada amostra.

2.10. Quantificação do ácido butírico nos *snacks*

Os compostos voláteis presentes nos *snacks* foram isolados através de adsorção em polímero de Porapak Q (80-100 mesh, Sigma-Aldrich, Pennsylvania, USA) pela técnica de *headspace* dinâmico, conforme metodologia descrita por Franco e Rodriguez-Amaya (1983) e adaptada por Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012). Cerca de 0,08 g do polímero de Porapak Q foram inseridos em um tubo de vidro (14,3 cm de comprimento e 4,3 mm de diâmetro) sendo protegido com lã de vidro pelos dois lados (Figura 3). Esse sistema funciona como uma

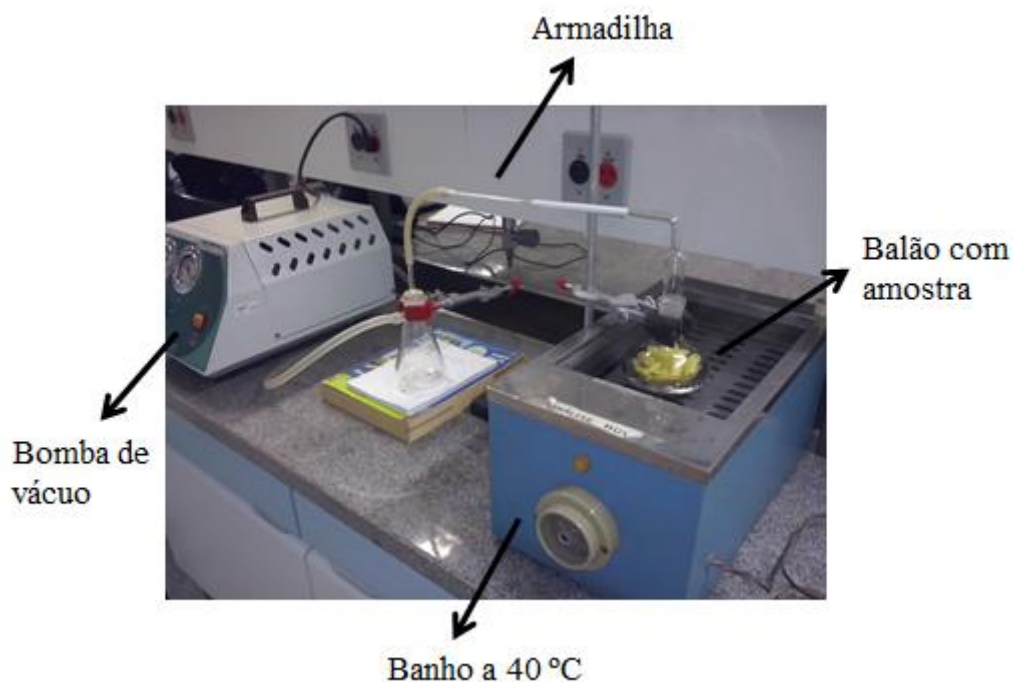
armadilha (*trap*) retendo os compostos voláteis. Após a confecção e uso das armadilhas, estas foram limpas num sistema a 170 °C por 16 horas, sob fluxo de nitrogênio a 40 mL/min.

Figura 3. Armadilha para isolamento dos compostos voláteis.



Foram colocados 30 g de *snacks* em um balão de fundo redondo de 1 L, ao qual foi acoplado um adaptador de teflon ligado à armadilha, que, por sua vez, foi conectada à uma bomba de vácuo por meio de uma mangueira. O balão foi imerso em água a 40 °C e o sistema foi mantido nessas condições por um tempo de equilíbrio de 30 min. Após o tempo de equilíbrio, a bomba de vácuo foi ligada a uma pressão de 400 mmHg e a partir desse momento foi contado o tempo de captura dos voláteis. Os compostos voláteis foram capturados por 2 h e em seguida eluídos com 300 µL de acetona (grau cromatográfico, Mallinckrodt), obtendo-se um isolado (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012). O sistema completo utilizado no isolamento é apresentado na Figura 4. A captura dos compostos voláteis foi realizada em duplicata para cada ensaio do segundo delinemanento experimental.

Figura 4. Sistema para isolamento dos compostos voláteis



Os isolados obtidos por meio da técnica de *headspace* dinâmico foram submetidos à análise de cromatografia a gás para a separação dos compostos voláteis. As condições de análise cromatográfica utilizadas foram:

- coluna capilar de sílica fundida DB-Wax (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m; Califórnia, Agilent, USA);
- gás de arraste: hidrogênio, fluxo de 1,3 mL/min;
- injetor no modo splitless a 210 °C e volume injetado de 2 μ L;
- detector FID a 230 °C;
- programação da coluna: temperatura inicial de 40 °C mantida por 3 min, elevação da temperatura de 5 °C por min até 210 °C e permanência por 5 min (tempo total da corrida de 42 min).

Para a confirmação da identidade do ácido butírico foi feita a injeção do padrão de ácido butírico grau cromatográfico (pureza $\geq 99,5\%$, Sigma-Aldrich, Pennsylvania, USA) nas mesmas condições cromatográficas das amostras e também calculado e comparado o índice de retenção do padrão e do composto utilizando uma solução de alcanos C₈ a C₂₀.

Posteriormente, foi construída a curva padrão para o ácido butírico. Soluções de ácido butírico grau cromatográfico (pureza $\geq 99,5\%$, Sigma-Aldrich, Pennsylvania, USA) em diferentes concentrações foram injetadas no cromatógrafo gasoso nas mesmas condições de análise utilizadas para os isolados das amostras de *snacks*. As soluções de ácido butírico foram preparadas utilizando acetona como solvente e cada ponto da curva foi injetado em triplicata. Os pontos da curva foram preparados nas seguintes concentrações: 11, 154, 308, 451,4 e 594 mg/L. Essas concentrações foram baseadas nos valores de área obtidos para o ácido butírico nos isolados das amostras de *snacks*, sendo que o primeiro ponto da curva (11 mg/L) apresentou valor de área menor que o menor valor encontrado para as amostras e o último ponto da curva (594 mg/L) apresentou valor de área maior que o maior valor encontrado para as amostras. A curva padrão foi submetida a um ajuste linear e à análise de correlação de Pearson, resultando na equação “área do pico = (8422,8 x concentração da solução de ácido butírico) – 90963”, com $R^2 = 99,4\%$ e coeficiente de correlação de Pearson $r = 0,998$.

2.11. Análises estatísticas

Os resultados obtidos para as variáveis dependentes foram submetidos à análise de regressão múltipla, sendo considerados significativos os coeficientes cujo valor de p esteve abaixo de 0,10. A regressão foi avaliada por meio de análise de variância, considerando-se regressão significativa quando $p \leq 0,10$ e sem falta de ajuste quando $p > 0,05$.

Os dados das características sensoriais também foram submetidos à análise de variância fator duplo para amostra e consumidor e os demais resultados submetidos à análise de variância, ambas seguidas do teste de Tukey, sendo considerada diferença significativa entre as amostras quando $p \leq 0,05$.

Foram construídos os mapas de preferência internos para a aceitação de todos os atributos, aceitação global e ideal de intensidade de sabor queijo nos *snacks*. Para isso, realizou-se a análise de agrupamento (*cluster analysis*), seguida da análise de escala multidimensional. As amostras foram inseridas nas colunas, enquanto os consumidores foram colocados em linhas. Para a análise de *cluster*, utilizou-se *single linkage* como critério para identificação das similaridades e dissimilaridades entre as amostras, sendo considerado o ponto médio do maior incremento para separação dos grupos de amostras. A partir da matriz de distância euclidiana obtida na análise de agrupamento foi rodada a análise de escala multidimensional, que resultou no mapa de preferência interno e apresenta a dispersão espacial dos consumidores em relação às preferências pelos *snacks*, sendo que cada consumidor é representado como um ponto no espaço. A aplicação da escala multidimensional pode ser avaliada pelo *stress value*, valor este que, quando menor que 0,05, indica que o modelo obtido está bem ajustado aos dados (JOHNSON; WICHERN, 1992; KRUSKAL; WISH, 1978).

Foi construído o mapa de preferência externo entre aceitação sensorial e a quantidade de ácido butírico nos *snacks*, por meio da análise de componentes principais (ACP). As variáveis foram inseridas em colunas e os ensaios experimentais nas linhas, e os dados foram padronizados antes da análise. A extração dos fatores foi realizada a partir da matriz de correlação, sem rotação dos fatores. Ainda, o teor de óleo aspergido aos *snacks* foi considerado variável suplementar na análise.

Todas as análises foram realizadas no programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., Oklahoma, EUA).

3. Resultados e discussão

3.1. Primeiro delineamento experimental

Dos 61 consumidores que participaram da análise sensorial, 92% disseram gostar pouco ou muito de *snacks* de milho sabor queijo e 75% consumiam *snacks* de milho sabor queijo uma vez por semana ou pelo menos a cada 15 dias. Os resultados da análise sensorial estão apresentados na Tabela 3.

As médias para aparência e textura dos *snacks* estiveram entre “gostei levemente” e “gostei moderadamente”. Já as médias para aroma, sabor e aceitação global estiveram entre “nem gostei nem desgostei” e “gostei levemente”. Observa-se, também, de forma geral, baixa intensidade de sabor queijo, intensidade de sabor queijo menos intenso do que o ideal e intenção de compra entre “provavelmente não compraria esta amostra” e “tenho dúvidas se compraria esta amostra”.

Tabela 3. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 61) da análise sensorial dos *snacks* do primeiro delineamento experimental.

Ensaio	T (°C)	VR (rpm)	OG (%)	Aceitação por escala hedônica*					Intensidade de sabor queijo**	Ideal de intensidade de sabor queijo***	Intenção de compra****
				Aparência	Aroma	Textura	Sabor	Global			
1	100	192	4,85	6,9 $\pm$ 1,5	6,1 $\pm$ 1,6	6,54 $\pm$ 1,6	5,2 $\pm$ 1,8	5,82 $\pm$ 1,5	0,4 $\pm$ 0,5	2,3 $\pm$ 1,2	2,6 $\pm$ 1,2
2	140	192	4,85	7,2 $\pm$ 1,2	6,4 $\pm$ 1,5	7,20 $\pm$ 1,3	5,7 $\pm$ 1,5	6,36 $\pm$ 1,3	0,5 $\pm$ 0,5	2,6 $\pm$ 1,4	2,8 $\pm$ 1,1
3	100	247,8	4,85	6,9 $\pm$ 1,6	5,8 $\pm$ 1,3	6,89 $\pm$ 1,5	5,4 $\pm$ 1,4	5,87 $\pm$ 1,3	0,4 $\pm$ 0,5	2,6 $\pm$ 1,3	2,6 $\pm$ 1,0
4	140	247,8	4,85	7,1 $\pm$ 1,3	6,4 $\pm$ 1,4	7,03 $\pm$ 1,4	5,8 $\pm$ 1,7	6,28 $\pm$ 1,4	0,5 $\pm$ 0,5	2,8 $\pm$ 1,3	2,9 $\pm$ 1,2
5	100	192	19,15	7,4 $\pm$ 1,2	6,3 $\pm$ 1,4	6,92 $\pm$ 1,5	5,8 $\pm$ 1,6	6,21 $\pm$ 1,4	0,5 $\pm$ 0,5	2,9 $\pm$ 1,3	2,9 $\pm$ 1,2
6	140	192	19,15	6,9 $\pm$ 1,4	6,2 $\pm$ 1,4	6,46 $\pm$ 1,5	5,3 $\pm$ 1,7	5,77 $\pm$ 1,2	0,4 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 1,3	2,4 $\pm$ 1,0
7	100	247,8	19,15	6,8 $\pm$ 1,6	6,1 $\pm$ 1,3	6,67 $\pm$ 1,5	5,5 $\pm$ 1,3	5,90 $\pm$ 1,2	0,4 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 1,3	2,6 $\pm$ 1,0
8	140	247,8	19,15	7,1 $\pm$ 1,2	6,5 $\pm$ 1,3	6,89 $\pm$ 1,4	5,6 $\pm$ 1,6	6,11 $\pm$ 1,2	0,6 $\pm$ 0,6	2,8 $\pm$ 1,4	2,8 $\pm$ 1,1
9	153,64	219,5	12	6,7 $\pm$ 1,4	6,0 $\pm$ 1,4	6,26 $\pm$ 1,6	5,5 $\pm$ 1,6	5,84 $\pm$ 1,3	0,5 $\pm$ 0,6	2,6 $\pm$ 1,4	2,4 $\pm$ 1,1
10	86,36	219,5	12	7,3 $\pm$ 1,3	6,2 $\pm$ 1,4	6,48 $\pm$ 1,6	5,5 $\pm$ 1,5	5,98 $\pm$ 1,3	0,4 $\pm$ 0,4	2,8 $\pm$ 1,2	2,5 $\pm$ 1,1
11	120	173,4	12	6,4 $\pm$ 1,5	5,9 $\pm$ 1,5	5,95 $\pm$ 1,6	5,3 $\pm$ 1,6	5,59 $\pm$ 1,3	0,4 $\pm$ 0,5	2,5 $\pm$ 1,2	2,4 $\pm$ 1,1
12	120	258,1	12	6,9 $\pm$ 1,5	6,2 $\pm$ 1,3	6,31 $\pm$ 1,7	5,3 $\pm$ 1,7	5,70 $\pm$ 1,4	0,4 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 1,1	2,5 $\pm$ 1,0
13	120	219,5	0,03	6,9 $\pm$ 1,4	5,9 $\pm$ 1,3	6,49 $\pm$ 1,6	5,2 $\pm$ 1,5	5,62 $\pm$ 1,3	0,4 $\pm$ 0,4	2,4 $\pm$ 1,1	2,5 $\pm$ 1,1
14	120	219,5	24,03	6,7 $\pm$ 1,5	6,1 $\pm$ 1,5	6,36 $\pm$ 1,5	5,4 $\pm$ 1,6	5,72 $\pm$ 1,5	0,4 $\pm$ 0,4	2,7 $\pm$ 1,3	2,4 $\pm$ 1,1
15	120	219,5	12	7,0 $\pm$ 1,4	6,3 $\pm$ 1,5	6,67 $\pm$ 1,6	5,5 $\pm$ 1,8	5,95 $\pm$ 1,5	0,4 $\pm$ 0,5	2,6 $\pm$ 1,5	2,6 $\pm$ 1,2
16	120	219,5	12	6,8 $\pm$ 1,4	6,1 $\pm$ 1,4	6,39 $\pm$ 1,6	5,3 $\pm$ 1,7	5,72 $\pm$ 1,5	0,4 $\pm$ 0,5	2,5 $\pm$ 1,3	2,5 $\pm$ 1,1
17	120	219,5	12	7,1 $\pm$ 1,2	6,2 $\pm$ 1,5	6,67 $\pm$ 1,5	5,3 $\pm$ 1,5	5,69 $\pm$ 1,3	0,4 $\pm$ 0,5	2,5 $\pm$ 1,3	2,5 $\pm$ 1,1

T: temperatura das zonas 4 e 5 do canhão; VR: velocidade de rotação da rosca; OG: porcentagem de óleo.

*Escala hedônica: 1=desgostei extremamente; 2= desgostei muitíssimo; 3=desgostei moderadamente; 4=desgostei levemente; 5=nem gostei nem desgostei; 6= gostei levemente; 7=gostei moderadamente; 8=gostei muitíssimo; 9=gostei extremamente.

**Escala de intensidade: 0=nenhum; 0,25=fracamente detectável; 0,5=muito suave; 1=suave; 1,5=suave-moderado; 2=moderado; 2,5=moderado-forte; 3=forte.

***Escala do ideal numérica não ajustada: 1=extremamente menos intenso que o ideal; 2=muito menos intenso que o ideal; 3=moderadamente menos intenso que o ideal; 4=ligeiramente menos intenso que o ideal; 5=intensidade ideal; 6= ligeiramente menos intenso que o ideal; 7= moderadamente mais intenso que o ideal; 8=muito mais intenso que o ideal; 9= extremamente mais intenso que o ideal.

****Escala de intenção de compra: 1=certamente não compraria; 2=provavelmente não compraria; 3=tenho dúvidas se compraria; 4=provavelmente compraria; 5=certamente compraria.

Nos comentários das fichas sensoriais os consumidores reclamaram a ausência de sal nos *snacks*. Inicialmente, foi definido não adicionar sal para que não houvesse interferência no sabor de queijo dos *snacks*; no entanto, verificou-se que a ausência de sal, juntamente com o fraco aroma e sabor de queijo, acabou prejudicando a aceitação dos *snacks*.

As médias dos dados obtidos para a avaliação sensorial dos *snacks* foram submetidas à análise de regressão múltipla para ajuste do modelo linear e quadrático e a regressão para ambos os modelos foi submetida à análise de variância (ANOVA). No entanto, a regressão para todas as variáveis dependentes, em ambos os modelos (linear e quadrático), ou não foi significativa ($p > 0,1$) ou apresentou falta de ajuste ($p \leq 0,05$), o que impossibilitou o uso dos modelos obtidos. Ainda assim, pode-se verificar que a velocidade de rotação da rosca não exerceu efeito sobre as variáveis respostas em nenhum dos modelos e, portanto, o segundo delineamento experimental foi construído apenas com as variáveis independentes temperatura de extrusão e porcentagem de óleo de girassol.

3.2. Segundo delineamento experimental

3.2.1. Teor lipídico e percentual de óleo incorporado aos *snacks*

Os resultados da análise de lipídeo feita nos *snacks* do delineamento experimental 2 estão apresentados na Tabela 4.

O óleo aspergido não foi totalmente incorporado aos *snacks* em nenhum ensaio do delineamento experimental e as incorporações de óleo não foram homogêneas. Várias são as razões que podem ter contribuído para isso: 1) transferência de óleo do *snack* para o recipiente no qual o óleo foi aspergido; 2) perda de óleo em função do atrito entre os *snacks* durante a aspersão do óleo e homogeneização; 3) transferência de óleo para a embalagem na qual os *snacks* foram armazenados e; 4) interferência do processo de extrusão na estrutura do *snack*, como variações na razão de expansão, tamanho dos vacúolos e porosidade dos *snacks*. Também é interessante observar que em uma mesma temperatura de extrusão (por exemplo, ensaios 1 e 3, e ensaios 2 e 4), a incorporação de óleo foi maior quando houve maior porcentagem de adição de óleo, tendo-se uma exceção (ensaio 9 em relação aos ensaios 7 e 8).

Assim, levantou-se a hipótese de que o óleo permaneceu superficialmente no *snack* quando adicionado em menores porcentagens, ao contrário de quando há maiores porcentagens de adição de óleo, o qual é absorvido mais profundamente pelo *snack*, aumentando a incorporação.

Tabela 4. Teor lipídico dos *snacks* (n = 3) para cada ensaio do delineamento experimental.

Ensaio	Temperatura de extrusão (°C)	% óleo aspergido ¹	Teor (%) esperado de lipídeos ²	Teor (%) real de lipídeos ³	Teor (%) de lipídeos proveniente do óleo ⁴	% Incorporação ⁵
1	100	3,5	3,38	1,96 ± 0,02	0,42	12,4
2	140	3,5	3,38	3,02 ± 0,02	1,48	43,8
3	100	20,5	17,00	17,77 ± 0,36	16,23	95,5
4	140	20,5	17,00	12,53 ± 0,10	10,99	64,6
5	92	12,0	10,71	6,39 ± 0,07	4,85	45,3
6	148	12,0	10,71	8,22 ± 0,08	6,68	62,4
7	120	0,0	0,00	1,54 ± 0,05	0,00	0
8	120	24,0	19,35	15,65 ± 0,19	14,11	72,9
9*	120	12,0	10,71	9,96 ± 0,01	8,42	78,6

¹ Porcentagem adicionada, em g, a cada 100 g de extrusado.

² Calculado como [% óleo aspergido/(100 g de extrusado + % óleo aspergido)]*100.

³ Teor resultante da análise de lipídeos por meio do método de Soxhlet modificado.

⁴ Desconsiderando o teor lipídico próprio do grits de milho (1,54%, ensaio 7).

⁵ Incorporação calculada da seguinte forma: (teor de lipídeos proveniente do óleo/teor esperado de lipídeos)*100.

* Ponto central.

Apesar de não ter havido 100% de incorporação do óleo aspergido, observa-se, de forma geral, um aumento na incorporação de óleo com o aumento da porcentagem de adição de óleo. Isso é evidenciado pelo coeficiente de Pearson, que foi de 0,95 ($p \leq 0,05$) para correlação entre a porcentagem de óleo aspergido e o teor de lipídeos proveniente do óleo.

Ainda, a garantia de incorporação de óleo aos *snacks*, conforme prevista no delineamento experimental, inviabilizaria a condução do projeto, pois adições crescentes e consecutivas de óleo para cada ensaio, com sequentes análises do teor lipídico, teriam de ser constantemente realizadas. Atrelado a isso, a exposição consecutiva dos *snacks* ao ar para cada adição de óleo poderia favorecer a troca de umidade e oxidação lipídica, prejudicando os aspectos sensoriais (textura, odor e sabor) dos *snacks*. Assim, a incorporação total do óleo aos *snacks* é uma limitação do trabalho.

Como a intenção era obter *snacks* com teores de lipídeos variando de 0% até um valor abaixo do máximo encontrado nos *snacks* comerciais (11 a 30%), esse objetivo foi alcançado com as porcentagens de aspersão de óleo de girassol escolhidas para o delineamento experimental, resultando em *snacks* com no máximo 17,8% de lipídeos.

3.2.2. Aceitação sensorial e intensidade de sabor queijo dos *snacks*

Dos 84 consumidores que participaram da análise sensorial, 92% disseram gostar pouco ou muito de *snacks* de milho sabor queijo e 80% consumiam *snacks* de milho sabor queijo uma vez por semana ou pelo menos a cada 15 dias.

Os resultados da análise sensorial estão apresentados na Tabela 5. De forma geral, os *snacks* do ensaio 3 (100 °C; 20,5% de óleo de girassol) foram mais aceitos do que os *snacks* do ensaio 7 (120 °C; 0% de óleo de girassol) para a aparência, aroma, textura, sabor e de forma global, além de apresentar maior intensidade de sabor queijo, intensidade de sabor queijo mais próxima do ideal e maior intenção de compra. Esse fato está relacionado à ausência de óleo de girassol nos *snacks* do ensaio 7.

Com relação à textura, os *snacks* do ensaio 4 (140 °C; 20,5% de óleo de girassol) apresentaram maior aceitação em relação aos dos ensaios 5 (91,8 °C; 12% de óleo de girassol) e 7 (120 °C; 0% de óleo de girassol). A textura dos *snacks* do ensaio 5 certamente foi afetada pela baixa temperatura de extrusão utilizada, o que deve ter diminuído a evaporação da água, resultando em *snacks* mais duros (CAMPANELLA et al., 2002; DELCOUR; HOSENEY, 2010; MOSCICKI, 2011).

Quanto às demais amostras, houve bastante semelhança na aceitação e nos demais parâmetros sensoriais avaliados.

Tabela 5. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 84) dos *snacks* do segundo delineamento para a análise sensorial.

Ensaio	T(°C)	OG(%)	Aceitação por escala hedônica *					Intensidade de sabor queijo **	Ideal de intensidade de sabor queijo ***	Ideal de intensidade de sabor queijo ****	Intenção de compra *****
			Aparência	Aroma	Textura	Sabor	Global				
1	100	3,5	7,2 $\pm$ 1,4 ^{ab}	6,6 $\pm$ 1,6 ^{ab}	6,6 $\pm$ 1,8 ^{abc}	6,3 $\pm$ 1,9 ^{abcd}	6,4 $\pm$ 1,7 ^a	0,9 $\pm$ 0,7 ^{bc}	3,5 $\pm$ 1,3 ^{bc}	6,1 $\pm$ 2,0	3,2 $\pm$ 1,1 ^{ab}
2	140	3,5	7,1 $\pm$ 1,3 ^{abc}	6,4 $\pm$ 1,4 ^{abc}	6,7 $\pm$ 1,7 ^{abc}	5,8 $\pm$ 1,9 ^{cd}	6,3 $\pm$ 1,7 ^a	0,7 $\pm$ 0,7 ^c	3,1 $\pm$ 1,4 ^c	5,4 $\pm$ 2,3	3,0 $\pm$ 1,1 ^{bc}
3	100	20,5	7,5 $\pm$ 1,2 ^a	7,0 $\pm$ 1,3 ^a	6,8 $\pm$ 1,7 ^{ab}	7,0 $\pm$ 1,5 ^a	6,8 $\pm$ 1,5 ^a	1,3 $\pm$ 0,7 ^a	4,0 $\pm$ 1,1 ^a	7,1 $\pm$ 1,8	3,6 $\pm$ 1,0 ^a
4	140	20,5	7,2 $\pm$ 1,4 ^{ab}	6,4 $\pm$ 1,5 ^{abc}	7,2 $\pm$ 1,3 ^a	6,6 $\pm$ 1,6 ^{ab}	6,8 $\pm$ 1,2 ^a	1,1 $\pm$ 0,7 ^{ab}	3,8 $\pm$ 1,0 ^{ab}	6,6 $\pm$ 1,7	3,4 $\pm$ 1,1 ^{ab}
5	91,8	12	7,0 $\pm$ 1,5 ^{bc}	6,1 $\pm$ 1,7 ^{bc}	5,0 $\pm$ 2,3 ^d	5,7 $\pm$ 2,1 ^d	5,5 $\pm$ 2,0 ^b	1,0 $\pm$ 0,7 ^{ab}	3,5 $\pm$ 1,4 ^{bc}	6,0 $\pm$ 2,2	2,7 $\pm$ 1,2 ^c
6	148,2	12	6,7 $\pm$ 1,4 ^c	6,6 $\pm$ 1,6 ^{ab}	6,6 $\pm$ 1,5 ^{abc}	6,5 $\pm$ 1,7 ^{abc}	6,5 $\pm$ 1,4 ^a	1,0 $\pm$ 0,7 ^{bc}	3,6 $\pm$ 1,2 ^{ab}	6,3 $\pm$ 1,9	3,3 $\pm$ 1,0 ^{ab}
7	120	0	6,7 $\pm$ 1,6 ^c	5,8 $\pm$ 1,7 ^c	6,1 $\pm$ 1,9 ^c	4,4 $\pm$ 1,9 ^e	5,0 $\pm$ 1,7 ^b	0,3 $\pm$ 0,4 ^d	2,0 $\pm$ 1,1 ^d	3,7 $\pm$ 1,9	2,1 $\pm$ 1,0 ^d
8	120	24	7,0 $\pm$ 1,6 ^{abc}	6,3 $\pm$ 1,7 ^{bc}	6,5 $\pm$ 1,7 ^{bc}	6,1 $\pm$ 1,9 ^{bcd}	6,4 $\pm$ 1,7 ^a	1,0 $\pm$ 0,7 ^{ab}	3,5 $\pm$ 1,2 ^{abc}	6,3 $\pm$ 2,1	3,2 $\pm$ 1,1 ^{ab}
9	120	12	7,2 $\pm$ 1,4 ^{ab}	6,7 $\pm$ 1,4 ^{ab}	6,9 $\pm$ 1,6 ^{ab}	6,5 $\pm$ 1,6 ^{abc}	6,7 $\pm$ 1,4 ^a	1,0 $\pm$ 0,6 ^{ab}	3,6 $\pm$ 1,2 ^{ab}	6,4 $\pm$ 2,0	3,5 $\pm$ 1,0 ^a
10	120	12	7,1 $\pm$ 1,6 ^{abc}	6,7 $\pm$ 1,6 ^{ab}	6,8 $\pm$ 1,6 ^{ab}	6,3 $\pm$ 1,9 ^{abcd}	6,5 $\pm$ 1,6 ^a	1,0 $\pm$ 0,7 ^{bc}	3,5 $\pm$ 1,3 ^{bc}	6,1 $\pm$ 2,3	3,2 $\pm$ 1,2 ^{ab}
11	120	12	7,0 $\pm$ 1,3 ^{bc}	6,7 $\pm$ 1,6 ^{ab}	6,6 $\pm$ 1,5 ^{abc}	6,5 $\pm$ 1,7 ^{abc}	6,6 $\pm$ 1,4 ^a	1,1 $\pm$ 0,7 ^{ab}	3,7 $\pm$ 1,3 ^{ab}	6,2 $\pm$ 2,0	3,3 $\pm$ 1,1 ^{ab}

T: temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão; OG: porcentagem de óleo de girassol.

Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

*Escala hedônica: 1=desgostei extremamente; 2=desgostei muitíssimo; 3=desgostei moderadamente; 4=desgostei levemente; 5=nem gostei nem desgostei; 6= gostei levemente; 7=gostei moderadamente; 8=gostei muitíssimo; 9=gostei extremamente.

**Escala de intensidade: 0=nenhum; 0,25=fracamente detectável; 0,5=muito suave; 1=suave; 1,5=suave-moderado; 2=moderado; 2,5=moderado-forte; 3=forte.

***Escala do ideal numérica não ajustada: 1=extremamente menos intenso que o ideal; 2=muito menos intenso que o ideal; 3=moderadamente menos intenso que o ideal; 4=ligeiramente menos intenso que o ideal; 5=intensidade ideal; 6=ligeiramente menos intenso que o ideal; 7=moderadamente mais intenso que o ideal; 8=muito mais intenso que o ideal; 9= extremamente mais intenso que o ideal.

****Escala do ideal numérica ajustada.

*****Escala de intenção de compra: 1=certamente não compraria; 2=provavelmente não compraria; 3=tenho dúvidas se compraria; 4=provavelmente compraria; 5=certamente compraria.

Dentre os parâmetros sensoriais, apenas a intensidade de sabor queijo apresentou modelo significativo de acordo com os critérios estatísticos considerados. A Tabela 6 apresenta o modelo de regressão múltipla para a intensidade de sabor queijo. Apesar do coeficiente da qualidade de ajuste do modelo (R^2) não ser muito alto, o modelo mostrou-se significativo e sem falta de ajuste, e por isso a superfície de resposta foi plotada, considerando apenas os coeficientes estatisticamente significativos para construção do modelo. O processo de extrusão termoplástica é um processo contínuo que apresenta certa complexidade para seu controle, uma vez que estão envolvidas inúmeras variáveis, além da natureza complexa dos alimentos (VILELA; EL-DASH, 1987). Desta forma, valores de R^2 relativamente baixos são encontrados na literatura para estudos usando extrusão termoplástica (YAGCI; GÖGÜS, 2008; MENIS et al., 2013; AWOLU et al. 2015; YOVCHEV et al., 2017) e são aceitos pela comunidade científica.

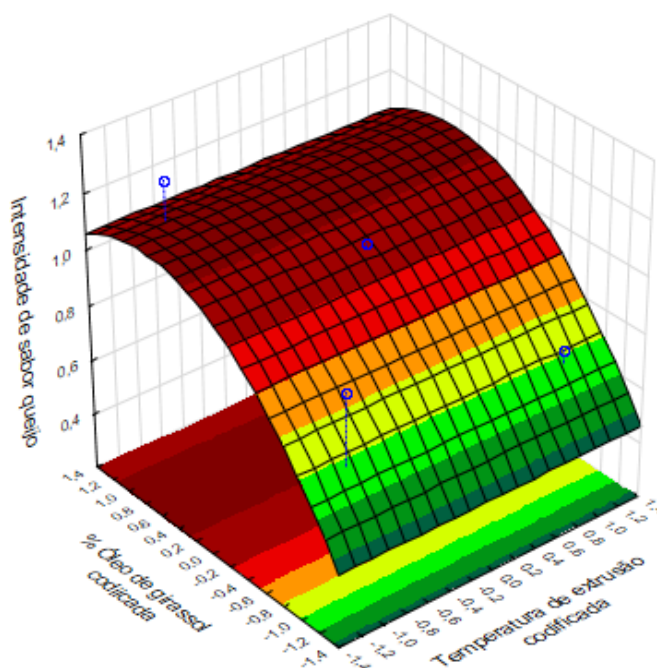
Tabela 6. Modelo para a variável dependente intensidade de sabor queijo.

Variável resposta	Modelo	R^2 ajustado	p - valor	Falta de ajuste
Intensidade de sabor queijo	$Y_1 = 1,028 + 0,213 X_2 - 0,142 X_2^2$	68,40%	0,045	0,066

X_2 : porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks*.

O aumento na porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks* resultou em aumento na intensidade de sabor queijo (Figura 5). No entanto, observa-se que a partir de 24% de óleo aspergido (valor codificado 1,4), há a tendência de queda nessa intensidade. Esse resultado é muito interessante, pois indica que não há a necessidade de aspersão de maiores quantidades de óleo do que as testadas neste trabalho, visando aumentar a percepção da intensidade de sabor queijo (Figura 5). Isso provavelmente ocorreu devido à saturação dos receptores sensoriais em função da quantidade de óleo adicionado, embora seja importante lembrar que, segundo a Tabela 4, nem todo óleo aspergido foi incorporado aos *snacks*. Mas mesmo assim, os *snacks* com maiores quantidades de óleo adicionado apresentaram as maiores quantidades de óleo incorporado, podendo-se seguir, portanto, a mesma tendência de resposta observada na Figura 5.

Figura 5. Intensidade de sabor queijo dos *snacks* em função da porcentagem de óleo de girassol aspergida.



Para serem percebidos, os compostos voláteis responsáveis pelo sabor devem ser liberados no *headspace* da boca e alcançar o epitélio olfativo na cavidade nasal. Os lipídeos, por sua vez, afetam a percepção de tais compostos. A liberação de compostos voláteis lipofílicos da fase oleosa de um alimento procede a uma taxa menor do que da fase aquosa. Isso se deve à maior resistência à transferência de massa no óleo/gordura que na água, assim os compostos voláteis precisam primeiro ser liberados da fase oleosa à fase aquosa (saliva) antes de serem liberados da fase aquosa ao *headspace* na boca para serem percebidos. Devido ao atraso na liberação dos compostos voláteis solúveis em óleo, a intensidade máxima desses compostos é percebida mais tardiamente em contrapartida àqueles compostos solúveis em água. Como consequência, ocorrem mudanças nas características e intensidade do sabor com o tempo de mastigação e essas mudanças podem ser desejáveis, enriquecendo o sabor do alimento (percepção de duas ou mais notas de sabor sucessivamente) e prolongando a liberação do sabor. Em produtos sem ou com reduzido teor de lipídeos, os compostos voláteis lipossolúveis desaparecem rapidamente após a quebra da estrutura do alimento com o início da mastigação (ROOS, 1997; VOILLEY; ETIÉVANT, 2006; TAYLOR; LINFORTH, 2010).

Diante do exposto, como o ácido butírico foi adicionado à matéria-prima, provavelmente ocorreu a encapsulação do mesmo no interior do *snack* durante a extrusão e também a interação com o óleo de girassol naquelas amostras que foram aspergidas com óleo.

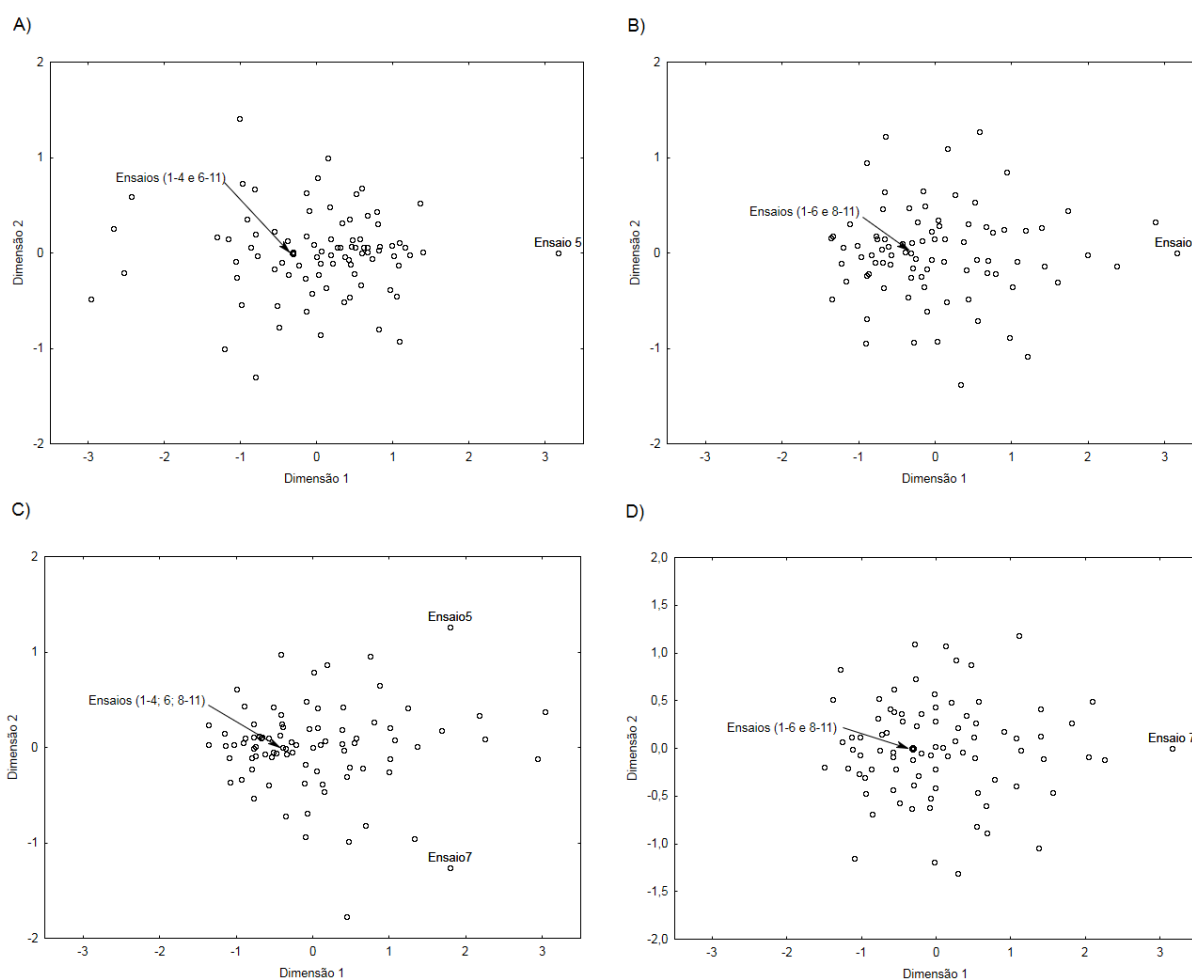
Assim, durante o consumo do *snack*, a mastigação provocou a ruptura do produto, liberando o ácido butírico encapsulado. Ainda, o ácido butírico, que estava interagindo com o óleo, foi liberado ao longo do tempo, intensificando a percepção do sabor de queijo (ROOS, 1997; MADENE *et al.*, 2006; YULIANI; TORLEY; BHANDARI, 2009).

Além da atuação dos lipídeos na percepção do sabor, a preferência dos consumidores por alimentos gordurosos e de alto conteúdo energético é conhecida, e se reflete nos altos índices de obesidade adulta e infantil, entre outras enfermidades. Ao longo da última década, diversos estudos vêm sendo conduzidos a fim de entender o mecanismo de percepção oral dos lipídeos dietéticos, o qual tem sido cogitado como 6º gosto básico (MATTES, 2005; GILBERTSON, 2014; DRAMANE *et al.*, 2014). Uma interessante correlação positiva entre o provável sistema oral de detecção de lipídeos e a atração por alimentos mais gordurosos foi relatada por Stewart *et al.* (2010) e também observada na presente pesquisa, pela menor aceitação dos consumidores pelos *snacks* com menor teor de óleo de girassol.

Na Figura 6, estão apresentados os mapas de preferência internos para os atributos textura e sabor, aceitação global e para o ideal de intensidade de sabor queijo dos *snacks*. Para a aceitação pela aparência e aroma, a aplicação da escala multidimensional apresentou *stress value* maior que 0,05, indicando que o modelo obtido não está bem ajustado aos dados e, portanto, os mapas de preferência internos não foram apresentados.

Para a textura (Figura 6A), os *snacks* do ensaio 5 (91,8 °C; 12% de óleo de girassol) estão isolados no gráfico e com baixa concentração de consumidores ao seu redor, indicando menor aceitação dos consumidores pela textura dessa amostra. Já os *snacks* dos outros 10 ensaios encontram-se muito próximos e com grande concentração de consumidores, mostrando maior aceitação pela textura de tais amostras. Para o sabor (Figura 6B) e intensidade ideal de sabor queijo (Figura 6D), os *snacks* do ensaio 7 (120 °C; 0% de óleo de girassol) foram menos aceitos em relação às demais amostras, enquanto que para a aceitação global (Figura 6C), os *snacks* dos ensaios 5 e 7 foram menos aceitos pelos consumidores.

Figura 6. Mapa de preferência interno para os atributos textura (A) e sabor (B), aceitação global (C) e para o ideal de intensidade de sabor queijo nos *snacks* (D).



Os resultados dos mapas de preferência internos corroboram os apresentados anteriormente, mostrando que os *snacks* dos ensaios 5 (91,8 °C; 12% óleo de girassol) e 7 (120 °C; sem óleo de girassol) apresentaram baixa aceitação, devido a textura e a ausência de óleo, respectivamente.

3.2.3. Propriedades físicas dos *snacks*

Os dados referentes à razão de expansão, densidade, força de corte e cor dos *snacks* estão apresentados na Tabela 7. E na Figura 7 é possível visualizar a aparência dos *snacks* em cada ensaio.

Tabela 7. Média $\pm$ desvio-padrão para as propriedades físicas dos *snacks* do segundo delineamento experimental.

Ensaio	T	OG	Razão de	Densidade	Força de	Parâmetros de cor dos <i>snacks</i>				
	(°C)	(%)	expansão	(g/cm ³)	corte (N)	L*	a*	b*	C*	h
1	100	3,5	4,7 $\pm$ 0,2 ^a	0,11 $\pm$ 0,01 ^{abc}	31,5 $\pm$ 3,8 ^{bc}	76,9 $\pm$ 1,1 ^c	5,7 $\pm$ 0,6 ^{bcd}	47,81 $\pm$ 1,2 ^{bc}	48,2 $\pm$ 1,3 ^{bc}	83,2 $\pm$ 0,5 ^{abc}
2	140	3,5	4,6 $\pm$ 0,3 ^{ab}	0,09 $\pm$ 0,02 ^c	24,2 $\pm$ 4,0 ^{cd}	78,4 $\pm$ 0,4 ^b	5,6 $\pm$ 0,2 ^{cde}	46,01 $\pm$ 0,3 ^d	46,3 $\pm$ 0,3 ^d	83,1 $\pm$ 0,2 ^{abc}
3	100	20,5	4,7 $\pm$ 0,3 ^a	0,13 $\pm$ 0,02 ^a	28,6 $\pm$ 4,8 ^{bcd}	74,6 $\pm$ 0,2 ^{de}	6,1 $\pm$ 0,2 ^{bc}	49,52 $\pm$ 0,4 ^a	49,9 $\pm$ 0,5 ^a	83,0 $\pm$ 0,1 ^{abcd}
4	140	20,5	4,5 $\pm$ 0,3 ^{ab}	0,12 $\pm$ 0,02 ^{ab}	21,3 $\pm$ 3,8 ^d	74,8 $\pm$ 0,7 ^d	5,3 $\pm$ 0,6 ^{de}	45,92 $\pm$ 0,4 ^d	46,2 $\pm$ 0,5 ^d	83,4 $\pm$ 0,7 ^a
5	91,8	12	4,7 $\pm$ 0,4 ^a	0,13 $\pm$ 0,02 ^a	42,9 $\pm$ 5,3 ^a	71,1 $\pm$ 1,1 ^f	6,7 $\pm$ 0,5 ^a	49,92 $\pm$ 0,9 ^a	50,4 $\pm$ 0,9 ^a	82,4 $\pm$ 0,4 ^{ef}
6	148,2	12	4,4 $\pm$ 0,2 ^{ab}	0,11 $\pm$ 0,01 ^{abc}	29,4 $\pm$ 5,5 ^{bc}	76,5 $\pm$ 0,3 ^c	6,0 $\pm$ 0,4 ^{bc}	45,58 $\pm$ 0,4 ^d	46,0 $\pm$ 0,3 ^d	82,5 $\pm$ 0,5 ^{def}
7	120	0	4,7 $\pm$ 0,5 ^a	0,10 $\pm$ 0,02 ^{bc}	30,9 $\pm$ 4,8 ^{bc}	79,6 $\pm$ 0,2 ^a	5,1 $\pm$ 0,3 ^e	43,81 $\pm$ 0,5 ^e	44,1 $\pm$ 0,5 ^e	83,3 $\pm$ 0,3 ^{ab}
8	120	24	4,5 $\pm$ 0,2 ^{ab}	0,13 $\pm$ 0,01 ^a	36,4 $\pm$ 6,4 ^{ab}	74,0 $\pm$ 0,1 ^e	6,2 $\pm$ 0,1 ^{ab}	48,33 $\pm$ 0,4 ^b	48,7 $\pm$ 0,4 ^b	82,7 $\pm$ 0,1 ^{cde}
9	120	12	4,4 $\pm$ 0,2 ^{ab}	0,11 $\pm$ 0,01 ^{abc}	35,2 $\pm$ 7,2 ^{ab}	74,9 $\pm$ 0,3 ^d	6,6 $\pm$ 0,1 ^a	47,70 $\pm$ 0,4 ^{bc}	48,1 $\pm$ 0,4 ^{bc}	82,1 $\pm$ 0,1 ^f
10	120	12	4,4 $\pm$ 0,3 ^{ab}	0,12 $\pm$ 0,01 ^{ab}	33,1 $\pm$ 3,8 ^b	74,5 $\pm$ 0,4 ^{de}	5,9 $\pm$ 0,2 ^{bc}	47,51 $\pm$ 0,6 ^{bc}	47,9 $\pm$ 0,6 ^{bc}	82,9 $\pm$ 0,1 ^{bcde}
11	120	12	4,1 $\pm$ 0,2 ^b	0,13 $\pm$ 0,01 ^a	36,3 $\pm$ 6,4 ^{ab}	77,8 $\pm$ 0,1 ^b	5,4 $\pm$ 0,3 ^{de}	47,01 $\pm$ 0,6 ^c	47,3 $\pm$ 0,6 ^c	83,5 $\pm$ 0,4 ^a

T: temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão; OG: porcentagem de óleo de girassol;

Razão de expansão, densidade e força de corte (n = 10); cor (n = 12).

Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 7. Fotos das seções transversais e longitudinais dos *snacks* de grits de milho.

Ensaio	T (°C)	OG (%)	Snacks	Ensaio	T (°C)	OG (%)	Snacks
1	100	3,5		7	120	0	
2	140	3,5		8	120	24	
3	100	20,5		9	120	12	
4	140	20,5		10	120	12	
5	91,8	12		11	120	12	
6	148,2	12					

T: temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão; OG: porcentagem de óleo de girassol aspergido sobre os *snacks*.

A razão de expansão dos *snacks* variou de 4,1 a 4,7, valores estes maiores que os encontrados por Yuliani, Torley e Bhandari (2009), Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012), Menis et al. (2013) para a extrusão de matéria-prima aromatizada, cujos autores encontraram razão de expansão máxima de 2,2, 3,7 e 3,08, respectivamente. Os ensaios 1 (100 °C; 3,5% de óleo de girassol), 3 (100 °C; 20,5% de óleo de girassol), 5 (91,8 °C; 12% de óleo de girassol) e 7 (120 °C; 0% de óleo de girassol) apresentaram maior razão de expansão em relação ao ensaio 11 (120 °C; 12% de óleo de girassol).

A densidade dos *snacks* variou de 0,09 a 0,13 g/cm³, valores menores do que os encontrados por Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) e Menis et al. (2013) para a extrusão de grits de milho aromatizado, cujos valores variaram de 0,12 a 0,28 g/cm³ e de 0,13 a 0,85 g/cm³, respectivamente. Uma das menores densidades foi observada para o *snack* do ensaio 2 (140 °C; 3,5% de óleo de girassol), enquanto que os *snacks* dos ensaios 3, 5, 8 (120 °C; 24% de óleo de girassol) e 11 estiveram dentre os mais densos.

A força de corte dos *snacks* variou de 21,3 a 42,9 N, valores semelhantes aos encontrados para extrusados de grits de milho aromatizado por Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) que foi de 23,7 a 34,2 N, e aos encontrados por Menis et al. (2013) que foi de 20,98 a 51,60 N. O *snack* do ensaio 5 apresentou maior força de corte em relação a grande maioria dos ensaios, enquanto o *snack* do ensaio 4 (140 °C; 20,5% de óleo de girassol) apresentou uma das menores.

A razão de expansão, a densidade e a força de corte dos *snacks* podem ser utilizadas para avaliar o grau de expansão dos mesmos. A razão de expansão considera a expansão na seção transversal do extrusado e a densidade considera a expansão do extrusado em todas as direções. Dessa forma, extrusados menos densos tendem a ser mais expandidos e a apresentar uma estrutura mais frágil ou uma menor resistência mecânica, características desejáveis para *snacks* expandidos (YULIANI; TORLEY; BHANDARI, 2009; MENG et al., 2010). Verifica-se, na presente pesquisa, que para a maioria dos ensaios, os *snacks* obtidos apresentaram as características desejáveis para um *snack* expandido, ou seja, alta expansão, baixa densidade e força de corte, com exceção dos *snacks* do ensaio 5, que devido a baixa temperatura de extrusão empregada (91,8 °C) originou *snacks* com elevada resistência a força mecânica.

Com relação aos parâmetros de cor, apesar das diferenças estatísticas, observa-se que os *snacks* apresentaram cor clara (altos valores de luminosidade – L*), com cromaticidade de vermelho (valores positivos de a*) e amarelo (valores positivos de b*). Houve diferença no croma (C*), sendo que valores maiores indicam saturação ou pureza maior das cores, embora todos os tons (h) tenham apresentado ângulos variando de 70° a 100°, o que indica

predominância da cromaticidade amarela em relação à cromaticidade vermelha (RAMOS, GOMIDE; 2017).

As propriedades físicas a razão de expansão, densidade, luminosidade, cromaticidade de amarelo (b^*) e croma (C^*) apresentaram modelos significativos (Tabela 8).

Tabela 8. Modelos para as variáveis dependentes: razão de expansão, densidade, luminosidade (L^*), tonalidade de amarelo (b^*) e croma (C^*).

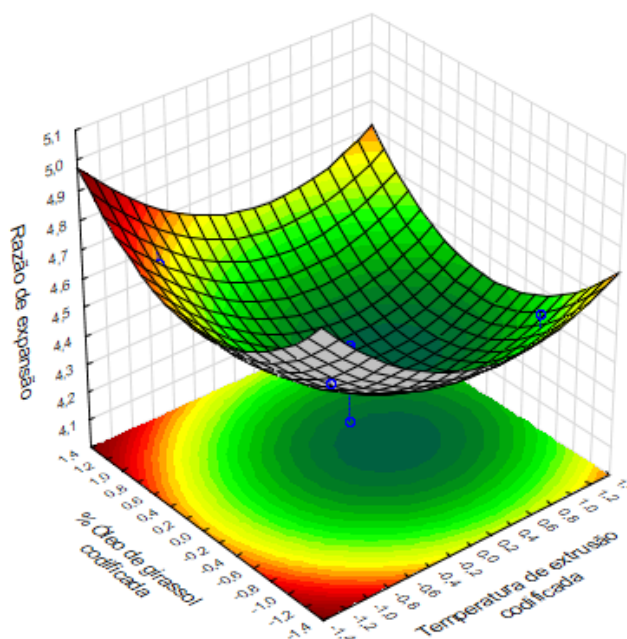
Variável resposta	Modelo	R ² ajustado (%)	p - valor	Falta de ajuste
Razão de expansão	$Y_{RE} = 4,321 + 0,094 X_1 + 0,119 X_1^2 + 0,147 X_2^2$	65,03	0,057	0,968
Densidade	$Y_D = 0,118 - 0,007 X_1 + 0,012 X_2$	74,16	0,002	0,958
L^*	$Y_{L^*} = 75,755 - 1,171 X_1 - 1,706 X_2$	50,94	0,024	0,646
b^*	$Y_{b^*} = 47,192 - 1,444 X_1 + 1,001 X_2$	71,36	0,003	0,101
C^*	$Y_{C^*} = 47,558 - 1,462 X_1 + 1,017 X_2$	70,41	0,003	0,133

X_1 : temperatura de extrusão; X_2 : porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks*.

Na Figura 8 pode-se observar uma menor razão de expansão dos *snacks* com adições de óleo de girassol próximas ao ponto central e temperatura de extrusão em torno de 132 °C, aumentando à medida que as temperaturas se distanciam do ponto central de 120 °C. A expansão via extrusão ocorre devido a dois diferentes mecanismos: efeitos viscoelásticos e crescimento de bolhas conduzido pelo vapor. O efeito viscoelástico diz respeito à presença de tensões normais, ou seja, estresses radiais sobre a massa fundida no interior da extrusora até o momento em que o material flui pela trafilha e se expande. Já o crescimento de bolhas é devido à queda repentina da pressão quando o material fundido passa pela trafilha, perdendo vapor superaquecido. Assim, o surgimento de bolhas na massa ocorre até que uma crosta se forme na superfície do produto, impedindo que o mesmo continue expandindo (CAMPANELLA et al., 2002). Quando a temperatura de extrusão é baixa, a viscosidade da massa fundida é elevada, o que aumenta a tensão e o cisalhamento no interior do canhão, resultando num produto bastante expandido mais devido a efeitos viscoelásticos do que à perda de vapor superaquecido, pois como a temperatura é baixa, a água presente no material não alcança temperaturas muito elevadas. Com o aumento da temperatura, a viscosidade do material tende a diminuir pela degradação dos grânulos de amido (YULIANI, TORLEY, BHANDARI; 2009; DAMOSARAN; PARKIM; FENNEMA, 2010), reduzindo os “estresses” no interior do

canhão enquanto a água presente no material fica mais aquecida. Isso justifica as maiores expansões em baixa e alta temperatura, sendo que em baixas temperaturas a expansão pode ter sido devido aos estresses sobre a massa fundida, e em altas temperaturas devido à evaporação da água superaquecida.

Figura 8. Razão de expansão dos *snacks* em função da temperatura e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.

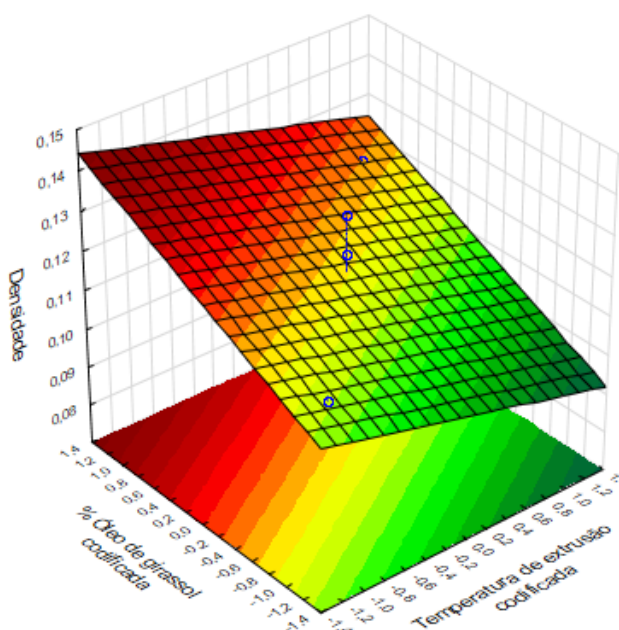


Em relação ao efeito da porcentagem do óleo de girassol aspergido sobre os *snacks*, os resultados foram surpreendentes, porque não eram esperados. Também não foram encontrados trabalhos na literatura que justifiquem estes resultados. O que parece é que quando porcentagens intermediárias de óleo são adicionadas, os *snacks* acabam absorvendo este óleo levando à redução de sua expansão. Já quando pouco óleo é adicionado, o mesmo adere superficialmente aos *snacks*, não afetando consideravelmente sua expansão. Porém, quando elevadas porcentagens de óleo são adicionadas, a redução da expansão, em função da absorção de óleo, não ocorre, dando a impressão de que o óleo em excesso acaba ajudando a manter estrutura do produto.

A Figura 9 mostra a diminuição da densidade dos *snacks* em função do aumento da temperatura ou da redução da porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks*. O aumento da densidade com o aumento da porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks* justifica-se uma vez que a adição de óleo aos *snacks* eleva o peso dos mesmos,

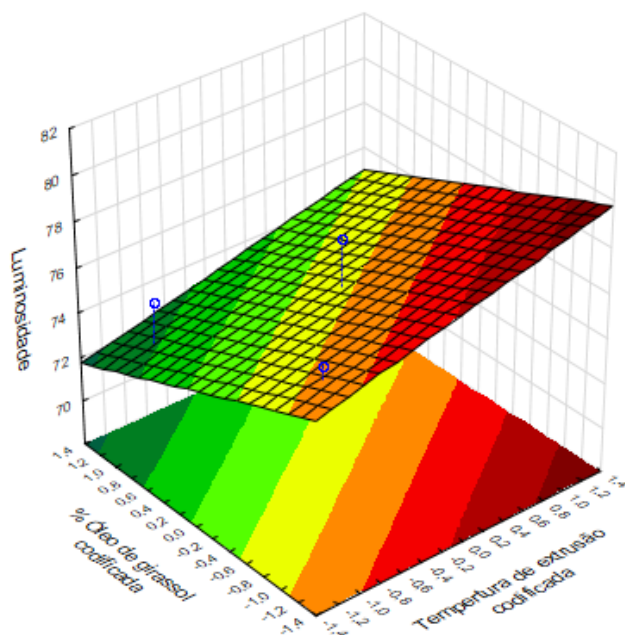
afetando diretamente o aumento da densidade. A redução da densidade dos *snacks* com o aumento da temperatura de extrusão pode ser explicada pelo surgimento de bolhas de ar na massa quando a mesma deixa a trafilha e consequente perda de umidade (FELLOWS, 2006). O efeito da temperatura na densidade dos *snacks* também foi observado por Yuliani, Torley e Bhandari (2009) na extrusão de amido com d-limoneno, por Saeleaw, Dürschmid e Schleining (2012) na extrusão de farinha de centeio e por Menis et al. (2013) na extrusão de grits de milho aromatizado.

Figura 9. Densidade dos *snacks* em função da temperatura e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.



A Figura 10 mostra a diminuição da luminosidade com o aumento da porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks* e aumento com o aumento da temperatura. Os *snacks* aspergidos com maiores teores de óleo de girassol apresentaram cor mais escura (menor valor de L^*), provavelmente pelo fato de o óleo atuar como uma “capa” no *snack*, escurecendo a cor. Por outro lado, o aumento da temperatura levou a *snacks* mais claros (maior valor de L^*), pela degradação dos pigmentos que conferem coloração amarela ao grits de milho (CAMPANELLA et al., 2002).

Figura 10. Luminosidade (L^*) dos *snacks* em função da temperatura e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.



Na Figura 11, a cromaticidade de amarelo (b^*) aumenta à medida que aumenta a porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks* e diminui com a temperatura de extrusão.

Ainda para a cor, a diminuição da temperatura ou o aumento da porcentagem de óleo aspergida aumenta a cromaticidade de amarelo (b^*) e a saturação da cor (croma - C^*) (Figuras 11 e 12, respectivamente). A baixa temperatura de extrusão implica em pouco cozimento do material e consequentemente baixa degradação dos pigmentos que dão a coloração amarela ao milho, resultando em poucas mudanças na cor dos *snacks* em relação à matéria-prima (CAMPANELLA et al., 2002; FELLOWS, 2006), ou seja, em cor com maior intensidade de cromaticidade de amarelo. Consequentemente, a saturação da cor, no caso o croma, também é maior quando da utilização de baixas temperaturas. Já em relação à quantidade de óleo aspergida, o óleo de girassol apresenta cor levemente amarelada, o que pode ter contribuído para as maiores cromaticidade de amarelo e croma.

Figura 11. Cromaticidade de amarelo (b^*) dos *snacks* em função da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.

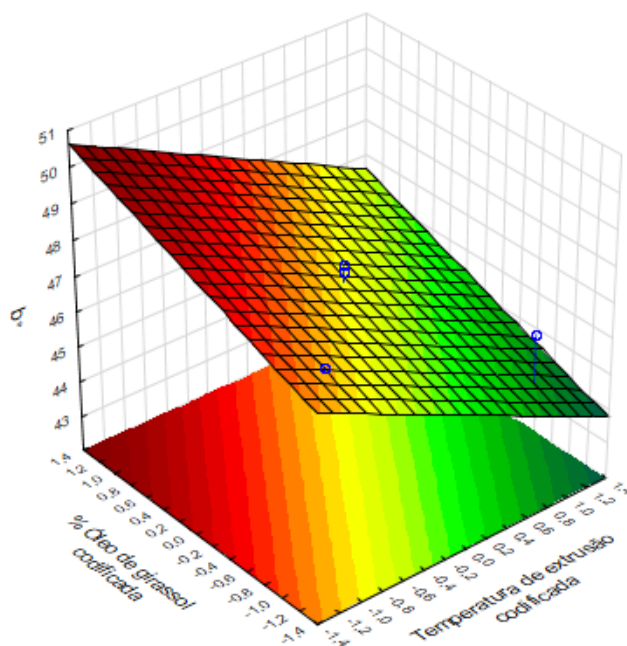
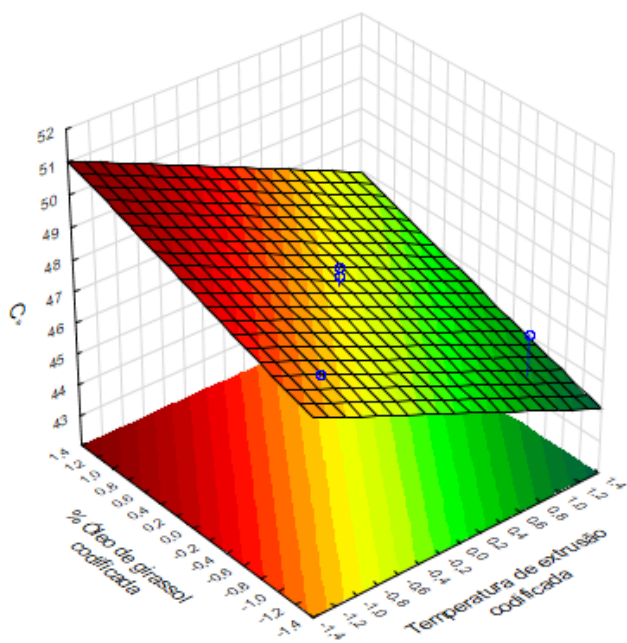


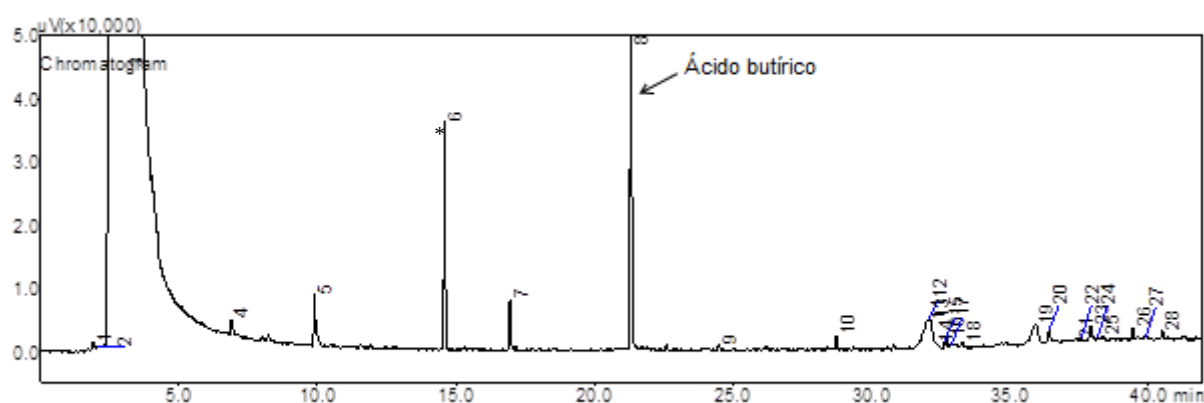
Figura 12. Croma (C^*) dos *snacks* em função da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol aspergida.



3.2.4. Quantidade de ácido butírico nos *snacks*

A Figura 13 apresenta o cromatograma do isolado obtido dos *snacks* do ensaio 3 (100 °C; 20,5% óleo de girassol), um dos *snacks* mais aceitos sensorialmente, como ilustração. Nos cromatogramas de todas as amostras, três picos principais foram observados nos tempos de retenção de 9,9 (pico 5), 16,9 (pico 7) e 21,3 (pico 8) min. Ainda para o ácido butírico, além do cálculo do índice de retenção, a injeção do padrão cromatográfico do composto foi usada para confirmar sua identidade.

Figura 13. Cromatograma do *snack* do ensaio 3 (100 °C; 20,5% óleo de girassol).



* Interferente referente ao solvente acetona.

A Tabela 9 apresenta o conteúdo de ácido butírico em mg/100 g de *snack* para os 11 ensaios do delineamento experimental.

Tabela 9. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 2) para o conteúdo de ácido butírico nos *snacks*.

Ensaio	T (°C)	OG (%)	Ácido Butírico (mg/100 g de <i>snack</i>)
1	100	3,5	0,07 ^{de} $\pm$ 0,00
2	140	3,5	0,11 ^{cd} $\pm$ 0,01
3	100	20,5	0,08 ^{cde} $\pm$ 0,01
4	140	20,5	0,17 ^{ab} $\pm$ 0,02
5	91,8	12	0,19 ^a $\pm$ 0,00
6	148,2	12	0,13 ^{bc} $\pm$ 0,01
7	120	0	0,05 ^e $\pm$ 0,00
8	120	24	0,17 ^{ab} $\pm$ 0,01
9	120	12	0,08 ^{cde} $\pm$ 0,00
10	120	12	0,07 ^{de} $\pm$ 0,00
11	120	12	0,06 ^{de} $\pm$ 0,01

T: temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão; OG: porcentagem de óleo de girassol. (n=2)

Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O conteúdo de ácido butírico nos *snacks* variou de 0,05 a 0,19 mg/100 g, sendo que o menor conteúdo foi observado para o ensaio 7 (120 °C; 0% óleo de girassol) e o maior conteúdo para o ensaio 5 (91,8 °C; 12% de óleo de girassol). Observando as condições experimentais, é possível verificar que o ensaio que apresentou *snacks* com menor conteúdo de ácido butírico não recebeu aspersão de óleo de girassol, enquanto que o ensaio que originou *snacks* com maior conteúdo de ácido butírico foi aquele extrusado com menor temperatura de extrusão, o que pode ter contribuído para uma menor perda deste composto durante o processamento. Yuliani, Torley e Bhandary (2009) também observaram menor retenção do d-limoneno durante a extrusão de amido quando o composto foi adicionado a baixas concentrações (menos que 0,2%).

Para ambos os modelos testados (linear e quadrático), a regressão não foi significativa, indicando que a temperatura de extrusão e a porcentagem de óleo de girassol não apresentaram efeito significativo sobre o conteúdo de ácido butírico nos *snacks*.

3.2.5. Mapa de preferência externo para os *snacks*

Para o mapa de preferencia externo, o primeiro componente principal explicou 70,50% da variação dos dados e o segundo componente principal explicou 16,94% da variação dos dados, totalizado 87,44% (Figura 14).

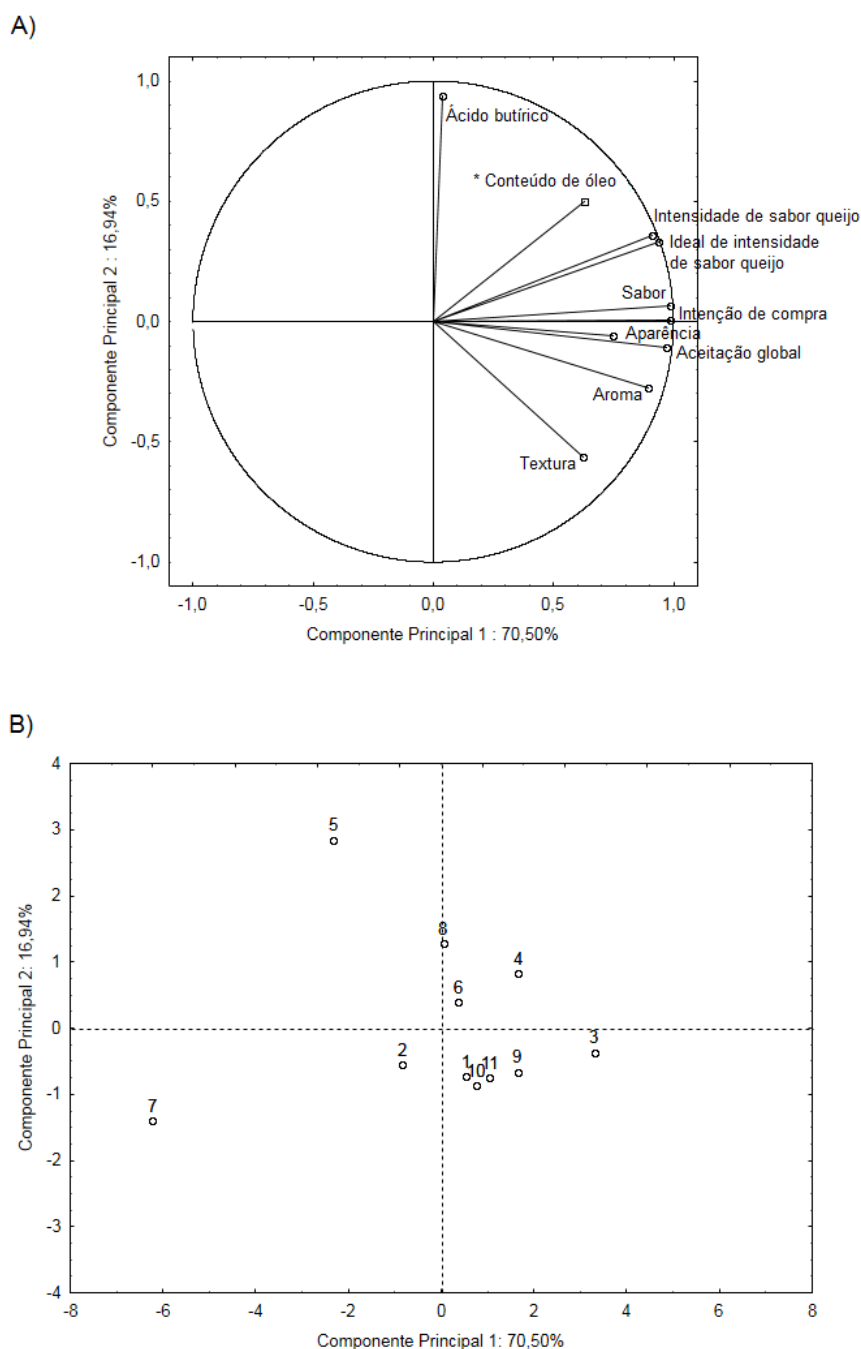
O primeiro componente principal foi explicado pela intensidade de sabor de queijo, ideal de intensidade de sabor de queijo, aceitação da aparência, sabor e aroma, aceitação global e intenção de compra. Tais variáveis são correlacionadas positivamente entre si. Ainda, é interessante observar que a porcentagem de óleo de girassol, como variável suplementar, teve efeito sobre todas essas variáveis. Já o segundo componente principal foi explicado apenas pelo conteúdo de ácido butírico, o qual não teve correlação com nenhuma variável sensorial.

Os *snacks* do ensaio 1 (100 °C; 3,5% óleo de girassol), 3 (100 °C, 20,5% óleo de girassol), 4 (140 °C; 20,5% óleo de girassol), 6 (148 °C; 12% óleo de girassol) e pontos centrais 9-11 (120 °C; 12% óleo de girassol) foram descritos pela alta aceitação sensorial (com exceção da textur), intensidade de sabor de queijo, ideal de intensidade de sabor de queijo e intenção de compra, variáveis estas que foram influenciadas pelo teor de óleo aspergido nos *snacks* (Figura 14B). Por outro lado, os *snacks* dos ensaios 2 (140 °C; 3,5% óleo de girassol) e 7 (120 °C; sem óleo de girassol) não foram descritos por nenhuma

variável, mas se destacaram pela baixa intensidade de sabor queijo, ideal de intensidade de sabor queijo e aceitação sensorial.

Os *snacks* do ensaio 5 (91,8 °C; 12% óleo de girassol) foram descritos pela quantidade de ácido butírico, possivelmente devido à baixa temperatura empregada, reduzindo a perda desse composto durante a extrusão (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001).

Figura 14. Mapa de preferência externo para a aceitação sensorial dos *snacks* e teor de ácido butírico com a porcentagem de óleo de girassol como variável suplementar (A – projeção das variáveis; B – projeção das amostras).



Esses resultados confirmam a importância do óleo nos aspectos sensoriais dos *snacks*, e a não correlação da quantidade de ácido butírico dos *snacks* com suas características sensoriais.

4. Conclusão

Foi possível produzir *snacks* expandidos de milho sabor queijo usando os precursores de aroma cisteína e ácido butírico. Todos os *snacks* foram aceitos sensorialmente, embora os *snacks* dos ensaios 5 (91,8 °C; 12% óleo de girassol) e 7 (120 °C; sem óleo de girassol) apresentaram baixa aceitação para textura e sabor, respectivamente. O aumento na porcentagem de óleo de girassol aspergida aumentou a intensidade de sabor queijo percebida durante a avaliação sensorial dos *snacks*, enquanto que a porcentagem de óleo e a temperatura de extrusão influenciaram a razão de expansão, densidade, luminosidade, cromaticidade de amarelo e croma dos *snacks*. A porcentagem de óleo de girassol adicionada mostrou-se importante para a percepção da intensidade de sabor de queijo e para a aceitação sensorial, ao contrário da quantidade de ácido butírico nos *snacks*, que não se correlacionou com as características sensoriais. Assim, é possível a obtenção de *snacks* mais saudáveis, com menor teor lipídico em relação aos comerciais, mas a produção de *snacks* sem adição de óleo não é viável, devido à perda de qualidade sensorial.

5. Considerações finais - Potencial para produção industrial dos *snacks*

A produção de *snacks* expandidos de milho sabor queijo utilizando precursores de aroma ácido butírico (0,4%, m/m) e cisteína (0,2, m/m) mostrou-se com potencial para a produção industrial.

Para produção de 100 g de *snacks* expandidos de milho sabor queijo com aspersão de 24% de óleo de girassol (máxima porcentagem estudada), os gastos com matéria-prima (grits de milho) e ingredientes (cisteína, ácido butírico, óleo de girassol, sal e realçador de sabor glutamato monossódico) foram calculados. Foram considerados 75% de rendimento do processo em escala de laboratório e os valores de compra dos ingredientes no varejo em 1º de setembro de 2017, resultando em um gasto total de R\$ 1,07 por 100 g de produto final. Este valor em escala industrial pode ser ainda menor, devido à redução do valor de compra dos ingredientes quando adquiridos em grandes quantidades e um possível aumento no rendimento do processo em escala industrial, uma vez que o processo de extrusão em si não gera resíduo e a perda no rendimento ocorre basicamente na fase inicial do processo, ou seja,

até que o mesmo entre em regime estacionário. Diferentemente do processamento em escala de laboratório, nas indústrias de *snacks* expandidos, a interrupção de uma linha de produção para limpeza e/ou manutenção e a retomada da produção ocorre de forma programada após longos períodos de processamento, reduzindo perdas e aumentando o rendimento.

Desta forma, ainda que não tenham sido considerados todos os custos envolvidos no processamento dos *snacks* (custos diretos e indiretos), o gasto total obtido no presente estudo para 100 g de produto final sugere um baixo custo para produção dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo utilizando precursores de aroma (ácido butírico e cisteína), mostrando seu potencial para produção em escala industrial.

6. Referências bibliográficas

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**: método oficial 925.10. 16. ed., v. 2. Gaithersburg: 1997.

AWOLU, O. O.; OLUWAFERANMI, P. M.; FAFOWORA, O. I.; OSEYEMIET, G. F. Optimization of the extrusion process for the production of ready-to-eat snack from rice, cassava and kersting's groundnut composite flours. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 64, n. 1, p. 18-24, 2015.

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; YOUNG, G. Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. **International Journal of Food Science Technology**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 453-461, 2001.

BOWER, J. A.; BOYD, R. Effect of health concern and consumption patterns on measures of sweetness by hedonic and just-about-right scales. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 18, n. 3, p. 235-248, 2003.

CAMPANELLA, O. H.; LI, P. X.; ROSS, K. A.; OKOS, M. R. The role of rheology in extrusion. The role of rheology in extrusion. In: **Engineering and Food for the 21st Century**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 393-413.

CHÁVEZ-JÁUREGUI, R. N.; SILVA, M. E. M. P.; ARÊAS, J. A. G. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). **Journal of Food Science**, Champaign, v. 65, n. 6, p. 1009-1015, 2000.

CLYDESDALE, F. M. Color measurement. In: GRUENWEDEL D. W.; WHITAKER J. R. (eds) **Food analysis: principles and techniques**. v. 1. New York: Marcel Dekker Inc, 1984. p. 95-150.

CONTI-SILVA, A. C.; BASTOS, D. H. M.; ARÊAS, J. A. G. The effects of extrusion conditions and the addition of volatile compounds and flavour enhancers to corn grits on the retention of the volatile compounds and texture of the extrudates. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 47, n. 9, p. 1896-1902, 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 3 ed., St. Paul: AACC International, 2010. 222 p.

DRAMANE, G.; AKPONA, S.; BESNARD, P.; KHAN, N. A. Cell mechanisms of gustatory lipids perception and modulation of the dietary fat preference. **Biochimie**, Paris, v. 107, Part A, p. 11-14, 2014.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed., Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Editora Varela, 2004. 246 p.

FRANCO M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA D. B. Trapping of Soursop (*Annona muricata*) Juice Volatiles on Porapak Q by Suction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 34, n. 3, p.293-299, 1983.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H.; COGAN, T. M.; GUINEE, R.P. **Cheese: chemistry, physics and microbiology** (3 ed). v. 1. London : Elsevier 2004. 616p.

GILBERTSON, T. A.; KHAN, N. A. Cell signaling mechanisms of oro-gustatory detection of dietary fat: Advances and challenges. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 53, n. 1, p. 82-92, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3.ed., v. 1. São Paulo: O Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533 p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.

KRUSKAL, J. B.; WISH, M. **Multidimensional scaling**. Newbury Park: Sage, 1978.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129–148, 1989.

MADENE, A.; JACQUOT, M.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Flavour encapsulation and controlled release – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, p. 1-21, 2006.

MAJCHER, M. A.; JÉLEN, H. H. Effect of Cysteine and Cystine Addition on Sensory Profile and Potent Odorants of Extruded Potato Snacks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 14, p. 5754-5760, 2007.

MARTÍNEZ-CUESTA, M. D. C.; PELÁEZ, C.; REQUENA, T. Methionine metabolism: Major pathways and enzymes involved and strategies for control and diversification of volatile sulfur compounds in cheese. **Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 53, n. 4, p. 366-385, 2013.

MATTES, R. D. Fat taste and lipid metabolism in humans. **Physiology & Behavior**, Elmsford, v. 86, n. 5, p. 691-697, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; Carr, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed., Boca Raton: CRC Press, 1999. 390 p.

MENIS, M. E. C.; MILANI, T. M. G.; JORDANO, A.; BOSCOLO, M.; CONTI-SILVA, A. C. Extrusion of flavored corn grits: Structural characteristics, volatile compounds and sensory acceptability. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 54, n. 2, p. 434-439, 2013.

MENG, X.; THREINEM, D.; HANSEN, M.; DRIEDGER, D. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. **Food Research International**, Barking, v. 43, n. 2, p. 650-658, 2010.

MILANI, T. M. G.; MENIS, M. E. C.; JORDANO, A.; BOSCOLO, M.; CONTI-SILVA, A. C. Pre-extrusion aromatization of a soy protein isolate using volatile compounds and flavor enhancers: effects on physical characteristics, volatile retention and sensory characteristics of extrudates. **Food Research International**, Barking, v. 62, p. 375-381, 2014.

MOSCICKI, L. **Extrusion-Cooking Techniques**: Applications, Theory and Sustainability. Wiley-VCH: Weinheim, 2011. 234 p.

MOUBARAC, J. C.; MARTINS, A. P. B.; CLARO, R. M.; LEVY, R. B.; CANNON, G.; MONTEIRO, C. A. Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health. Evidence from Canada. **Public Health Nutrition**, Cambridge, v. 16, n. 12, 2012.

NIIMI, J.; EDYY, A. I.; OVERINGTON, A. R.; HEENAN, S. P.; SILCOCK, P.; BREMER, P. J.; DELAHUNTY, C. M. Cheddar cheese taste can be reconstructed in solution using basic tastes. **International Dairy Journal**, Barking, v. 34, n. 1, p. 116-124, 2014.

PAULA, A. M.; CONTI-SILVA, A. C. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 121, n. 1, p. 9-14, 2014.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. (2 ed.). Viçosa: UFV, 2017. 599p.

ROOS, K. B. How Lipids Influence Food Flavor. In: **Overview Outstanding Symposia in Food Science & Technology**. Chicago, v. 51, p. 60-61, 1997.

SAELEAW, M.; DÜRRSCHMID, K.; SCHLEINING, G. The effect of extrusion conditions on mechanical-sound and sensory evaluation of rye expanded snack. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 110, n. 4, p. 532-540, 2012.

STEWART, J.E.; FEINLE-BISSET, C.; GOLDING, M.; DELAHUNTY, C.; CLIFTON, P.M.; KEAST, R.S. Oral sensitivity to fatty acids, food consumption and BMI in human subjects, **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 104, n. 1, p. 145-152, 2010.

TAYLOR, A. J.; LINFORTH, R. S. T. **Food Flavor Technology** (2 ed.). Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010. 360p.

VARMING, C. et al. Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. **International Dairy Journal**, Barking, v. 30, n. 1, p. 19-28, 2013.

VOILLEY, A.; ETIÉVANT, P. **Flavour in food**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2006. 451p.

YAGCI, S.; GÖĞÜS, F. Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 86, n. 1, p. 122-132, 2008.

YOVCHEV, A.; Stone, A.; Hood-Niefer, S.; Nickerson, M. Influence of the extrusion parameters on the physical properties of chickpea and barley extrudates. **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 26, n. 2, p. 393-399, 2017.

YU, A. N.; ZHANG, A. D. Aroma compounds generated from thermal reaction of L-ascorbic acid with L-cysteine. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p. 1060-1065, 2010.

YU, A. N.; TAN, Z. W.; WANG, F. S. Mechanism of formation of sulphur aroma compounds from L-ascorbic acid and l-cysteine during the Maillard reaction. **Food Chemistry**, London, v. 132, n. 3, p. 1316-1323, 2012.

YU, A. N.; TAN, Z. W.; WANG, F. S. Mechanistic studies on the formation of pyrazines by Maillard reaction between L-ascorbic acid and L-glutamic acid. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 1, p. 64-71, 2013.

YULIANI, S.; BHANDARI, B.; RUTGERS, R.; D'ARCY, B. Application of microencapsulated flavor to extrusion product. **Food Reviews International**, New York, v. 20, n. 2, p. 163-185, 2004.

YULIANI, S.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B.; NICHOLSON, T.; BHANDARI, B. Extrusion of mixtures of starch and D-limonene encapsulated with β -cyclodextrin: Flavour retention and physical properties. **Food Research International**, Barking, v. 39, n. 3, p. 318-331, 2006a.

YULIANI, S.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B.; NICHOLSON, T.; BHANDARI, B. Effect of extrusion parameters on flavour retention, functional and physical properties of mixtures of starch and D-limonene encapsulated in milk protein. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n. 2, p. 83-94, 2006b.

YULIANI, S.; TORLEY, P. J.; BHANDARI, B. Physical and processing characteristics of extrudates made from starch and *d*-limonene mixtures. **International Journal of Food Properties**, New York, v. 12, n. 3, p. 482-495, 2009.

CAPÍTULO 4

PERFIL SENSORIAL DE *SNACKS* EXPANDIDOS DE MILHO SABOR QUEIJO

Perfil sensorial de *snacks* expandidos de milho sabor queijo

1. Introdução

Os *snacks* expandidos de milho são produzidos por extrusão termoplástica e estão entre os principais produtos obtidos por esta tecnologia. Esse tipo de produto é comercializado em diversos formatos e sabores, sendo o método de aromatização pós-extrusão o mais utilizado pelas indústrias de alimentos, em que óleo ou gordura vegetal hidrogenada é misturado a aromas comerciais e essa mistura é aspergida sobre o extrusado (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001). Esta forma de aromatização, além de agregar sabor ao produto, também eleva o teor lipídico do mesmo, fazendo com que os *snacks* sejam associados a uma alimentação pouco saudável (MOUBARAC et al., 2012). Por essa razão, outras formas de aromatização vêm sendo estudadas a fim de produzir *snacks* com menor teor calórico e melhor valor nutritivo.

A aromatização de *snacks* a partir de precursores de aroma é uma alternativa, pois tais compostos são adicionados à matéria-prima e os compostos voláteis responsáveis pelo odor e sabor desejados são produzidos durante o processo de extrusão (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001). Neste tipo de aromatização, não há necessidade de um veículo lipídico e o produto final obtido é de baixo valor calórico.

No entanto, a redução ou remoção dos lipídeos de um alimento afeta consideravelmente as características sensoriais do produto, com destaque para o sabor. Além de a gordura ser uma candidata ao 6º gosto básico (DRAMANE et al., 2014), os lipídeos atuam como transportadores e moduladores de odor e sabor nos alimentos e como precursores de aroma pela oxidação lipídica e lipólise (TAYLOR; LINFORTH, 2010; VOILLEY; ETIÉVANT, 2006). Assim, reduzir o teor lipídico de *snacks* expandidos de milho é ainda um desafio, uma vez que pode afetar de maneira negativa as características sensoriais do produto.

Dessa forma, o objetivo neste capítulo foi investigar os efeitos da temperatura de extrusão e do teor de óleo de girassol no perfil sensorial dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo.

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

Grits de milho (granulometria de 0,84 mm), sal (Cisne), realçador de sabor glutamato monossódico (Ajinomoto) e óleo de girassol (Liza) foram comprados no mercado local de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. O aminoácido cisteína (L – cisteína HCL anidra – Pharma Nostra, Brazil, pureza > 98,5%) foi comprado em farmácia de manipulação e o ácido butírico grau alimentício (código W222119, pureza > 99%), adquirido da Sigma-Aldrich (Milwaukee, USA).

2.2. Extrusão termoplástica

Grits de milho com 15% de umidade (base seca) e adicionado dos precursores de aroma de queijo ácido butírico e cisteína foi extrusado numa extrusora de rosca única com capacidade de produção semi-industrial (modelo RXPQ Labor 24, INBRAMAQ – Indústria de Máquinas Ltda, Ribeirão Preto - SP), nas seguintes condições:

- três camisas helicoidais;
- rosca de passo largo, de uma saída, com taxa de compressão de 2,3:1 e relação comprimento/diâmetro (L/D) de 15,5:1;
- sub-trafila de orifícios de 3,01 mm;
- trafilado de orifício único de 2,93 mm;
- velocidade de alimentação: 265 g/min;
- temperaturas nas zonas 1 a 3: desligada (aproximadamente 25 °C), 70 °C e 90 °C, respectivamente, e;
- temperaturas nas zonas 4 e 5: temperatura de extrusão, variando de acordo com o delineamento experimental (Tabela 1).

Após a extrusão, os *snacks* foram cortados em pedaços de 10 cm de comprimento, colocados em um recipiente plástico e adicionados de 1,4% de sal e 0,6% de glutamato monossódico, considerando 100 g de extrusado (m/m). Fez-se a homogeneização desses ingredientes. Em seguida fez-se a aspersão do óleo de girassol sobre os *snacks* de acordo com o delineamento experimental (Tabela 1) e a homogeneização do óleo aos *snacks*. Os *snacks* foram então acondicionados em embalagens multicamadas de filme laminado de poliéster, alumínio e polietileno e mantidos à temperatura ambiente por no máximo cinco dias até o

momento de realização das análises. Todo o processo foi realizado seguindo as Boas Práticas de Manipulação.

No total foram produzidos 11 *snacks*, segundo o delineamento composto central rotacional apresentado na Tabela 1, sendo três repetições do ponto central. Como variáveis independentes do delineamento foram consideradas a temperatura de extrusão e a porcentagem de óleo de girassol aspergido sobre os *snacks*. Já como variáveis dependentes foram consideradas as intensidades dos descritores obtidos na avaliação do perfil descritivo otimizado dos *snacks*.

Tabela 1. Delineamento composto central rotacional.

Ensaio	Ordem de extrusão	X ₁	X ₂	T (°C)	OG (%)
1	2°	-1	-1	100	3,5
2	10°	+1	-1	140	3,5
3	3°	-1	+1	100	20,5
4	9°	+1	+1	140	20,5
5	1°	-1,414	0	91,8	12
6	11°	+1,414	0	148,2	12
7	7°	0	-1,414	120	0
8	5°	0	+1,414	120	24
9	4°	0	0	120	12
10	6°	0	0	120	12
11	8°	0	0	120	12

X₁, X₂: variáveis independentes; T: temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão; OG: porcentagem de óleo de girassol.

2.3. Perfil sensorial dos *snacks* expandidos de milho sabor

O perfil sensorial dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo foi analisado por meio do Perfil Descritivo Otimizado (PDO) (SILVA et al., 2012), com adaptações.

A análise foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do mesmo instituto (parecer nº 360.800, Anexo 1).

2.3.1. Recrutamento dos voluntários

Os voluntários foram recrutados dentre os alunos de graduação e pós-graduação do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, sendo convidados a preencher um questionário (Figura 1), informando seu interesse em participar da análise, bem como o quanto gostavam ou desgostavam de *snacks* expandidos de milho sabor queijo, frequência de consumo e disponibilidade de horário para participar dos testes. Para exclusão dos indivíduos, foi considerado como critério a presença de qualquer patologia relacionada à ingestão de alimentos, ser fumante ou declarar não gostar de *snacks* expandidos de milho sabor queijo. Aqueles indivíduos que aceitaram participar da análise preencheram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 1).

Figura 1. Questionário de recrutamento dos voluntários.

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: () F () M

1. Quanto você gosta de salgadinho de milho sabor queijo?
 () gosto muito
 () gosto pouco
 () indiferente
 () desgosto pouco
 () desgosto muito

2. Com que frequência você consome salgadinho de milho sabor queijo?
 () diariamente
 () pelo menos 3 vezes por semana
 () pelo menos 1 vez por semana
 () uma vez a cada 15 dias
 () uma vez por mês
 () não consumo

3. Você possui alguma patologia relacionada à ingestão de certos alimentos? () Sim () Não
 Se sim, qual? _____

4. Fuma? () Sim () Não

6. Disponibilidade de horário. Assinale os períodos em que você está disponível.

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
8:00 às 10:00 h					
10:00 às 12:00 h					
14:00 às 16:00 h					
16:00 às 18:00 h					

Formas de contato: Tel: () _____ Cel: () _____
 E-mail: _____
 Endereço: _____

São José do Rio Preto, _____ de _____ de 2017. _____
 Assinatura do participante

2.3.2. Seleção dos avaliadores

Na etapa de seleção dos avaliadores, os participantes foram submetidos a testes sensoriais para verificar sua capacidade de reconhecimento de gostos básicos e de reconhecimento de odores.

Para o teste de reconhecimento de gostos básicos (Figura 2) foram utilizadas as seguintes soluções de acordo com ABNT (2016): 1% de sacarose (gosto doce), 0,03% de ácido cítrico (gosto ácido), 0,03% de cafeína (gosto amargo), 0,2% de cloreto de sódio (gosto salgado), 0,6% de glutamato monossódico (gosto umami) e água pura. A análise foi realizada em cabines individuais e sob luz branca. As soluções foram apresentadas em copos descartáveis de 50 mL codificados com três dígitos, em bloco completo, de forma sequencial e balanceada (MACFIE et al., 1989). Entre uma solução e outra, os indivíduos foram instruídos a beber água para enxaguar a boca.

Figura 2. Ficha para o teste de reconhecimento de gostos básicos.

Nome: _____				Data: _____		
Por favor, prove cada amostra codificada da esquerda para a direita e identifique/marque com um "X" o gosto percebido. Se você não perceber nenhum gosto, marque um "X" em nenhum, ou se perceber outra sensação, marque um "X" em outro. Enxágue a boca com água entre uma amostra e outra.						
Código da amostra	Doce	Ácido	Salgado	Amargo	Nenhum	Outro

| Comentários: _____ | | | | | | |

No teste de reconhecimento de odores, foram utilizados alimentos e/ou ingredientes relacionados à *snacks* expandidos de milho sabor queijo, sendo: queijo parmesão, *snack* comercial de milho sabor queijo, manteiga, pipoca, óleo de girassol aquecido e pão de forma tostado. Os alimentos foram apresentados em xícara de porcelana branca coberta com duas camadas de papel alumínio: uma primeira com orifícios para aspiração do odor e uma segunda sem orifícios para evitar a perda de compostos voláteis. Duas sequências com os mesmos alimentos, mas aleatorizados, foram apresentadas para cada avaliador, que foram

instruídos a cheirar as amostras, agrupá-las aos pares e em seguida descrever o odor percebido em cada par (Figura 3). A análise foi realizada em cabines individuais, sob luz branca e as amostras foram apresentadas em bloco completo, de forma sequencial e balanceada (MACFIE et al., 1989).

Foram selecionados aqueles indivíduos que apresentaram pelo menos 80% de respostas corretas nos testes de reconhecimento de gostos básicos e odores, sendo que neste último, a descrição correta das amostras era desejável, mas menos importante (ABNT, 2016). Assim, dos quarenta e um voluntários recrutados, vinte e três foram pré-selecionados nos testes de reconhecimento de gostos básicos e odores, porém sete indivíduos desistiram de participar dos testes, permanecendo dezesseis avaliadores.

Figura 3. Ficha para o teste de reconhecimento de odores.

Nome: _____		Data: _____
Você está recebendo 2 sequências com 6 amostras cada. Por favor, aspire a 1ª sequência da esquerda para direita e depois a 2ª sequência. Relacione as amostras idênticas da 1ª com as da 2ª sequência. Em seguida, identifique os odores dos produtos em questão.		
1ª sequência	2ª sequência	Identifique o odor do produto
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

2.3.3. Definição da terminologia descritiva

Na etapa de definição da terminologia descritiva foi realizada uma discussão aberta com os dezesseis avaliadores selecionados, na qual foram apresentados aos avaliadores três diferentes *snacks* expandidos de milho sabor queijo (ensaios 3, 5 e 7 da Tabela 1) selecionados dentre as onze amostras de *snacks*. Essas três amostras foram selecionadas por possuírem diferenças sensoriais mais evidentes (Capítulo 3, item 2.6). Também foi apresentada uma lista prévia de descritores para auxiliar na definição da terminologia. A lista prévia foi elaborada baseada nas características que são importantes em produtos expandidos

de acordo com a literatura, e também com base em testes sensoriais não formais realizados pela doutoranda e pelo grupo de pesquisa ao qual pertence.

Cada avaliador recebeu uma folha contendo a lista prévia (Figura 4) dos descritores e em seguida foram instruídos a avaliar as três amostras e marcar quais os descritores que eles consideravam críticos para descrevê-las. Os avaliadores também poderiam sugerir descritores que não estavam presentes na lista prévia.

Figura 4. Lista prévia de descritores.

Por favor, marque os termos descritores que você julgar serem críticos para descrição deste produto.			
Amostra: _____			
Aparência	Aroma	Textura	Sabor
☐ Brilho	☐ Aroma de queijo	☐ Crocância	☐ Sabor de queijo
☐ Cor amarela	☐ Aroma de cereal	☐ Fraturabilidade	☐ Sabor de cereal
☐ Tamanho dos vacúolos	☐ Aroma de assado/tostado	☐ Adesividade	☐ Sabor de assado/tostado
		☐ Dureza	☐ Gosto umami
		☐ Oleosidade	☐ Gosto salgado
			☐ Gosto doce
Outros: _____			

Assim, de forma consensual, os descritores mais frequentemente citados, que além de descreverem as amostras de *snacks* expandidos de milho sabor queijo também eram importantes para discriminá-las foram: cor amarela, odor de óleo, odor de queijo, crocância, dureza, sabor de cereal, sabor de óleo, sabor de queijo, gosto salgado e gosto umami. Os descritores odor de óleo e sabor de óleo, não estavam presentes na lista prévia, porém foram sugeridos pelos avaliadores durante a discussão aberta e considerados críticos para descrever as amostras.

Posteriormente, uma nova reunião foi realizada para definição das referências de cada descritor (Tabela 2).

Tabela 2. Definições e referências para os descritores de *snacks* expandidos de milho sabor queijo.

Descritor	Definição	Referências
Aparência		
Cor amarela	Intensidade da cor amarela	Fraca: Mistura 1:1 (m/m) de fúba (Katry [®]) com farinha de trigo (Nita [®]) Forte: Milho em conserva (Predilecta [®])
Odor		
Odor de óleo	Intensidade do odor associado ao de óleo vegetal	Nenhum: Água filtrada Forte: Óleo de girassol (Cargil [®]) aquecido por 5 min em fogo médio
Odor de queijo	Intensidade do odor associado ao de queijo	Fraco: Solução 0,01% (m/m) de ácido butírico em óleo de girassol (Cargil [®]) Forte: Solução 0,13% (m/m) de ácido butírico em óleo de girassol (Cargil [®])
Textura		
Crocância	Barulho emitido pelo alimento na primeira mordida com os dentes molares	Pouco: Biscoito waffer recheado sabor chocolate (Marilan [®]) Muito: Pele suína frita (Pururuca, Rosmar [®])
Dureza	Força requerida para compressão de uma substância entre os dentes molares	Pouco: Pão tipo bisnaguinha (Panco [®]) Muito: Torrada levemente salgada (Torradinha, Bauducco [®])
Sabor		
Sabor de cereal	Intensidade do sabor associado a cereal	Nenhum: Água filtrada Forte: Extrusado de grits de milho sem adição de aroma/sabor, sal ou glutamato monossódico
Sabor de óleo	Intensidade do sabor associado a óleo vegetal	Nenhum: Água filtrada Forte: Óleo de girassol (Cargil [®]) aquecido por 5 min em fogo médio
Sabor de queijo	Intensidade do sabor associado a queijo	Fraco: Solução de ácido butírico 0,01% (m/m) em óleo de girassol (Cargil [®]) Forte: Solução de ácido butírico 0,26% (m/m) em óleo de girassol (Cargil [®])
Gosto		
Gosto salgado	Gosto salgado característico de solução de cloreto de sódio	Pouco: Solução de cloreto de sódio 0,125% (m/m) Muito: Solução de cloreto de sódio 1,0% (m/m)
Gosto umami	Gosto umami característico de solução de glutamato monossódico	Nenhum: Água filtrada Muito: Solução de glutamato monossódico (Ajinomoto [®]) 0,8% (m/m)

Depois de definidas as referências, os avaliadores foram familiarizados com as mesmas e com os produtos a serem avaliados, principalmente com os mesmos três utilizados no levantamento da terminologia descritiva. Cada avaliador recebeu uma folha com as definições e referências dos descritores, como mostrado na Tabela 1, e em seguida visualizaram,

cheiraram e provaram os materiais de referência de intensidade para tentar associar ao produto avaliado, os *snacks*.

Tomou-se o cuidado de padronizar a forma de avaliação dos estímulos pelos avaliadores. Para a cor amarela, três unidades de *snacks* no formato cilíndrico com 1,5 cm de comprimento foram colocadas em pires de porcelana branca e cobertas com filme plástico. Para avaliação do odor de óleo e odor de queijo dos *snacks*, cinco unidades de *snacks* no formato cilíndrico com 1,5 cm de comprimento foram colocadas em copos de vidro transparentes para cada amostra e cobertas com duas camadas de papel alumínio: uma primeira com orifícios para aspiração do odor e uma segunda sem orifícios para evitar a perda de compostos voláteis. Já para a avaliação dos descritores de textura e sabor, padronizou-se uma unidade de *snack* no formato cilíndrico com 1,5 cm de comprimento para cada descritor a ser avaliado, sendo cada amostra apresentada em copos descartáveis de 50 mL codificados com três dígitos de forma sequencial e balanceada (MACFIE et al., 1989). Para todos os descritores, as referências de mínimo e máximo foram apresentadas juntamente com as amostras. Entre a avaliação de um descritor e outro, os avaliadores foram instruídos a beber água e comer um pedaço de biscoito salgado de água light (Piraquê®) para enxaguar a boca e eliminar o sabor residual.

2.3.4. Avaliação final dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo

Para avaliação dos *snacks*, fichas de avaliação por descritor foram elaboradas usando o programa FIZZ 2.5 (Couternon, France). Na tela apresentada aos avaliadores durante as sessões do teste, ao lado do código de cada amostra aparecia uma escala de intensidade não estruturada correspondente a uma escala de 9 cm, ancorada nos extremos esquerdo e direito com os termos “fraco/nenhum/pouco” e “forte/muito”, respectivamente. Ainda, ao lado de cada descritor estava disponível para o avaliador um ícone de “informação adicional”, que mostrava a definição do descritor e as referências dos extremos de mínimo e de máximo para cada descritor (Figura 5).

Figura 5. Exemplo da tela apresentada aos avaliadores para avaliação dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo usando o programa FIZZ 2.5.

Por favor, avalie as amostras quanto à (ao):

	Fraco		Forte
078	Fraco		Forte
179	Fraco		Forte
850	Fraco		Forte
521	Fraco		Forte

Cor amarela (n)

Cor amarela

Fraco: mistura 1:1 de fúba (Katry) com farinha de trigo (Nita)

Forte: milho em conserva (Predilecta)

Próxima página

Como o número de amostras a ser avaliado era grande (onze amostras de *snacks*), a avaliação dos *snacks* foi realizada em três diferentes sessões, sendo apresentadas nas duas primeiras sessões quatro amostras de *snack* e na terceira sessão, as três amostras restantes. Em cada sessão, os avaliadores receberam as amostras simultaneamente, devidamente codificadas com números de três dígitos e apresentadas em ordem balanceada, sendo a avaliação das onze amostras realizada em duas repetições por cada avaliador.

Além das amostras de *snack*, os avaliadores receberam nas cabines as referências dos extremos de intensidade de cada atributo para consulta durante a avaliação.

2.3.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão múltipla, sendo considerados significativos os coeficientes cujo valor de p esteve abaixo de 0,05. A regressão foi avaliada por meio de análise de variância, considerando-se regressão significativa quando $p \leq 0,50$ e sem falta de ajuste quando $p > 0,05$.

Também foi realizada a análise de variância (ANOVA) fator duplo com interação (amostra e avaliador) seguida do teste de Tukey.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., Oklahoma, EUA).

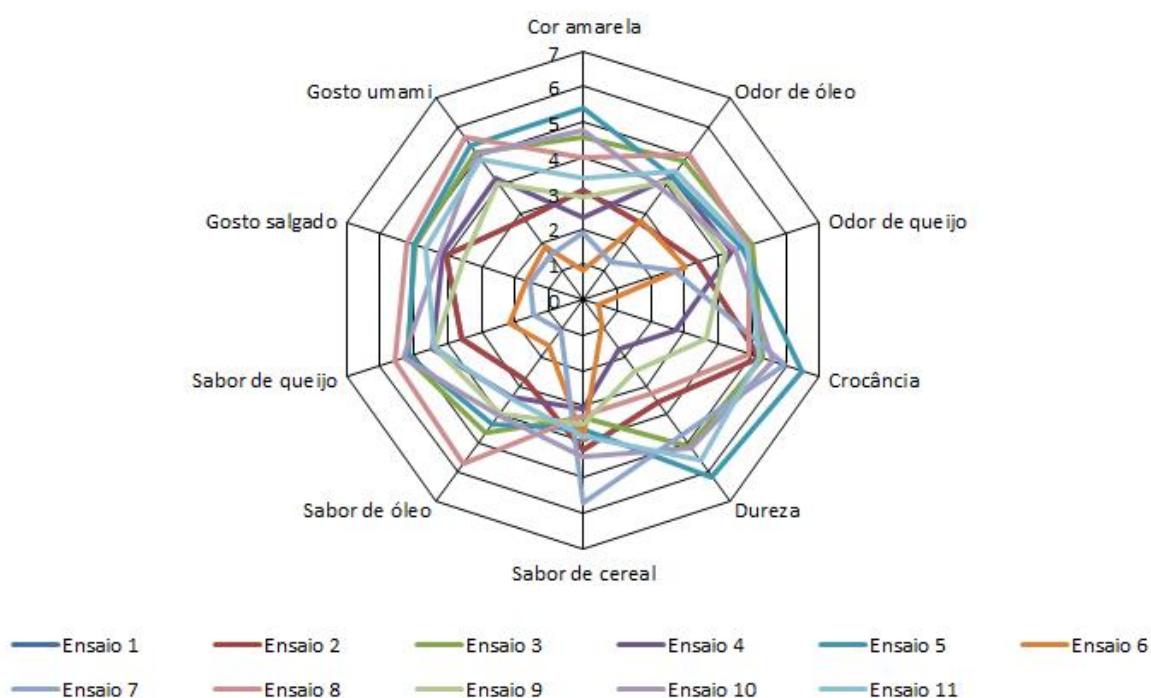
3. Resultados e discussão

A equipe sensorial foi composta por 16 avaliadores não fumantes, sete do sexo masculino e nove do sexo feminino, com faixa etária de 22 a 33 anos. Dos 16 avaliadores,

69% disseram gostar muito de *snacks* expandidos de milho sabor queijo e 31% disseram gostar pouco. Todos os avaliadores consomem este tipo de produto, sendo que 6% disseram consumir pelo menos três vezes por semana, 25% pelo menos uma vez por semana e 69% consomem uma vez a cada 15 dias ou uma vez por mês.

A Figura 6 mostra o perfil sensorial dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo. Os *snacks* do ensaio 5 (91,8 °C; 12% óleo de girassol) foram destacados pela maior intensidade da cor amarela, crocância e dureza, enquanto os *snacks* do ensaio 8 (120 °C; 24% óleo de girassol) se destacaram pelo odor e sabor de óleo, sabor de queijo, gosto salgado e gosto umami. Ainda, os *snacks* do ensaio 7 (120 °C; sem óleo de girassol) apresentaram maior intensidade de sabor de cereal e os do ensaio 3 (100 °C; 20,5% óleo de girassol) maior intensidade de odor de queijo.

Figura 6. Representação gráfica dos resultados do perfil descritivo otimizado dos *snacks* expadidos de milho sabor queijo.



A Tabela 3 mostra as medidas das intensidades dos descritores dos *snacks*. Para todos os descritores, foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras. De forma geral, os *snacks* extrusados a baixa temperatura (ensaio 5, por exemplo) apresentaram maior intensidade de cor amarela, crocância e dureza, enquanto os *snacks* extrusados a temperaturas elevadas (ensaio 6, por exemplo) apresentaram menor intensidade

desses mesmos descritores. *Snacks* com maiores porcentagens de óleo de girassol (principalmente os ensaios 3 e 4) apresentaram algumas das maiores intensidades de odor e sabor de óleo, odor e sabor de queijo, gosto salgado e gosto umami. Já os *snacks* do ensaio 7 (sem adição de óleo de girassol) apresentaram uma das menores intensidades de sabor de odor e sabor de queijo, gosto salgado e gosto umami, no entanto apresentaram maior intensidade de sabor de cereal.

Tabela 3. Média $\pm$ desvio-padrão (n = 32) das intensidades dos descritores dos *snacks* expandidos de milho sabor queijo.

Ensaio	T (°C)	OG (%)	Cor amarela	Odor de óleo	Odor de queijo	Crocância	Dureza	Sabor de cereal	Sabor de óleo	Sabor de queijo	Gosto salgado	Gosto umami
1	100	3,5	3,1 $\pm$ 1,5 ^{de}	2,7 $\pm$ 2,0 ^b	3,4 $\pm$ 2,1 ^{bcde}	5,2 $\pm$ 2,0 ^{bc}	3,6 $\pm$ 1,2 ^c	4,2 $\pm$ 2,0 ^b	2,8 $\pm$ 1,7 ^d	3,6 $\pm$ 2,0 ^b	4,0 $\pm$ 2,3 ^{ab}	2,8 $\pm$ 2,2 ^{cd}
2	140	3,5	2,4 $\pm$ 1,6 ^{ef}	2,8 $\pm$ 1,8 ^b	3,3 $\pm$ 2,1 ^{cde}	4,4 $\pm$ 2,1 ^{cd}	2,8 $\pm$ 1,4 ^{cd}	4,0 $\pm$ 1,9 ^b	3,2 $\pm$ 2,1 ^{cd}	3,7 $\pm$ 2,1 ^b	3,6 $\pm$ 2,6 ^b	4,2 $\pm$ 2,4 ^{bc}
3	100	20,5	4,6 $\pm$ 1,9 ^{ab}	4,8 $\pm$ 1,8 ^a	5,0 $\pm$ 2,0 ^a	5,3 $\pm$ 1,8 ^{abc}	5,1 $\pm$ 1,5 ^b	3,3 $\pm$ 2,1 ^b	4,6 $\pm$ 2,2 ^{ab}	5,2 $\pm$ 2,2 ^a	4,9 $\pm$ 2,2 ^{ab}	5,1 $\pm$ 2,4 ^{ab}
4	140	20,5	2,3 $\pm$ 1,5 ^{ef}	4,3 $\pm$ 2,1 ^a	4,4 $\pm$ 2,2 ^{abcd}	2,7 $\pm$ 2,2 ^e	1,7 $\pm$ 0,8 ^{ef}	3,1 $\pm$ 2,0 ^b	3,4 $\pm$ 2,1 ^{cd}	4,5 $\pm$ 2,0 ^{ab}	4,2 $\pm$ 2,3 ^{ab}	4,2 $\pm$ 2,3 ^{bc}
5	91,8	12	5,4 $\pm$ 1,6 ^a	4,3 $\pm$ 2,1 ^a	4,7 $\pm$ 2,3 ^{abc}	6,5 $\pm$ 1,7 ^a	6,2 $\pm$ 1,1 ^a	3,7 $\pm$ 2,0 ^b	4,3 $\pm$ 2,3 ^{bc}	5,2 $\pm$ 2,1 ^a	5,0 $\pm$ 2,1 ^{ab}	5,4 $\pm$ 2,1 ^{ab}
6	148,2	12	0,8 $\pm$ 0,8 ^g	2,8 $\pm$ 2,5 ^b	3,0 $\pm$ 2,4 ^{de}	0,4 $\pm$ 0,4 ^f	0,9 $\pm$ 1,0 ^f	3,9 $\pm$ 2,7 ^b	1,6 $\pm$ 1,5 ^e	2,2 $\pm$ 1,9 ^c	1,7 $\pm$ 1,7 ^c	1,8 $\pm$ 2,0 ^d
7	120	0	1,9 $\pm$ 1,4 ^f	1,3 $\pm$ 1,3 ^c	2,7 $\pm$ 2,1 ^e	6,0 $\pm$ 1,9 ^{ab}	4,7 $\pm$ 0,9 ^b	5,7 $\pm$ 2,2 ^a	1,0 $\pm$ 1,4 ^e	1,4 $\pm$ 1,3 ^c	1,6 $\pm$ 1,8 ^c	1,6 $\pm$ 1,7 ^d
8	120	24	4,0 $\pm$ 1,9 ^{bc}	5,1 $\pm$ 1,9 ^a	4,9 $\pm$ 2,2 ^{ab}	4,9 $\pm$ 1,9 ^{bc}	3,3 $\pm$ 1,4 ^{cd}	3,3 $\pm$ 2,0 ^b	5,7 $\pm$ 1,5 ^a	5,6 $\pm$ 1,9 ^a	5,2 $\pm$ 2,1 ^a	5,7 $\pm$ 2,1 ^a
9	120	12	2,9 $\pm$ 1,6 ^{de}	4,1 $\pm$ 2,0 ^a	4,2 $\pm$ 1,9 ^{abcd}	3,6 $\pm$ 1,9 ^{de}	2,5 $\pm$ 1,1 ^{de}	3,5 $\pm$ 1,9 ^b	4,0 $\pm$ 2,1 ^{bc}	4,4 $\pm$ 2,1 ^{ab}	3,5 $\pm$ 2,2 ^b	4,1 $\pm$ 2,3 ^{bc}
10	120	12	4,8 $\pm$ 1,5 ^{ab}	3,8 $\pm$ 2,3 ^{ab}	4,5 $\pm$ 2,2 ^{abcd}	5,6 $\pm$ 1,9 ^{abc}	5,2 $\pm$ 1,8 ^b	4,4 $\pm$ 2,2 ^{ab}	4,0 $\pm$ 2,2 ^{bc}	5,3 $\pm$ 2,1 ^a	4,2 $\pm$ 2,4 ^{ab}	5,1 $\pm$ 2,0 ^{ab}
11	120	12	3,4 $\pm$ 1,9 ^{cd}	4,4 $\pm$ 2,4 ^a	4,8 $\pm$ 2,4 ^{ab}	5,2 $\pm$ 2,0 ^{abc}	5,6 $\pm$ 1,6 ^{ab}	3,9 $\pm$ 1,9 ^b	3,4 $\pm$ 2,1 ^{cd}	4,4 $\pm$ 2,0 ^{ab}	4,7 $\pm$ 2,3 ^{ab}	4,9 $\pm$ 2,1 ^{ab}

T: temperaturas das zonas 4 e 5 do canhão; OG: porcentagem de óleo de girassol.

Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As médias dos descritores foram submetidas à análise de regressão múltipla para ajuste do modelo linear e quadrático e a regressão para ambos os modelos foi submetida à análise de variância. Os melhores ajustes foram encontrados para os modelos lineares como mostrado na Tabela 4. Apesar de todos os modelos serem significativos e sem falta de ajuste, os coeficientes da qualidade de ajuste do modelo (R^2) não foram muito altos. Mesmo assim, as superfícies de resposta foram plotadas.

Tabela 4. Regressão múltipla para os descritores avaliados no PDO.

Atributos	Modelo	R^2 ajustado	p - valor	Falta de ajuste
Cor amarela	$Y_{CA} = 3,292 - 1,09 X_1$	53,15%	0,020	0,627
Odor de óleo	$Y_{OO} = 3,662 + 1,123 X_2$	79,96%	0,001	0,246
Odor de queijo	$Y_{OQ} = 4,098 - 0,375 X_1 + 0,720 X_2$	71,74%	0,003	0,343
Crocância	$Y_C = 4,612 - 1,393 X_1$	47,38%	0,031	0,441
Dureza	$Y_D = 3,841 - 1,358 X_1$	43,43%	0,042	0,829
Sabor de cereal	$Y_{SC} = 3,933 - 0,692 X_2$	63,61%	0,007	0,599
Sabor de óleo	$Y_{SO} = 3,433 - 0,636 X_1 + 1,129 X_2$	68,58%	0,004	0,131
Sabor de queijo	$Y_{SQ} = 4,117 - 0,619 X_1 + 1,047 X_2$	59,03%	0,012	0,253
Gosto salgado	$Y_{GS} = 3,917 - 0,687 X_1 + 0,777 X_2$	44,35%	0,039	0,250
Gosto Umami	$Y_{GU} = 3,940 - 0,740 X_1 + 1,190 X_2$	67,12%	0,005	0,275

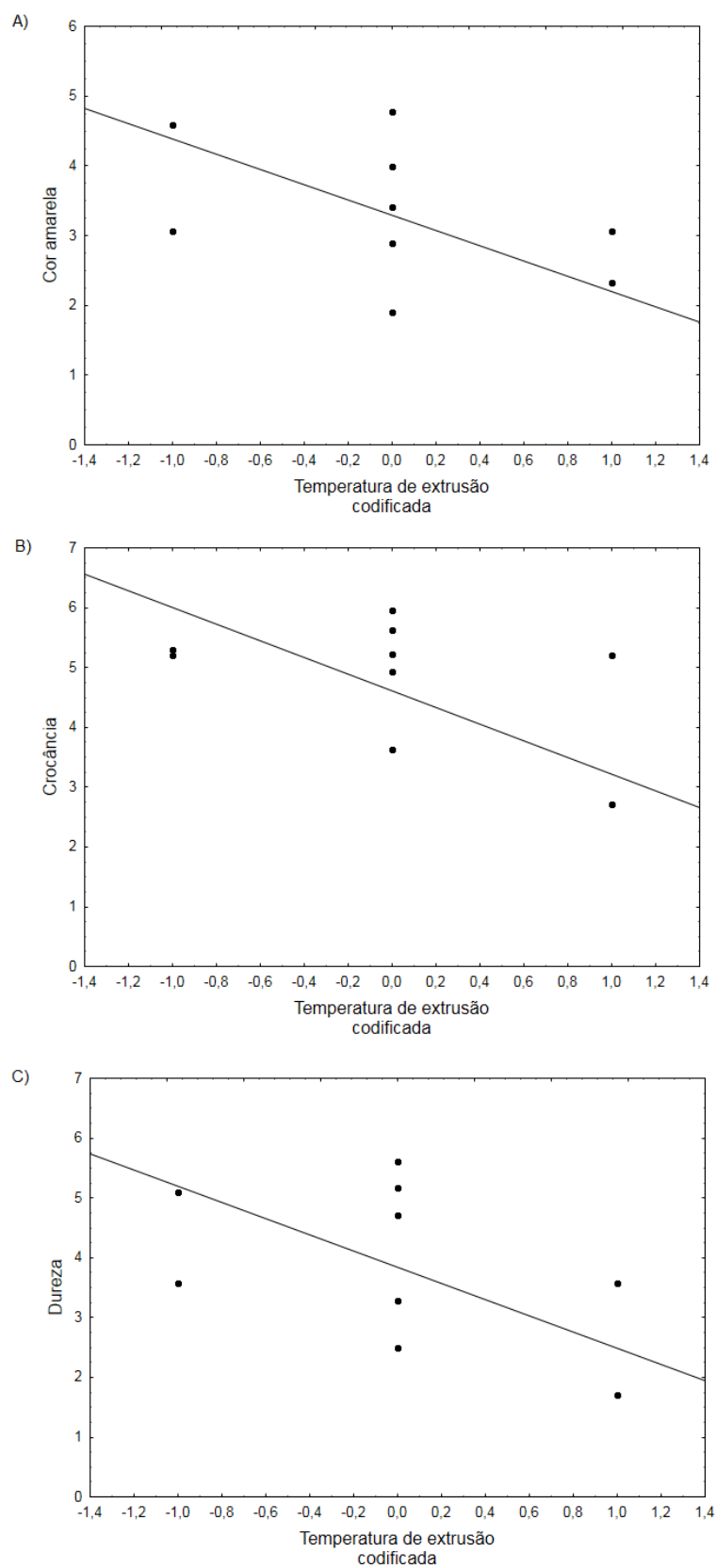
X_1 : temperatura de extrusão; X_2 : porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks*.

Os descritores cor amarela, crocância e dureza foram afetados apenas pela temperatura de extrusão (Tabela 4). O odor de óleo e o sabor de cereal apenas pela porcentagem de óleo de girassol aspergida sobre os *snacks*. Enquanto os descritores odor de queijo, sabor de óleo, sabor de queijo, gosto salgado e gosto umami sofreram influência de ambas as variáveis independentes.

A Figura 7 mostra o efeito da temperatura de extrusão sobre os descritores cor amarela, crocância e dureza, sendo que a intensidade de tais descritores diminuiu com o aumento da temperatura. O efeito negativo da temperatura na intensidade da cor amarela dos *snacks* (Figura 7A) pode ser atribuído ao aumento na degradação dos pigmentos responsáveis pela cor amarela do grits em temperaturas de extrusão mais elevadas (CAMPANELLA et al., 2002; FELLOWS, 2006). A crocância e a dureza dos *snacks* também diminuíram com o aumento da temperatura de extrusão (Figuras 7B e 7C), isso porque quanto maior a

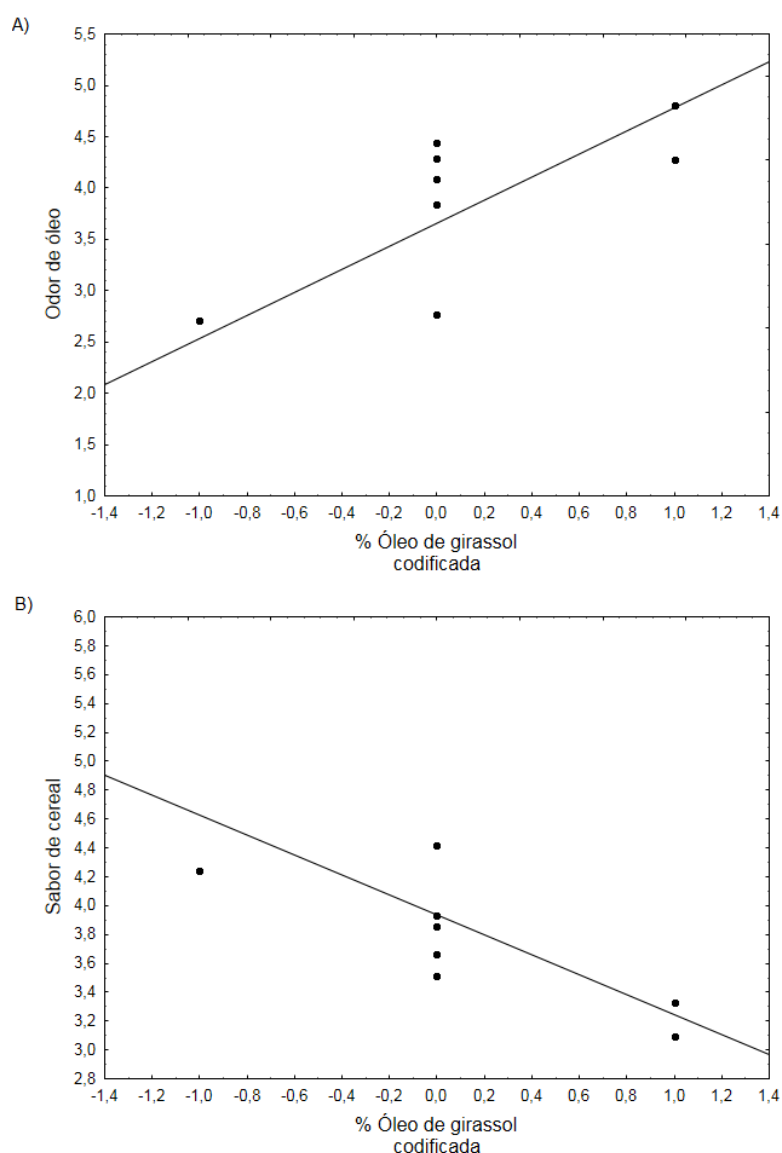
temperatura, mais aquecida fica a água presente no material, que se evapora rapidamente quando o material passa pela trafilha, originando um extrusado de estrutura frágil e porosa. Já em temperaturas mais baixas de extrusão, a perda de água do material tende a ser menor e o extrusado obtido apresenta estrutura mais rígida e pouco porosa, ou seja, de maior dureza e crocância (CAMPANELLA et al., 2002; FELLOWS, 2006).

Figura 7. Efeito da temperatura de extrusão sobre a cor amarela (A), crocância (B) e dureza (C) dos *snacks*.



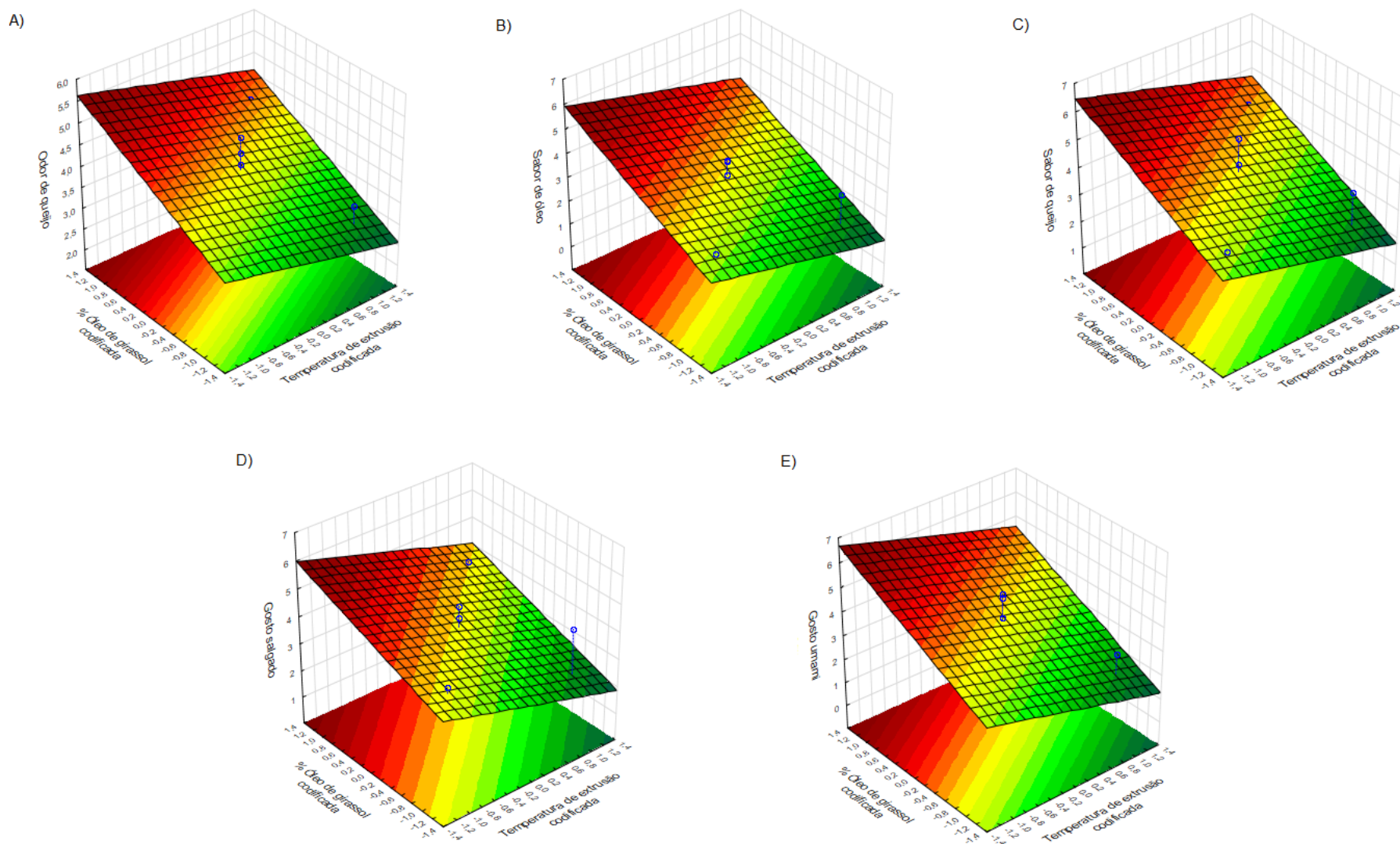
Na Figura 8, pode ser visualizado o efeito da porcentagem de óleo de girassol aspergida nos *snacks* sobre os descritores odor de óleo e sabor de cereal. O aumento na porcentagem de óleo de girassol levou ao aumento na intensidade do odor de óleo nos *snacks* (Figura 8A), mas também levou a diminuição do sabor de cereal (Figura 8B). Isso sugere que óleo adicionado em porcentagens maiores acaba “mascarando” o sabor de cereal do *snack*.

Figura 8. Efeito da porcentagem de óleo de girassol sobre o odor de óleo (A) e o sabor de cereal (B) dos *snacks*.



O efeito da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol sobre os descritores odor de queijo, sabor de óleo, sabor de queijo, gosto salgado e gosto umami pode ser observado na Figura 9.

Figura 9. Efeito da temperatura de extrusão e da porcentagem de óleo de girassol sobre os descritores odor de queijo (A), sabor de óleo (B), sabor de queijo (C), gosto salgado (D) e gosto umami (E) dos *snacks*.



A diminuição da temperatura de extrusão ou o aumento da porcentagem de óleo de girassol resultou em aumento do odor e sabor de queijo, sabor de óleo e dos gostos salgado e umami.

O efeito positivo do óleo de girassol no sabor de queijo (Figura 9B) pode estar relacionado com a interação ácido butírico-lipídeo. Por ser um composto lipossolúvel, o ácido butírico interage com o óleo de girassol no *snack*, diminuindo sua taxa de liberação durante a mastigação. Assim, quanto mais óleo o *snack* contém, mais lenta é a liberação do ácido butírico, levando à percepção de uma maior intensidade de sabor de queijo. Essa liberação mais lenta se deve a maior resistência à transferência de massa do ácido butírico na fase oleosa do que na fase aquosa (saliva) ou gasosa (*headspace* da boca) (ROOS, 1997; MADENE *et al.*, 2006). Já quando não há óleo adicionado ao *snack*, o ácido butírico é liberado rapidamente com o rompimento da estrutura do produto durante a mastigação, resultando na percepção de menor intensidade de sabor de queijo.

Essa mesma interação ácido butírico-lipídeo pode também ser a causa para o aumento da intensidade do odor de queijo com o aumento da porcentagem de óleo de girassol (Figura 9A). Como o ácido butírico interage com o óleo que está aderido à superfície do *snack*, sua proximidade com a superfície pode favorecer sua percepção via odor.

O descritor odor de óleo aumentou com o aumento do teor de óleo de girassol aspergido (Figura 9C), devido à quantidade de óleo adicionada. E no caso dos gostos salgado e umami (Figuras 9D e E, respectivamente), o glutamato monossódico e o sal foram adicionados aos *snacks* após a etapa de aspersão do óleo. Assim, quanto mais óleo sobre a superfície dos *snacks*, maior a tendência desses ingredientes se aderirem aos mesmos, podendo resultar em maior percepção da intensidade desses gostos.

Já o efeito negativo da temperatura de extrusão nos descritores apresentados na Figura 9, pode estar relacionado à sua interferência na estrutura do *snack* (razão de expansão, porosidade e tamanho dos vacúolos) e ainda à forma como o óleo é absorvido pelo extrusado.

4. Conclusão

Há efeito da temperatura de extrusão e do teor de óleo de girassol aspergido sobre os *snacks*, de forma independente, sem interação. O aumento da temperatura reduziu a cor amarela, o odor de queijo, a crocância, a dureza, o sabor de óleo e de queijo e os gostos salgado e umami dos *snacks*. O aumento no teor de óleo de girassol aumentou o odor de óleo e de queijo, o sabor de óleo e de queijo e os gostos salgado e umami, mas reduziu o sabor de

cereal dos *snacks*. Conclui-se que a temperatura é um fator importante, principalmente para as características de aparência e textura dos *snacks*, enquanto que o teor de óleo de girassol adicionado tem importância nas características de odor e sabor.

5. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT NBR ISO 8586): Análise sensorial - Guia geral para a seleção, treinamento e monitoramento de avaliadores selecionados e de especialistas ou experts. 2016. 33 p.

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; YOUNG, G. Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. **International Journal of Food Science Technology**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 453-461, 2001.

CAMPANELLA, O. H.; LI, P. X.; ROSS, K. A.; OKOS, M. R. The role of rheology in extrusion. The role of rheology in extrusion. In: **Engineering and Food for the 21st Century**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 393-413.

DRAMANE, G.; AKPONA, S.; BESNARD, P.; KHAN, N. A. Cell mechanisms of gustatory lipids perception and modulation of the dietary fat preference. **Biochimie**, Paris, v. 107, Part A, p. 11-14, 2014.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed., Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MADENE, A.; JACQUOT, M.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Flavour encapsulation and controlled release – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, p. 1-21, 2006.

MOUBARAC, J. C.; MARTINS, A. P. B.; CLARO, R. M.; LEVY, R. B.; CANNON, G.; MONTEIRO, C. A. Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health. Evidence from Canada. **Public Health Nutrition**, Cambridge, v. 16, n. 12, 2012.

ROOS, K. B. How Lipids Influence Food Flavor. In: **Overview Outstanding Symposia in Food Science & Technology**, v. 51, n. 1, p. 60-61, 1997.

SILVA, R. C. S. N.; MINIM, V. P. R., SIMIQUELI, A. A.; MORAES, L. E. S.; GOMIDE, A. I.; MINIM, L. A. Optimized Descriptive Profile: A rapid methodology for sensory description. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 24. n. 1, p. 190-200, 2012.

TAYLOR, A. J.; LINFORTH, R. S. T. **Food Flavor Technology** (2 ed.). Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010. 360p.

VILELA, E. R.; EL-DASH, A. A. Extrusão de farinha de guandu (*Cajanus cajan*, Mill sp). 1. Efeitos das variáveis do processo nas características químicas, físicas e físico-químicas dos produtos extrusados. **Revista da SBCTA**, v. 7, n. 2, p. 97-116, 1987.

VOILLEY, A.; ETIÉVANT, P. **Flavour in food**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2006. 451p.

CAPÍTULO 5

**EFEITO DO TEOR DE ÓLEO DE GIRASSOL NA LIBERAÇÃO
IN VITRO DO ÁCIDO BUTÍRICO VIA AROMA E DO ODOR
DE *SNACKS* EXPANDIDOS DE MILHO SABOR QUEIJO**

Efeito do teor de óleo de girassol na liberação *in vitro* de ácido butírico via aroma e odor de *snacks* expandidos de milho sabor queijo

1. Introdução

O sabor de um alimento é o resultado das sensações de gosto, aroma e sensações orais, sendo o gosto e as sensações orais associados aos compostos não voláteis, enquanto o aroma está associado aos compostos voláteis. Durante a mastigação, os compostos voláteis presentes nos alimentos são gradualmente liberados, atingindo os receptores nasais e induzindo a percepção sensorial via retro-nasal, chamada de aroma. Para a percepção do odor de um alimento, os compostos voláteis também são detectados por receptores localizados no epitélio olfativo na cavidade nasal, e transmitidos ao cérebro via ortonasal (FRANCO, 2004; PIONNIER et al., 2004; GAONKAR; MC PHERSON, 2006).

A importância dos lipídeos no sabor dos alimentos tem sido investigada, uma vez que tem sido cogitado como o 6º gosto básico (DRAMANE et al., 2014), no entanto, o estudo do conteúdo lipídico na percepção do odor ainda é limitado, visto que nenhum trabalho foi encontrado na literatura. Na produção convencional de *snacks* expandidos, a presença dos lipídeos tem um papel fundamental, uma vez que eles são usados como veículo aromatizante. Isto porque após a extrusão, uma mistura de óleo ou gordura vegetal hidrogenada e aroma comercial é aspergida sobre os *snacks*, conferindo ao produto o odor e sabor desejados (MASKAN; ALTAN, 2012), mas também aumentando seu teor lipídico. Por isso, a aromatização de *snacks* sem a adição de um veículo lipídico sobre o produto, como é o caso da utilização de precursores de aroma, mostra-se bastante interessante.

No entanto, devido o efeito do teor lipídico na liberação dos compostos voláteis dos alimentos, a tarefa de eliminar o uso de lipídeos na produção de *snacks* ainda é um desafio. A liberação dos compostos voláteis de um alimento é afetada, entre outros fatores, pelo conteúdo lipídico do mesmo, pois os lipídeos agem como transportadores e moduladores desses compostos nos alimentos. Assim, mesmo em produtos com reduzido teor lipídico, a liberação dos compostos voláteis também pode ser alterada, afetando negativamente a percepção do aroma e do odor do alimento (TAYLOR; LINFORTH, 2010; VOILLEY; ETIÉVANT, 2006).

Desta forma, o objetivo deste capítulo foi estudar a liberação *in vitro* do ácido butírico via aroma e odor em *snacks* expandidos de milho sabor queijo produzidos por meio da adição pré-extrusão de precursores de aroma e aspergidos com diferentes teores de óleo de girassol.

2. Material e métodos

2.1. Material

Grits de milho (granulometria de 0,84 mm), sal (Cisne), realçador de sabor glutamato monossódico (Ajinomoto) e óleo de girassol (Liza) foram comprados no mercado local de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. O aminoácido cisteína (L – cisteína HCL anidra – Pharma Nostra, Brazil, pureza > 98,5%) foi comprado em farmácia de manipulação e o ácido butírico grau alimentício (código W222119, pureza > 99%), adquirido da Sigma-Aldrich (Milwaukee, USA).

2.2. Produção dos *snacks*

Grits de milho com 15% de umidade (base seca) foi adicionado de 0,4% (m/m) de ácido butírico e 0,2% (m/m) de cisteína e extrusado em uma extrusora de rosca única com capacidade de produção semi-industrial (modelo RXPQ Labor 24, Indústria de Máquinas INBRAMAQ, Ltda., Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) contendo cinco zonas de aquecimento independentes.

As condições de extrusão foram as seguintes:

- três camisas helicoidais;
- rosca de passo largo, de uma saída, com taxa de compressão de 2,3:1 e relação comprimento/diâmetro (L/D) de 15,5:1;
- sub-trafila de orifícios de 3,01 mm;
- trafilas de orifício único de 2,93 mm;
- velocidade de alimentação: 265 g/min;
- velocidade de rotação da rosca: 192 rpm;
- temperaturas nas zonas 1 a 5: desligada (25 °C), 70 °C, 90 °C, 120 °C e 120 °C, respectivamente.

Após a extrusão, 1,4% (m/m) de sal e 0,6% (m/m) de realçador de sabor glutamato monossódico foram adicionados aos *snacks* e diferentes porcentagens de óleo de girassol foram aspergidas (0, 6, 12, 18, ou 24%, m/m). O mínimo e máximo de porcentagem de óleo foi baseado nos delineamentos experimentais do Capítulo 3. No total, foram produzidos cinco diferentes *snacks* (Tabela 1).

Tabela 1. Delineamento experimental.

Amostras	Adição pré-extrusão		Adição pós-extrusão		
	Cisteína	Ácido butírico	Sal	GMS	Óleo de girassol
1	0,2%	0,4%	1,4%	0,6%	0
2	0,2%	0,4%	1,4%	0,6%	6%
3	0,2%	0,4%	1,4%	0,6%	12%
4	0,2%	0,4%	1,4%	0,6%	18%
5	0,2%	0,4%	1,4%	0,6%	24%

GMS: glutamato monossódico.

2.3. Teor lipídico nos *snacks*

O teor de lipídeos dos *snacks* foi determinado por extração com éter de petróleo em extrator de Soxhlet modificado (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). A análise foi realizada em triplicata para cada amostra.

2.4. Análise dos compostos voláteis por *Headspace – Solid Phase Microextraction – Gas Chromatography – Mass Spectrometry (HS-SPME-GC-MS)*

Foi realizada a análise dos compostos voláteis dos *snacks* por HS-SPME-GC-MS para auxiliar no reconhecimento dos compostos que deram origem aos íons moleculares detectados através do *Proton Transfer Reaction Time-of-Flight Mass Spectrometer* (PTR-ToF-MS), no item 2.5. Esta análise foi realizada no *Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation* (CSGA), pertencente ao *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA), em Dijon, França.

Para cada amostra, três *snacks* de aproximadamente 1 g foram triturados. Deste 1 g de amostra, 0,5 g foram adicionados a um *vial* de 20 mL contendo uma barra de agitação e 3 vials foram preparados para cada amostra. Cada *vial* foi colocado em uma incubadora de um amostrador automático (Gerstel MPS2, Gerstel Inc., Mülheim der Ruhr, Germany) e mantido a 40 °C por 60 min, e sob agitação a 500 rpm.

Depois deste período, os compostos voláteis liberados na fase vapor foram adsorvidos por uma fibra de micro extração em fase sólida (SPME) (Carboxen/Polidimetilsiloxano/Divinilbenzeno, 2 cm, 50/30 µm, Supelco, Bellefonte, PA, USA). A fibra foi exposta no *headspace* da amostra por 5 min (21 mm de penetração da fibra

no *vial*) e então removida do *vial* e desorvida no injetor do cromatógrafo à gas a 240 °C em modo *splitless* por 5 min (45 mm de penetração de injeção) e a fibra ficou 10 min em modo *split* para a regeneração da fibra.

Os compostos voláteis foram analisados em um cromatógrafo a gás (7890A, Agilent Technologies, USA) acoplado a um espectrômetro de massas (5975C, Agilent Technologies, USA). As condições usadas para a separação dos compostos voláteis foram:

- coluna capilar de sílica fundida DB-FFAP (30 m x 0,32 mm x 0,5 µm, Agilent Technologies, USA);
- hélio como gás de arraste a uma velocidade de 44 cm/s;
- programação da coluna: temperatura inicial de 40 °C, elevação da temperatura de 4 °C por min até 240 °C e permanência nesta temperatura por 10 min (tempo total da corrida de 60 min).

Para o espectrômetro de massas as condições usadas foram:

- temperaturas da linha de transferência e quadrupolo: 250 °C e 150 °C, respectivamente;
- ionização por impacto de elétrons a 70 eV com intervalo de massas entre 29 e 350 m/z;
- temperatura da fonte de ionização de 230 °C.

Os programas Agilent MSD ChemStation (E.02.02.1431) e Gerstel Maestro foram usados. A identificação dos picos foi realizada por comparação dos índices de retenção linear usando o NIST Chemistry WebBook e as bibliotecas espectrais de massas NIST MS *Search* versão 2.0 e Wiley database.

Uma solução de padrão de alcanos (C₁₀-C₃₀) foi também injetado no cromatógrafo à gas acoplado a um espectrômetro de massas nas mesmas condições previamente descritas, para o cálculo do índice de retenção linear (LRI) segundo a equação:

$$LRI = 100n + 100 \frac{tr(i) - tr(n)}{tr(n+1) - tr(n)}$$

Em que:

tr = tempo de retenção

n = número de carbonos do padrão adjacente menos retido

n+1 = número de carbonos do padrão adjacente mais retido

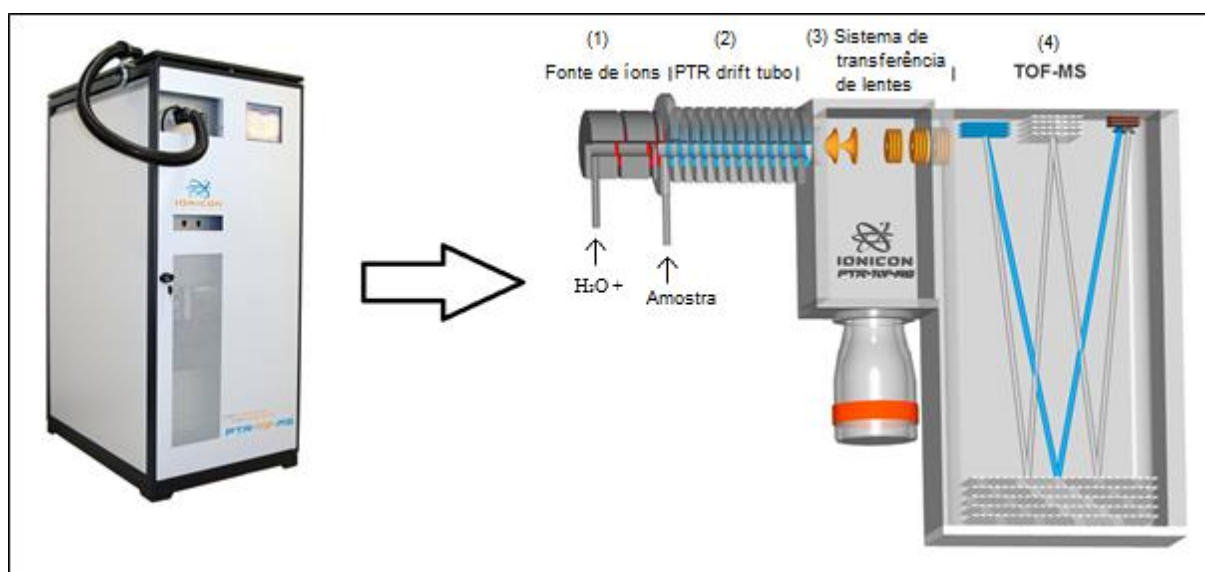
i = analito de interesse

2.5. Estudo *in vitro* da liberação do aroma e odor dos *snacks*

O termo aroma foi utilizado neste estudo para se referir à liberação dos compostos voláteis dos *snacks* quando submetidos a um simulador de mastigação (item 2.5.1), sendo aroma definido pela ABNT (2017) como “atributo sensorial perceptível pelo órgão olfativo via retronasal durante a mastigação”. Já o termo odor foi usado para se referir aos compostos voláteis liberados dos *snacks* pela técnica de *headspace* (item 2.5.2), visto que a ABNT (2017) define odor como “sensação percebida por meio do órgão olfativo ao cheirar certas substâncias voláteis”.

Para o estudo *in vitro* da liberação do aroma e odor dos *snacks* foi utilizado um *Proton Transfer Reaction Time-of-Flight Mass Spectrometer* (PTR-ToF-MS) (IONICON, Innsbruck, Austria). As análises descritas neste item foram realizadas no *Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation* (CSGA), pertencente ao *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA), em Dijon, França. O PTR-ToF-MS é composto por quatro partes (Figura 1): (1) fonte de íons, onde os íons H_3O^+ são produzidos; (2) PTR *drift* tubo, onde os compostos voláteis da amostra são ionizados em reações de transferência de prótons com H_3O^+ (esta reação ocorre quando a afinidade por prótons do composto é maior que a da água); (3) sistema de transferência de lente, para focar, transmitir e controlar a passagem de íons para o ToF-MS; (4) ToF-MS, uma seção de detecção de íons em que há um filtro de massas de tempo de voo e um multiplicador de elétrons (JORDAN et al., 2009; ROBERTS et al., 2004).

Figura 1. PTR-ToF-MS e seu sistema operacional interno.



O PTR-ToF-MS pode ser considerado uma técnica de ionização suave, portanto, o íon molecular protonado de um composto volátil pode não ser o mais abundante. Assim, a escolha do E/N operacional (força do campo elétrico no *drift* tubo/densidade do gás tampão no *drift* tubo) é o que determina o grau de fragmentação, agrupamento e formação dos íons moleculares protonados. Assim, os valores comumente utilizados são E/N no intervalo de 100-140 Townsends ($1 \text{ Td} = 10^{-17} \text{ V.cm}^2$) (ROBERTS et al., 2004; MUÑOZ-GONZÁLEZ et al., 2015).

As condições de utilização do PTR-ToF-MS foram:

- *drift* tubo: temperatura mantida a 80 °C, voltagem de operação de 480 V e pressão de 230 Pa, resultando em uma relação E/N de 112 Td;
- calibração das massas: foram monitoradas as razões de massa/carga para H_3O^+ (m/z 21, 022086), NO^+ (m/z 29,997440) e acetona (m/z 59,049141);
- fluxo medido na linha de transferência de entrada: 100 mL/min;
- intervalo de massas: de 0 a 250,43 m/z;
- fluxo de entrada para o PTR-ToF-MS: 135 mL/min.

Gráficos de intensidade de sinal *versus* tempo de liberação foram gerados para cada composto detectado pelo PTR-ToF-MS, bem como intensidade de sinal detectada a cada 108 milissegundos.

2.5.1. Liberação de aroma *in vitro*

Para investigar a liberação *in vitro* do aroma dos *snacks* foi utilizado um simulador de mastigação acoplado ao PTR-ToF-MS. O simulador de mastigação conhecido como “*Bouche Artificielle*” ou boca artificial (Figura 2) foi desenvolvido pelos pesquisadores do CSGA/INRA e da Platform 3D da *Université de Bourgogne* em Le Creusot, França, com o objetivo de reproduzir os principais fenômenos que ocorrem na boca durante a mastigação de um alimento.

Figura 2. Simulador de mastigação (*Bouche Artificielle*).



O sistema é composto por: uma célula ativa, onde o processo de mastigação é realizado; uma caixa de controle eletrônico; e um computador para monitorar e ajustar cada parâmetro (SALLES et al., 2006; SALLES et al., 2007). A célula ativa é formada por uma mandíbula inferior móvel, uma língua móvel e um maxilar superior fixo. A mandíbula inferior e superior são cilindros em forma de anel compostos apenas por dentes molares feitos de poliéter éter cetona (PEEK), e a língua também é feita de PEEK, na forma de um cilindro de 4,5 cm de diâmetro (SALLES et al., 2007).

Parâmetros como forças e torques da mastigação em seres humanos variam de acordo com o apetite pelo alimento e o grau de destruição de bolo alimentar. Por isso, alguns parâmetros no simulador de mastigação precisam ser definidos para a análise adequada dos alimentos em estudo. De acordo com estudos prévios (MIELLE et al., 2010; YVEN et al., 2010; TARREGA et al., 2011) e testes preliminares, os principais parâmetros funcionais do simulador de mastigação foram ajustados da seguinte forma:

- forças da língua e da mandíbula: 30 daN;
- força de cisalhamento entre mandíbula inferior e a língua: 35 daN;
- ângulo de cisalhamento: 1/8 dos dentes;
- ciclos de mastigação: 15 ciclos;
- fluxo de saliva artificial: 2 mL no início e mais 1 mL/min após iniciada a mastigação.

A saliva artificial utilizada durante a simulação da mastigação dos *snacks* foi preparada segundo o protocolo utilizado pelos pesquisadores do CSGA/INRA, adaptado de Van Ruth et al. (2001), Friel et al. (2001) e Muñoz-González et al. (2014). Para o preparo da saliva artificial os seguintes materiais foram usados: NaHCO (5,208 g), K₂HPO₄·3H₂O (1,369 g), NaCl (0,877 g), KCl (0,477 g), CaCl₂·2H₂O (0,441 g), NaN₃ (0,500 g), mucina (2,160 g), e alfa-amilase (200.000 unidades). Todos os reagentes, exceto a alfa-amilase, foram pesados e adicionados a um litro de água destilada. A solução obtida foi agitada por 30 min para completa homogeneização e em seguida foi adicionada a alfa-amilase. A saliva artificial foi mantida a -20 °C até o momento do uso, sendo que o período total de realização das análises utilizando saliva foi de dez dias.

A acoplagem do simulador de mastigação ao PTR-ToF-MS foi realizada através de um tubo de poliéter éter cetona (PEEK) de 600 mm de comprimento, 1 mm de diâmetro interno e temperatura de 75 °C. Tais condições são as mesmas da tubulação interna do PTR-ToF-MS que chega ao *drift* tubo.

Tubos para transferência da saliva artificial e ar úmido foram também conectados à boca artificial. O ar úmido foi usado para simular as condições da cavidade oral humana. Este ar úmido foi preparado usando dois sacos de 20 L cada, contendo 250 mL de água Milli-Q. Assim, durante a simulação da mastigação dos *snacks*, ar úmido foi transferido à boca artificial a um fluxo de 135 mL/min.

A Figura 3 mostra o simulador de mastigação acoplado ao PTR-ToF-MS durante a simulação da mastigação dos *snacks*.

Figura 3. Simulador de mastigação acoplado ao PTR-ToF-MS (1: sacos contendo ar úmido; 2: PTR-ToF-MS; 3: controlador do fluxo de artificial saliva; 4: simulador de mastigação; 5: linha de transferência do simulador de mastigação ao PTR-ToF-MS).

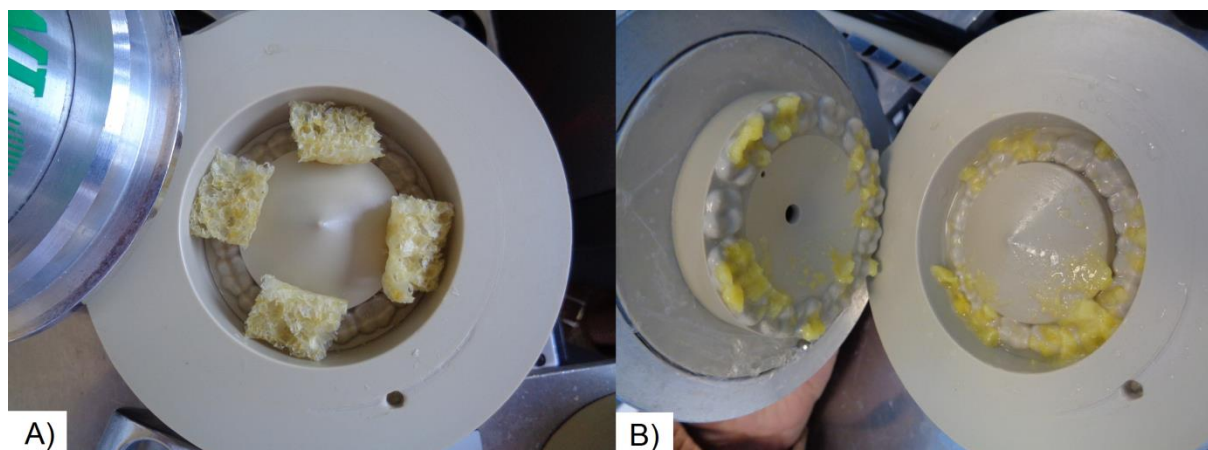


Embora no consumo humano o *snack* seja geralmente colocado inteiro na boca, o mesmo é quebrado em várias partes durante a mastigação. Desta forma, durante os testes preliminares foi observada a necessidade de cortar o *snack* em quatro partes para que, após a mastigação, o bolo alimentar obtido fosse mais similar ao do consumo humano. Quando se utilizou o *snack* inteiro no simulador, o produto foi comprimido entre o palato e a língua da boca artificial, levando a uma simulação inadequada da mastigação.

Assim, para cada amostra de *snack* foram realizadas duplicata da simulação da mastigação. Em cada teste, um *snack* de 2 cm de comprimento foi pesado e cortado em quatro partes que foram distribuídas perpendicularmente sobre os dentes da mandíbula inferior (Figura 4A). Em seguida, a boca artificial foi fechada e o botão “iniciar” foi clicado na tela de comando do computador do simulador. Antes de iniciar os ciclos de mastigação, 2 mL da saliva artificial foram injetados na boca e depois a 1 mL/min durante a realização dos 15 ciclos. Uma mastigação completa (15 ciclos) teve duração de aproximadamente 50 s,

consumindo um total de 2,8 mL de saliva. A Figura 4B mostra a boca artificial após a mastigação de uma amostra de *snack*.

Figura 4. Distribuição da amostra de *snack* na boca artificial antes (A) e após a mastigação (B).

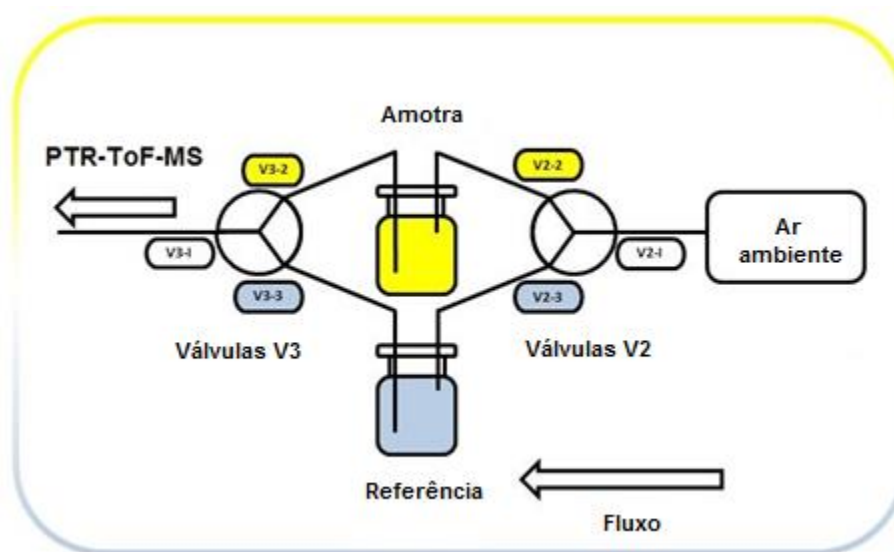


2.5.2. Liberação do odor *in vitro*

Para o estudo da liberação do odor dos *snacks in vitro*, foi utilizada a técnica de *headspace*. Cinquenta miligramas de *snacks* triturados foram adicionados a um *vial* de 20 mL, o qual foi imerso em um banho a 40 °C por 30 min. Em seguida, o *vial* foi acoplado a um sistema de acionamento automático de abertura de válvulas e mantido por mais 15 min a 40 °C com o auxílio de um bloco de aquecimento, para equilíbrio do *headspace*.

O sistema de acionamento automático de abertura de válvulas (Figura 5) foi acoplado ao PTR-ToF-MS para análise do *headspace*. Assim, o sistema foi operado da seguinte forma: durante 30 s as válvulas V2-1, V2-3, V3-3 e V3-1 (Figura 5, parte azul) ficaram abertas permitindo a passagem de ar do ambiente através do *vial* de referência (*vial* vazio) e chegando ao PTR-ToF-MS (condição controle); depois as válvulas V2-3 e V3-3 foram fechadas e as válvulas V2-2 and V3-2 (Figura 5, parte amarela) foram mantidas abertas por 180 s passando ar do ambiente através do *vial* contendo a amostra de *snack* e chegando ao PTR-ToF-MS, totalizando 210 s de detecção.

Figura 5. Diagrama do sistema de acionamento automático de válvulas para análise do *headspace* dos *snacks*.



2.6. Análise dos dados

Para o composto ácido butírico, foram calculadas as áreas abaixo da curva de intensidade de sinal *versus* tempo de liberação, obtidas via PTR-ToF-MS usando a regra de integração do ponto médio. As áreas calculadas foram também submetidas à análise de variância seguida do teste de Tukey, a um nível de significância de 0,05.

Também foi estudado o perfil de liberação do ácido butírico na liberação do aroma e do odor dos *snacks*. Assim, das curvas de intensidade de sinal *versus* tempo de liberação foi possível obter a coeficiente de liberação do ácido butírico em cada amostra, tanto na liberação do aroma como do odor, por meio do ajuste linear das curvas.

A análise de variância seguida do teste de Tukey foi realizada utilizando o programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., Oklahoma, EUA), enquanto os ajustes lineares das curvas de intensidade de sinal *versus* tempo de liberação foram realizados usando o programa Excel® 2010 (Microsoft Corp., Washington, USA).

3. Resultados e discussão

3.1. Teor lipídico dos *snacks* e porcentagem de óleo incorporado

Os resultados da análise de lipídeo feita nas amostras de *snack* estão apresentados na Tabela 2.

Como discutido no item 3.2.1 do Capítulo 3, o óleo aspergido não foi totalmente incorporado aos *snacks* em nenhuma das amostras, por razões como: transferência de óleo do *snack* para o recipiente no qual o óleo foi aspergido; perda de óleo em função do atrito entre os *snacks* durante a aspersão do óleo e homogeneização; transferência de óleo para a embalagem na qual os *snacks* foram armazenados; interferência do processo de extrusão na estrutura do *snack*, como variações na razão de expansão, tamanho dos vacúolos e porosidade dos *snacks*.

Apesar de não se ter tido 100% de incorporação do óleo aspergido, observou-se um aumento na incorporação de óleo com o aumento da porcentagem de adição de óleo, como indica o coeficiente de Pearson de 0,97 ($p \leq 0,05$) para a análise de correlação entre a porcentagem de óleo aspergido e o teor de lipídeos proveniente do óleo.

Mais uma vez, a incorporação total do óleo aos *snacks* é uma limitação do trabalho, porém que não inviabilizou a realização do mesmo.

Tabela 2. Teor lipídico das amostras de *snack*.

Amostra	% óleo aspergido¹	Teor (%) esperado de lipídeos²	Teor (%) real de lipídeos³	Teor (%) de lipídeos proveniente do óleo⁴	% Incorporação⁵
1	0	0	1,54	0	0
2	6	5,7	2,75 ± 0,14	1,21	21,2
3	12	10,7	9,96 ± 0,01	8,42	78,7
4	18	15,3	11,58 ± 0,41	10,04	65,6
5	24	19,4	15,65 ± 0,19	14,11	72,7

¹ Porcentagem adicionada, em g, a cada 100 g de extrusado.

² Calculado como [% óleo aspergido/(100 g de extrusado + % óleo aspergido)]*100.

³ Teor resultante da análise de lipídeos por meio do método de Soxhlet.

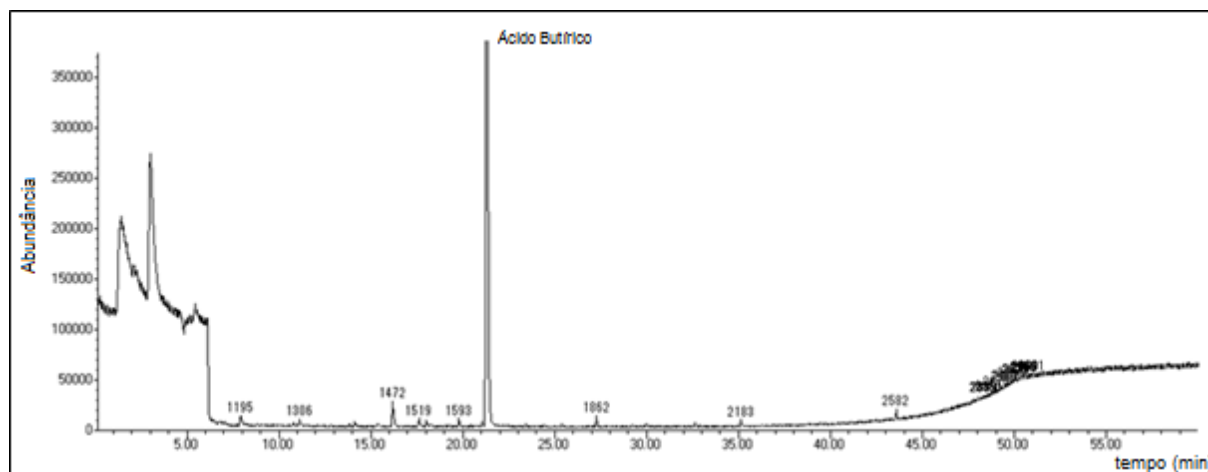
⁴ Desconsiderando o teor lipídico próprio do grits de milho (1,54%, ensaio 7).

⁵ Incorporação calculada da seguinte forma: (teor de lipídeos proveniente do óleo/teor esperado de lipídeos)*100.

3.2. Análise dos compostos voláteis por HS-SPME-GC-MS

A Figura 6 mostra, como ilustração, o cromatograma da amostra com 24% óleo de girassol obtido por HS-SPME-GC-MS, em que é possível observar o ácido butírico no tempo de retenção de 21,3 min. Outros compostos voláteis presentes nos *snacks* também foram identificados para auxiliar o reconhecimento dos compostos que deram origem aos íons moleculares detectados pelo PTR-ToF-MS, como será mostrado posteriormente. Porém, o ácido butírico é o composto volátil de maior interesse no presente estudo por contribuir com o aroma e odor de queijo dos *snacks*.

Figura 6. Cromatograma da amostra com 24% óleo de girassol.



3.3. Padrão de íons dos compostos voláteis obtidos via PTR-ToF-MS

A Tabela 3 apresenta o padrão de íons dos compostos voláteis obtidos por meio do PTR-ToF-MS para o estudo de liberação do aroma e do odor dos *snacks*.

De modo geral, o padrão de fragmentação foi baixo, sendo mais abundante o íon molecular protonado, com exceção de alguns álcoois (pentanol e heptanol fragmentos) e os fragmentos acetil e propil. Os resultados encontrados no presente estudo estão de acordo com os reportados por outros autores (BROWN et al. 2010; ZARDIN et al. 2014; MUÑOZ-GONZÁLEZ et al. 2015).

Tabela 3. Compostos voláteis e seus íons moleculares detectados via PTR-TOF-MS.

Número	Composto	Classe química	Fórmula química	Massa molecular	Notas de odor ^a	Fórmula do íon	m/z	
1	Acetil fragmento	-	C ₂ H ₃ O	-	-	-	C ₂ H ₃ O ⁺	43,018
2	Propil fragmento	-	C ₃ H ₇	-	-	-	C ₃ H ₇ ⁺	43,054
3	Etanol	Álcool	C ₂ H ₆ O	46	doce	MH ⁺	(C ₂ H ₇ O) ⁺	47,049
4	Ácido acético	Ácido	C ₂ H ₄ O ₂	60	azedo	MH ⁺	(C ₂ H ₅ O ₂) ⁺	61,028
5	Pentanol fragmento	-	C ₅ H ₁₂ O	88	-	(M-H ₂ O)H ⁺	(C ₅ H ₁₁) ⁺	71,086
6	Ácido butírico	Ácido	C ₄ H ₈ O ₂	88	ranço, queijo, suor	MH ⁺	(C ₄ H ₉ O ₂) ⁺	89,062
7	Heptanol fragmento	-	C ₇ H ₁₆ O	116	-	(M-H ₂ O)H ⁺	(C ₇ H ₁₅) ⁺	99,117
8	Hexanal	Aldeído	C ₆ H ₁₂ O	100	grama, sebo, gordura	MH ⁺	(C ₆ H ₁₃ O) ⁺	101,096
9	Ácido pentanóico	Ácido	C ₅ H ₁₀ O ₂	102	suor	MH ⁺	(C ₅ H ₁₁ O ₂) ⁺	103,075
10	Heptanol	Álcool	C ₇ H ₁₆ O	116	verde	MH ⁺	(C ₇ H ₁₇ O) ⁺	117,127
11	Ácido hexanóico	Ácido	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	gordura	MH ⁺	(C ₆ H ₁₃ O ₂) ⁺	117,091
12	Ácido benzóico	Ácido	C ₇ H ₆ O ₂	122	urina	MH ⁺	(C ₇ H ₇ O ₂) ⁺	123,044
13	Octanal	Aldeído	C ₈ H ₁₆ O	128	gordura, sabão, limão, verde	MH ⁺	(C ₈ H ₁₇ O) ⁺	129,122
14	Ácido heptanóico	Ácido	C ₇ H ₁₄ O ₂	130	queijo	MH ⁺	(C ₇ H ₁₅ O ₂) ⁺	131,107
15	2-fenilpropan-2-ol	Álcool	C ₉ H ₁₂ O	136	não descrito	MH ⁺	(C ₉ H ₁₃ O) ⁺	137,096
16	Nonenal	Aldeído	C ₉ H ₁₆ O	140	lírio, gordura, pepino	MH ⁺	(C ₉ H ₁₇ O) ⁺	141,127
17	Nonanal	Aldeído	C ₉ H ₁₈ O	142	gordura, cítrico, verde	MH ⁺	(C ₉ H ₁₉ O) ⁺	143,143
18	Ácido octanóico	Ácido	C ₈ H ₁₆ O ₂	144	suor, queijo	MH ⁺	(C ₈ H ₁₇ O ₂) ⁺	145,122
19	Heptanal	Aldeído	C ₇ H ₁₄ O	114	gordura, cítrico, rançoso	MH ⁺	(C ₇ H ₁₅ O) ⁺	115,114
20	Octenal	Aldeído	C ₈ H ₁₄ O	126	verde	MH ⁺	(C ₈ H ₁₅ O) ⁺	127,120
21	Ácido nonanóico	Ácido	C ₉ H ₁₈ O ₂	158	verde, gordura	MH ⁺	(C ₉ H ₁₉ O ₂) ⁺	159,151
22	pentanodiato de dimetilo	Éster	C ₇ H ₁₂ O ₄	160	não descrito	MH ⁺	(C ₇ H ₁₃ O ₄) ⁺	161,099
23	Pentilfurano	Furano	C ₉ H ₁₄ O	138	feijão verde, manteiga	MH ⁺	(C ₉ H ₁₅ O) ⁺	139,112
24	Dodecane-6,7-dione	Cetona	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198	não descrito	MH ⁺	(C ₁₂ H ₂₃ O ₂) ⁺	199,169

^a<http://www.flavornet.org> e <http://www.thegoodscentscompany.com>.

A principal via de reação dos álcoois é a desidratação do íon molecular original da molécula e a formação de um radical alceno, porém a formação do íon protonado da molécula original pode também ocorrer, como no caso do etanol e heptanol (MUÑOZ-GONZÁLEZ et al. 2015).

Etanol, ácido acético e ácido butírico foram monitorados pelo íon molecular do seu isótopo ^{13}C . Quando a intensidade do sinal detectado do composto original é elevada, ocorre a saturação do detector do PTR-ToF-MS e o monitoramento do íon molecular correspondente é equivocada. Assim, o monitoramento do íon molecular do isótopo do composto é mais apropriado.

3.3.1. Liberação do ácido butírico via aroma e odor dos *snacks*

A Figura 4 mostra o perfil de liberação do ácido butírico (íon molecular m/z 89,0616) durante a liberação do aroma, usando o simulador de mastigação (Figura 7A), e do odor, pelo *headspace* (Figura 7B) para as amostras de *snacks* com diferentes porcentagens de óleo de girassol. O modelo do ajuste linear das curvas na região de aumento da intensidade de sinal (Tabela 4) foi obtido para a liberação do aroma no período de 17 a 27 s de liberação e para o odor no período de 40 a 80 s de liberação.

Para o aroma, a amostra sem adição de óleo de girassol e com 6% de óleo de girassol apresentaram perfis de liberação do ácido butírico semelhantes, bem como as amostras com 12, 18 e 24% de óleo de girassol (Figura 7A). No entanto, o coeficiente de inclinação do modelo para a amostra sem óleo foi maior, indicando uma maior taxa de liberação nessa amostra, ou seja, o ácido butírico foi liberado mais rapidamente na amostra sem óleo que nas demais amostras.

Já para a liberação do odor foi verificado que a amostra sem óleo de girassol apresentou perfil de liberação do ácido butírico diferente das outras amostras (Figura 7B), e seu modelo apresentou o menor valor de coeficiente de inclinação. Dessa forma, verifica-se que a taxa de liberação foi maior quanto mais óleo de girassol presente na amostra, como indica os coeficientes de inclinação dos modelos (Tabela 4).

Figura 7. Perfil do íon protonado do ácido butírico (m/z 89,0616) para liberação do aroma (A) e do odor (B) nos *snacks* adicionados de óleo de girassol (%).

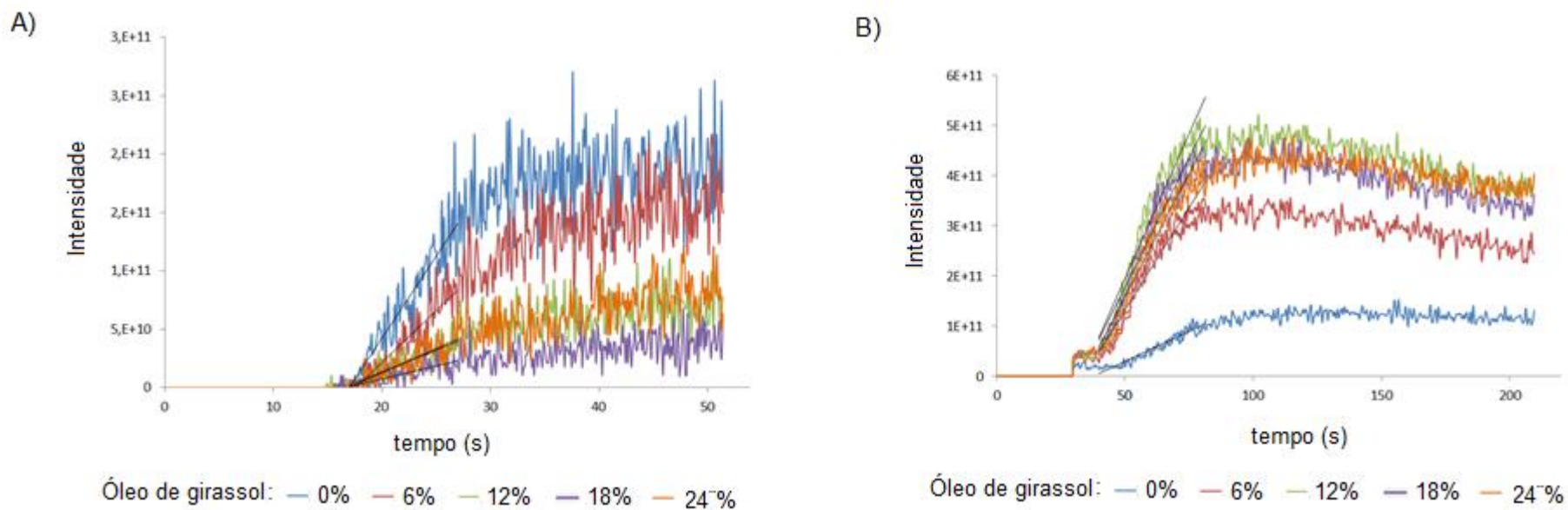


Tabela 4. Modelo do ajuste linear do íon molecular do ácido butírico (m/z 89,0616) para liberação do aroma e do odor nas diferentes amostras de *snacks*.

<i>Snacks</i> (% de óleo)	Liberação do aroma		Liberação do odor	
	Modelo	R ²	Modelo	R ²
0%	$I = 1,40 \cdot 10^{10}t - 2,38 \cdot 10^{11}$	0,85	$I = 2,32 \cdot 10^9t - 8,85 \cdot 10^{10}$	0,94
6%	$I = 8,91 \cdot 10^9t - 1,56 \cdot 10^{11}$	0,85	$I = 7,68 \cdot 10^9t - 2,74 \cdot 10^{11}$	0,95
12%	$I = 7,70 \cdot 10^9t - 6,02 \cdot 10^{10}$	0,64	$I = 1,11 \cdot 10^{10}t - 3,80 \cdot 10^{11}$	0,94
18%	$I = 2,15 \cdot 10^9t - 3,52 \cdot 10^{10}$	0,46	$I = 9,88 \cdot 10^{10}t - 3,33 \cdot 10^{11}$	0,95
24%	$I = 4,20 \cdot 10^9t - 7,13 \cdot 10^{10}$	0,66	$I = 9,44 \cdot 10^{10}t - 9,66 \cdot 10^{11}$	0,97

I: Intensidade do ácido butírico; t: tempo de liberação.

Verifica-se, para o aroma, que a amostra sem óleo de girassol apresentou maior área de liberação do ácido butírico, sendo estatisticamente diferente das demais amostras (Tabela 5), enquanto as amostras com 12, 18 e 24% de óleo não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram os menores valores de área. Esse comportamento, portanto, é inverso à porcentagem de adição do óleo de girassol ($r = -0,91$; $p \leq 0,05$).

Com relação ao odor (Tabela 5), as amostras com 12, 18 e 24% de óleo de girassol também não diferiram estatisticamente entre si, mas apresentaram os maiores valores de área e foram estatisticamente diferentes das amostras sem e com 6% de óleo, tendo a amostra sem óleo de girassol a menor área.

Por fim, observou-se que os resultados encontrados para liberação do ácido butírico foram diferentes para liberação do aroma e do odor.

Tabela 5. Área (cps) do ácido butírico para aroma e odor nas diferentes amostras de *snacks*.

<i>Snacks</i> (% de óleo)	Liberação do aroma ^a	Liberação do odor ^b
0%	32,6 ^a ±3,57	1,78 ^c ±0,27
6%	25,3 ^b ±0,76	4,64 ^b ±0,79
12%	9,08 ^c ±0,57	6,53 ^a ±0,21
18%	7,03 ^c ±0,32	5,87 ^{ab} ±0,26
24%	7,57 ^c ±0,03	6,06 ^{ab} ±0,56

^a Todos os valores foram divididos por 10⁹.

^b Todos os valores foram divididos por 10¹³.

Como o ácido butírico foi adicionado ao grãos de milho, sua retenção no produto final pode ter ocorrido por encapsulação no interior do *snack* e por interação com o óleo de girassol nas amostras que foram aspergidas. Em produtos sem ou com reduzido teor lipídico, compostos lipofílicos, tais como o ácido butírico, tendem a ser liberados mais rapidamente após a ruptura da estrutura do alimento com a mastigação. Essa liberação rápida é devido à retenção predominantemente por encapsulação do composto no interior do produto. Já em produtos contendo mais lipídeos, a liberação de compostos lipofílicos ocorre mais lentamente, uma vez que tais compostos necessitam primeiramente serem liberados da fase oleosa do alimento para a saliva, para depois serem liberados ao *headspace* na boca (ROOS, 1997; LELAND, 1997; MADENE et al., 2006; YULIANI, TORLEY, BHANDARI; 2009).

Assim, na liberação do aroma da amostra sem adição de óleo de girassol, o ácido butírico encapsulado no produto foi liberado rapidamente após a ruptura da estrutura do *snack* com a mastigação, mostrando elevada taxa de liberação e do valor de área. Nas amostras que foram aspergidas com óleo de girassol, como a liberação ocorre mais lentamente, um maior tempo de liberação seria necessário para observar liberação semelhante ao da amostra sem óleo em termos de área. Portanto, em presença de menos lipídeo, pode-se dizer que a percepção do ácido butírico é momentânea, ao contrário de uma percepção mais prolongada quando há mais lipídeo, pois a liberação do ácido butírico na boca é mais lenta.

Na liberação do odor, o estudo do *headspace* dinâmico das amostras de *snack* simulou o que é sentido sobre a superfície do alimento, ou seja, quando o *snack* triturado é aproximado das narinas. Como discutido anteriormente, na amostra sem adição de óleo de girassol a retenção do ácido butírico ocorre predominantemente por encapsulamento no interior do produto, sendo liberado com a quebra da estrutura do alimento. Como a análise foi realizada com o *snack* triturado, parte do ácido butírico pode ter sido perdida durante o preparo da amostra, principalmente na amostra sem adição de óleo. Nas amostras contendo óleo de girassol, essa perda tende a ser menor devido à interação do ácido butírico com o lipídeo, necessitando de mais tempo para ser liberado, ou pela maior resistência à transferência de massa no óleo do que na água ou no ar. Assim, justifica-se o fato da menor liberação do ácido butírico e menor área na amostra sem óleo de girassol, seguida da amostra com 6% de óleo e esta das demais amostras. Portanto, quanto maior a adição de óleo de girassol, maior a liberação do ácido butírico no odor dos *snacks* triturados.

Comparando a liberação do aroma e do odor nos *snacks*, pode-se dizer que a aspersão de 12, 18 ou 24% de óleo de girassol não alterou significativamente a liberação do ácido

butírico (Tabela 5), apresentando perfis semelhantes (Figura 4). Por outro lado, a aspersão de 6% de óleo de girassol confere uma elevada liberação do ácido butírico em termos de aroma e odor, além de não elevar tanto o teor lipídico quando comparado com os demais *snacks*.

4. Conclusão

O estudo *in vitro* da liberação do ácido butírico via aroma e odor dos *snacks* mostrou diferentes perfis de liberação do mesmo. O aumento no teor de óleo de girassol, de forma geral, reduziu a taxa de liberação do ácido butírico via aroma e aumentou via odor. No entanto, pode-se inferir que o aumento no teor de óleo prolongou a percepção do ácido butírico via aroma, visto que diminuiu sua taxa de liberação na boca. Em relação às amostras testadas, a adição de 6% de óleo se mostrou mais adequada por provocar considerável liberação do ácido butírico tanto no aroma como no odor, e não agregar elevado teor lipídico ao produto final.

5. Referências bibliográficas

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR ISO 5492:2017: Análise sensorial - Vocabulário. Rio de Janeiro, 2017. 29 p.

BROWN, P.; WATTS, P.; MÄRK, T. D.; MAYHEW, C. A. Proton transfer reaction mass spectrometry investigations on the effects of reduced electric field and reagent ion internal energy on product ion branching ratios for a series of saturated alcohols. **International Journal of Mass Spectrometry**, Amsterdam, v. 294, n.2-3, p. 103-111, 2010.

DRAMANE, G.; AKPONA, S.; BESNARD, P.; KHAN, N. A. Cell mechanisms of gustatory lipids perception and modulation of the dietary fat preference. **Biochimie**, Paris, v. 107, Part A, p. 11-14, 2014.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Editora Varela, 2004. 246 p.

FRIEL, E. N.; TAYLOR, A. J. Effect of salivary components on volatile partitioning from solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 8, p. 3898-3905, 2001.

GAONKAR, A. G.; McPHERSON, A. **Ingredient interactions: effects on food quality** (2 ed.). Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. 576 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz** (3.ed.). v. 1. São Paulo: O Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533 p.

JORDAN, A.; HAIDACHER, S.; HANEL, G; HARTUNGEN, E; MÄRK, L; SEEHAUSER, H; SCHOTTKOWSKY, R; SULZER, P; MÄRK, T.D. A high resolution and high sensitivity proton-transfer-reaction time-of-flight mass spectrometer (PTR-TOF-MS). **International Journal of Mass Spectrometry**, Amsterdam, v. 286, n. 6, p. 122-128, 2009.

LELAND, J. V. Flavor Interactions: The Greater Whole. In: **Overview Outstanding Symposia in Food Science & Technology**. Chicago, v. 51, p. 60-61, 1997.

MADENE, A.; JACQUOT, M.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Flavour encapsulation and controlled release – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n.1, p. 1-21, 2006.

MASKAN, M; ALTAN, A. **Advances in Food Extrusion Technology**. Boca Rotan: CRC Press, 2012. 398p.

MIELLE, P.; TARREGA, A.; SÉMON, E. ; MARATRAY, J. ; GORRIA, P. ; LIODENOT, J. -J.; LIABOEUF, J.; ANDREJEWSKI, J. -L.; SALLES, C. From human to artificial mouth, from basics to results. **Sensors and Actuators B: Chemical**, Lausanne, v. 146, n.1, p. 440-445, 2010.

MUÑOZ-GONZÁLEZ, C.; FERON, G.; GUICHARD, E.; RODRÍGUEZ-BENCOMO, J. J.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P. J.; MORENO-ARRIBAS, M. V.; POZO-BAYON, M. A. Understanding the role of saliva in aroma release from wine by using static and dynamic headspace conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 62, n.33, p. 8274-8288, 2014.

MUÑOZ-GONZÁLEZ, C.; SÉMON, E.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P.J.; GUICHARD, E.; MORENO-ARRIBAS, M.V.; FERON, G.; POZO-BAYÓN, M.Á. Wine matrix composition affects temporal aroma release as measured by proton transfer reaction – time-of-flight – mass spectrometry. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 21, n.3, p. 367-375, 2015.

PIONNIER, E.; CHABANET, C.; MIOCHE, L.; LE QUÈRÈ, J. L.; SALLES, C. In vivo aroma release during eating of a model cheese: relationships with oral parameters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 3, p. 557-564, 2004.

ROBERTS, D. D; POLLIEN, P.; YERETZIAN, C.; LINDINGER, C. Nosespace analysis with Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry: intra- and interpersonal variability. In: DEIBLER, K. D.; DELWICHE, J. **Handbook of Flavor Characterization: Chemistry, and Physiology Series**. New York: Marcel Dekker, 2004. p. 151-162.

ROOS, K. B. How Lipids Influence Food Flavor. In: **Overview Outstanding Symposia in Food Science & Technology**, Chicago, v. 51, n.1, p. 60-61, 1997.

SALLES, C. ; MIELLE, P.; LE QUÉRÉ, J. -L.; RENAUD, R; MARATRAY, J.; GORRIA, P.; LIABOEUF, J.; LIODENOT J. -J. A novel prototype to closely mimic mastication for *in vitro* dynamic measurements of flavour release. In: W.L.P. Bredie and M.A. Petersen (Eds.), **Flavour Science: Recent Advances and Trends**. Amsterdam: Elsevier, 2006, p. 581-584.

SALLES, C.; TARREGA, A.; MIELLE, P.; MARATRAY, J.; GORRIA, P.; LIABOEUF, J.; LIODENOT, J. -J. Development of a chewing simulator for food breakdown and the analysis of *in vitro* flavor compound release in a mouth environment. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, n.2, p. 189-198, 2007.

TARREGA, A.; YVEN, C.; SÉMON, E.; SALLES, C. In-mouth aroma compound release during cheese consumption: Relationship with food bolus formation. **International Dairy Journal**, Barking, v. 21, n.5, p. 358-364, 2011.

TAYLOR, A. J.; LINFORTH, R. S. T. **Food Flavor Technology** (2 ed.). Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010. 360p.

VAN RUTH, S. M.; GROSSMANN, I.; GEARY, M.; DELAHUNTY, C. M. Interactions between artificial saliva and 20 aroma compounds in water and oil model systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 5, p. 2409-2413, 2001.

VOILLEY, A.; ETIÉVANT, P. **Flavour in food**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2006. 451p.

YULIANI, S.; TORLEY, P. J.; BHANDARI, B. Physical and processing characteristics of extrudates made from starch and *d*- limonene mixtures. **International Journal of Food Properties**, New York, v. 12, n. 3, p. 482-495, 2009.

YVEN, C.; GUESSASMA, S.; CHAUNIER, L.; DELLA VALLE, G.; SALLES, C. The role of mechanical properties of brittle airy foods on the masticatory performance. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 101, n. 1, p. 85-91, 2010.

ZARDIN, E.; TYAPKOVA, O.; BUETTNER, A.; BEAUCHAMP, J. Performance assessment of proton-transfer-reaction time-of-flight mass spectrometry (PTR-TOF-MS) for analysis of isobaric compounds in food-flavour applications. **Food Science and Technology**, London, v. 56, n. 1, p. 153-160, 2014.

Conclusão geral

Queijo é o sabor preferido para *snacks* expandidos de milho, sendo o sabor estudado neste trabalho para a obtenção de *snacks* de grits de milho aromatizados via precursores de aroma adicionados pré-extrusão.

É viável a obtenção de *snacks* expandidos de milho utilizando cisteína e ácido butírico como precursores de aroma adicionados ao grits de milho antes da extrusão.

A temperatura de extrusão tem efeito nas características de aparência, estrutura e textura dos *snacks*, pois o aumento da temperatura aumenta a razão de expansão e reduz a densidade, a cor (instrumental e sensorial), a crocância e a dureza. Ainda, o aumento da temperatura também reduz o odor de queijo, sabor de óleo e de queijo, e os gostos salgado e umami dos *snacks*.

O teor de óleo de girassol aspergido sobre os *snacks* tem importância primordial para uma série de características destes produtos, como a razão de expansão, densidade, cor (instrumental) e principalmente sobre as características sensoriais de odor e sabor.

A intensidade de sabor queijo, avaliada por consumidores, aumenta com o aumento no teor de óleo de girassol, sendo que a partir de 24% de óleo aspergido (teor máximo estudado neste trabalho) há a tendência de queda nessa intensidade, não havendo a necessidade de aspersão de maiores quantidades de óleo. O aumento no teor de óleo de girassol aumenta as intensidades de odor e sabor de óleo, de odor e sabor de queijo e de gosto umami, mas reduz o sabor de cereal dos *snacks*, visto que o mascara.

O aumento no teor de óleo de girassol, de forma geral, reduz a taxa de liberação do ácido butírico via aroma e aumenta via odor dos *snacks*. No entanto, pode-se inferir que o aumento no teor de óleo prolonga a percepção do ácido butírico via aroma, visto que diminui sua taxa de liberação na boca. Em relação às amostras testadas, uma porcentagem de adição de óleo relativamente baixa (6%) mostra-se adequada, não apenas para o sabor, mas também para o odor de queijo dos *snacks*.

Este trabalho mostra a importância da temperatura de extrusão, mas principalmente o impacto dos lipídeos sobre as características físicas e sensoriais de *snacks* expandidos de milho sabor queijo. Além disso, mostra que *snacks* expandidos de milho sabor queijo, com reduzido teor lipídico quando comparado aos *snacks* comerciais, podem ser obtidos, sendo uma opção mais saudável para os consumidores e potenciais consumidores deste tipo de

produto, apresentando ainda potencial para a produção industrial, devido ao seu baixo custo de produção.

APÊNDICE 1

Investigação e definição dos precursores de aroma de queijo

A investigação dos precursores de aroma de queijo iniciou-se com a busca na literatura por possíveis reações/degradações de compostos que poderiam levar à formação de compostos voláteis responsáveis pelo o aroma/sabor de queijo sob as condições encontradas no processo de extrusão (temperatura, pressão e cisalhamento elevados) (FRANCO, 2004; YULIANI, 2004; MAJCHER, 2007; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; YU, 2010; YU, 2012; VARMING et al., 2013; YU, 2013; NIIMI et al., 2014). Com isso, algumas possibilidades foram levantadas:

- ✓ obtenção de ácidos graxos de cadeia curta a partir da quebra de ligações ésteres dos triacilgliceróis;
- ✓ oxidação de ácidos graxos poli-insaturados e de vitaminas, e;
- ✓ reações envolvendo aminoácidos e/ou proteínas, como reação de Maillard e degradação de Strecker.

Os testes foram assim constituídos como descrito abaixo.

Quebra de ligações ésteres dos triacilgliceróis

Pensando na quebra de ligações ésteres dos triacilgliceróis por meio das condições de extrusão, foram testados alguns óleos vegetais como óleo de soja, milho, girassol e linhaça. Tais óleos foram adicionados isoladamente ao grits de milho 24 horas antes da extrusão do mesmo. Os óleos foram testados em concentrações que variaram de 2,5 a 10%, pois concentrações maiores poderiam prejudicar a extrusão do grits, provocando o deslizamento do material no interior do canhão. Já em concentrações menores, a formação de compostos voláteis interessantes poderia não ser percebida pela sua baixa intensidade. No entanto, os *snacks* resultantes desses testes não apresentaram aroma ou sabor de queijo.

Outro teste utilizando óleo de soja foi conduzido após um pré-tratamento do óleo de soja com um *mix* comercial de enzimas digestivas, na tentativa de hidrolisar os triacilgliceróis presentes no óleo. O *mix* de enzimas digestivas foi adicionado ao óleo de soja e o mesmo foi mantido em banho-maria a 37 °C por 2 horas. Após esse período, o óleo de soja foi adicionado ao grits de milho na concentração de 2% e, depois de 24 horas foi realizada a extrusão. Porém, também não se verificou a presença de aroma ou sabor de queijo nos *snacks*.

Outros produtos como concentrado proteico de soro, creme de leite UHT (com 20% de gordura), iogurte natural integral e leite em pó integral foram testados misturando-os isoladamente ao grits de milho antes da extrusão na concentração de 10%, também pensando em não elevar muito o teor lipídico do material, o que poderia prejudicar a extrusão. O uso de produtos derivados do leite justifica-se pela presença de ácidos graxos de cadeia curta na composição de seus lipídeos, os quais, se liberados, poderiam contribuir para o aroma/sabor de queijo. Infelizmente, os resultados também não foram satisfatórios.

Oxidação de ácidos graxos poli-insaturados e de vitaminas

Na tentativa de favorecer a oxidação de ácidos graxos poli-insaturados, foram realizados dois pré-tratamentos distintos utilizando óleos e gorduras vegetais, como apresentados a seguir:

- ✓ Aquecimento do óleo de soja, óleo de girassol, e de gordura de palma por 1 min a 10 °C abaixo dos seus respectivos pontos de fumaça 240 °C, 183 °C e 232 °C;
- ✓ Aquecimento do óleo de soja, óleo de girassol, de gordura de palma e azeite de dendê, e manteiga por 5 min a 10 °C acima dos seus respectivos pontos de fumaça 240 °C, 183 °C, 232 °C e 110 °C.

Cada ingrediente pré-aquecido foi adicionado separadamente ao grits de milho 24 horas antes da extrusão do mesmo, na concentração de 5%. Novamente, não foi verificado aroma ou sabor de queijo nos *snacks* obtidos.

Ácido ascórbico também foi testado na concentração de 1,5%, seguindo a mesma concentração usada em testes com aminoácidos segundo HWANG et al. (1997), sendo adicionado ao grits de milho antes da extrusão na tentativa de obter aroma/sabor de queijo, mas os resultados também não foram satisfatórios.

Reações envolvendo aminoácidos e/ou proteínas - Reação de Maillard e Degradação de Strecker

Os aminoácidos leucina, isoleucina, lisina, arginina, ácido glutâmico, fenilalanina, tirosina, valina, leucina e metionina, bem como concentrado proteico de soro, também foram testados isoladamente na concentração 1,5% (HWANG et al., 1997). Concentrações maiores não foram testadas pois verificou-se a presença de gosto amargo nos *snacks* já com 1,5%, e no caso da metionina, verificaram-se ainda notas aromáticas de legumes cozidos nos *snacks*.

Também foram realizados testes com um *mix* de aminoácidos em baixa concentração para evitar a presença do gosto amargo nos *snacks*. O *mix* de aminoácido utilizado era composto por 1,43 g de valina, leucina, triptofano, isoleucina, metionina, fenilalanina, alanina, glicina, glutamina, cisteína, tirosina, arginina e lisina, e 1,41 g de ácido glutâmico. Os *snacks* resultantes destes testes não apresentaram aroma ou sabor de queijo.

Outros testes foram realizados utilizando ingredientes como frutose e sacarose isoladamente e em combinação com aminoácidos, a fim de favorecer da reação de Maillard. Porém, mais uma vez os resultados não foram satisfatórios.

Durante a realização dos testes foram feitas também mudanças nas condições de extrusão, na tentativa de favorecer obtenção de aroma/sabor de queijo. Tais alterações consistiram em: uso de temperaturas de extrusão mais elevadas, da ordem de 160/180 °C, a fim de favorecer a oxidação lipídica e a quebra de triacilgliceróis; velocidades de rotação da rosca de 110,3 e 138 rpm, com o objetivo de aumentar o tempo de residência do material no interior da extrusora; e uso de grits de milho com baixa umidade (10% em base seca), para aumentar o atrito do material no interior da extrusora. No entanto, não foram observados resultados satisfatórios.

Compostos voláteis importantes em queijos

De acordo com Martínez-Cuesta, Peláez e Requena (2013), compostos voláteis sulfurados desempenham um importante papel no desenvolvimento do aroma em muitas variedades de queijos. Tais compostos são resultado do catabolismo da ligação enxofre/carbono da metionina ou cisteína pela microbiota do queijo. Os mais importantes compostos sulfurados são metanotiol, dimetil dissulfeto, dimetil trissulfeto, metional e tioésteres. O metanotiol, por exemplo, é um composto volátil associado com notas desejáveis de enxofre em queijos do tipo Cheddar, sendo esta uma característica de boa qualidade para este tipo de queijo. A formação do metanotiol pode ocorrer também por uma rota química da metionina, embora o mecanismo de reação ainda não esteja definido.

Baseando-nos neste trabalho, novos testes foram realizados utilizando cisteína, metionina, ácido acético, ácido butírico, propionato de cálcio e ácido sulfídrico. No caso do ácido sulfídrico foi utilizado um extrato de alho, por ser o alho um alimento de fácil acesso e rico neste composto. O extrato de alho foi obtido macerando-se quatro dentes de alho com 1

mL de água destilada. Tais compostos foram testados de forma isolada e também em combinações entre si na concentração de 0,2% de cada composto.

Os testes realizados a partir deste momento seguiram as seguintes condições de extrusão, de acordo com Menis et al. (2013) e testes preliminares:

- ✓ temperatura de extrusão: 120 °C;
- ✓ velocidade de rotação da rosca: 192 rpm, e;
- ✓ umidade do grits de milho: 15% em base seca.

Alguns dos *snacks* obtidos nestes testes apresentaram aroma/sabor de queijo. No entanto, considerando que o *threshold* de detecção de vários compostos aromáticos em queijo é da ordem de partes por bilhão (ppb) (MARTÍNEZ-CUESTA; PELÁEZ; REQUENA, 2013) e que um dos objetivos deste trabalho é obter uma tecnologia para produção industrial, outros testes foram realizados com concentrações menores dos compostos estudados, de 0,01 e 0,02%.

No entanto, a redução na quantidade dos compostos resultou em *snacks* de grits de milho sem aroma/sabor, o que pressupõe que a quantidade dos compostos misturados ao grits de milho antes da extrusão não foi suficiente para produzir aroma/sabor de queijo nos *snacks*. Com isso, decidiu-se aumentar novamente as concentrações dos compostos em estudo, utilizando de 0,05 a 0,15%.

Os *snacks* obtidos do teste utilizando cisteína e ácido butírico, nas concentrações de 0,05% e 0,15%, respectivamente, destacaram-se pelo aroma/sabor de queijo e pela ausência de aroma/gosto/sabor de interferentes ou de off-flavor. Portanto, estes foram os compostos definidos como precursores do aroma/sabor de queijo e nas respectivas concentrações, a princípio.

Referências bibliográficas

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Editora Varela, 2004. 246 p.

HWANG, C. F.; RIHA III, W. E.; JIN, B.; KARWE, M. V.; HARTMAN, T. G.; DAUN, H.; HO, C. T. Effect of Cysteine Addition on the volatile compounds released at the die during

twin-screw extrusion of wheat flour. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 30, n. 4, p. 411-416, 1997.

MAJCHER, M. A.; JÉLEN, H. H. Effect of Cysteine and Cystine Addition on Sensory Profile and Potent Odorants of Extruded Potato Snacks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 14, p. 5754-5760, 2007.

MARTÍNEZ-CUESTA, M. D. C.; PELÁEZ, C.; REQUENA, T. Methionine Metabolism: Major Pathways and Enzymes Involved and Strategies for Control and Diversification of Volatile Sulfur Compounds in Cheese. **Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 53, n. 4, p. 366-385, 2013.

MENIS, M. E. C.; MILANI, T. M. G.; JORDANO, A.; BOSCOLO, M.; CONTI-SILVA, A. C. Extrusion of flavored corn grits: Structural characteristics, volatile compounds and sensory acceptability. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 54, n. 2, p. 434-439, 2013.

NIIMI, J. et al. Cheddar cheese taste can be reconstructed in solution using basic tastes. **International Dairy Journal**, Barking, v. 34, n. 1, p. 116-124, 2014.

VARMING, C. et al. Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. **International Dairy Journal**, Barking, v. 30, n. 1, p. 19-28, 2013.

YU, A. N.; ZHANG, A. D. Aroma compounds generated from thermal reaction of L-ascorbic acid with L-cysteine. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p. 1060-1065, 2010.

YU, A. N.; TAN, Z. W.; WANG, F. S. Mechanism of formation of sulphur aroma compounds from L-ascorbic acid and l-cysteine during the Maillard reaction. **Food Chemistry**, London, v. 132, n. 3, p. 1316-1323, 2012;

YU, A. N.; TAN, Z. W.; WANG, F. S. Mechanistic studies on the formation of pyrazines by Maillard reaction between L-ascorbic acid and L-glutamic acid. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 1, p. 64-71, 2013.

YULIANI, S.; BHANDARI, B.; RUTGERS, R.; D'ARCY, B. Application of microencapsulated flavor to extrusion product. **Food Reviews International**, New York, v. 20, n. 2, p. 163-185, 2004.

APÊNDICE 2

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José do Rio Preto

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa "Adição pré-extrusão de precursores de aroma para obtenção de *snacks* de grits de milho com reduzido teor lipídico e com potencial para produção industrial" sob responsabilidade da pesquisadora Michele Eliza Cortazzo Menis. O estudo será realizado através de questionários e análises sensoriais de extrusados de grits de milho (*snacks*) para a avaliação quanto à preferência do aroma, perfil sensorial dos extrusados e também perfil dos compostos voláteis presentes nos extrusados. Os riscos a sua saúde são mínimos, pois foram utilizados *snacks* comerciais e/ou *snacks* elaborados com a adição de precursores de aroma, os quais são compostos que podem ser utilizados em alimentos e que não possuem alergenicidade. Você poderá consultar a pesquisadora responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone da instituição, para esclarecimento de qualquer dúvida. Você está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo, e estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato destes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Você não terá quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. No caso de eventual problema de saúde (efeito adverso) decorrente de sua participação nos testes sensoriais, você será encaminhado à Seção Técnica de Saúde (UNAMOS), situado à Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jardim Nazareth – São José do Rio Preto/SP – Telefones (17) 3221.2415 – 3221.2416 – 3221.2485. Diante das explicações, se você concorda em participar deste projeto, por favor, coloque sua assinatura a seguir e forneça os dados solicitados.

Nome: _____ R.G. _____
Endereço: _____ Fone: _____
e-mail: _____

São José do Rio Preto, ____ de ____ de 2015.

Usuário ou responsável legal

Pesquisador responsável

OBS.: Termo apresenta duas vias, uma destinada ao usuário ou seu representante e a outra ao pesquisador.

Nome: Michele Eliza Cortazzo Menis.	Cargo/Função: Aluna da pós-graduação (Doutorado).
Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/IBILCE/UNESP	
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jd. Nazareth – São José do Rio Preto/SP	
Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP	
São José do Rio Preto – fone 17-3221.2456 / 3221.2317	

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas
Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos
Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, CEP. 15054-000, São José do Rio Preto/SP
Tel (17) 3221-2250 FAX 3221-2299

ANEXO 1

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LETRAS E CIÊNCIAS
EXATAS/CAMPUS DE SÃO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Adição pré-extrusão de precursores de aroma para a obtenção de snacks de grits de milho com reduzido teor lipídico e com potencial para produção industrial

Pesquisador: Michele Eliza Cortazzo Menis

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 15256813.9.0000.5466

Instituição Proponente: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas/ Campus de São José do

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 360.800

Data da Relatoria: 13/08/2013

Apresentação do Projeto:

Trata-se da apresentação das adequações sugeridas pelo relator quando do primeiro parecer do projeto intitulado "Adição pré-extrusão na obtenção de snacks de grits de milho com reduzido teor lipídico e com potencial para produção industrial".

Objetivo da Pesquisa:

Definir o aroma a ser estudado por meio de pesquisa de mercado a respeito dos tipos de aroma mais consumidos em snacks e teste de preferência utilizando snacks com os aromas mais consumidos. Em seguida definir os precursores de aroma para a obtenção do aroma desejado nos snacks. Definido o aroma de estudo, realizar a otimização das condições de extrusão do grits de milho adicionado de precursores de aroma utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta. Avaliar estruturalmente os snacks mais e menos aceitos sensorialmente, de acordo com a etapa de otimização, por meio da razão de expansão, densidade e força de corte e também a cor dos mesmos. Isolar os compostos voláteis produzidos durante a extrusão a partir dos precursores pela técnica de headspace dinâmico e em seguida separar e identificados tais compostos usando a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. Por fim, analisar sensorialmente os snacks usando análise descritiva e olfatométrica.

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265

Bairro: JARDIM NAZARETH

CEP: 15.054-000

UF: SP

Município: SAO JOSE DO RIO PRETO

Telefone: (17)3221-2545

Fax: (17)3221-2500

E-mail: soraiafr@ibilce.unesp.br

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LETRAS E CIÊNCIAS
EXATAS/CAMPUS DE SÃO**



Continuação do Parecer: 360.800

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O projeto oferecerá risco mínimo à saúde, pois os precursores de aroma utilizados na elaboração do aroma dos snacks serão constituídos de compostos permitidos para utilização em alimentos, não sendo alergênicos, além da utilização de produtos comerciais.

Com este projeto espera-se obter extrusados de grits de milho com reduzido teor lipídico e características sensoriais aceitáveis, sendo que o aroma destes será gerado pela adição de precursores, podendo esta ser uma forma de aromatização alternativa na produção de snacks em escala industrial. São previstos 400 sujeitos de pesquisa e serão excluídos indivíduos com patologias relacionadas à ingestão de alimentos, como diabetes, hipertensão arterial, doença celíaca, intolerância à lactose entre outros. Os 400 sujeitos de pesquisa previstos estão assim divididos: 160 para pesquisa de mercado, 40 julgadores para realização da análise descritiva quantitativa (ADQ), 100 julgadores de aceitação sensorial e 100 julgadores para teste de preferência.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O processo de extrusão termoplástica é amplamente utilizado para reestruturar alimentos à base de amido e/ou proteína, sendo os snacks o principal produto fabricado por extrusão. O método de aromatização de snacks mais utilizado industrialmente é a aromatização pós-extrusão utilizando óleo ou gordura como veículo aromatizante, mas este método eleva o teor lipídico do produto final. A aromatização pré-extrusão pode ser realizada pela adição de precursores de aroma à matéria-prima sem a necessidade de um veículo lipídico, melhorando o valor nutritivo dos snacks. Portanto, o objetivo deste trabalho em investigar a adição pré-extrusão de precursores de aroma em snacks de grits de milho a fim de obter um produto com reduzido teor lipídico e com potencial para produção

industrial é bastante relevante. O aroma é uma das características sensoriais mais importantes na compra de um produto extrusado. No entanto, os consumidores atuais têm

buscado mais do que características sensoriais agradáveis, buscam alimentos práticos, saudáveis e de baixo conteúdo em lipídeos. Além disso, poucos trabalhos são encontrados na literatura dedicados ao estudo de produtos extrusados aromatizados pela adição de precursores de aroma. Portanto, a obtenção de snacks de grits de milho com reduzido teor lipídico aromatizados pela adição de precursores de aroma, visando um produto de menor valor calórico, melhor valor nutritivo e boa aceitação sensorial é importante e tem potencial para possível produção em escala industrial. O projeto terá o custo de R\$ 2.350,00 que será custeado com financiamento próprio. Ambas orientadoras demonstram ter conhecimento

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265

Bairro: JARDIM NAZARETH

CEP: 15.054-000

UF: SP

Município: SÃO JOSE DO RIO PRETO

Telefone: (17)3221-2545

Fax: (17)3221-2500

E-mail: soraiiafr@ibilce.unesp.br

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LETRAS E CIÊNCIAS
EXATAS/CAMPUS DE SÃO**



Continuação do Parecer: 360.800

comprovado e competência nas áreas relacionadas ao projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória foram apresentados. O TCLE está devidamente instruído sendo a própria pesquisadora a responsável pela sua obtenção, o mesmo TCLE servirá para as diferentes análises sensoriais, ou seja, quanto à preferência do aroma, perfil sensorial dos extrusados e perfil dos compostos voláteis presentes nos extrusados. Os termos de anuência da instituições co-participantes, no total de 4, foram corrigidos e estão em conformidade com o sugerido pelo relator. devidamente identificá-los

Recomendações:

Nada a declarar

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As inadequações foram corrigidas e as sugestões acatadas, recomendo a aprovação.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Destacamos que os relatórios são obrigatórios e devem ser encaminhados semestralmente a partir da data de aprovação do projeto.

SAO JOSE DO RIO PRETO, 14 de Agosto de 2013

**Assinador por:
Ana Elizabete Silva
(Coordenador)**

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265			
Bairro: JARDIM NAZARETH	CEP: 15.054-000		
UF: SP	Município: SAO JOSE DO RIO PRETO		
Telefone: (17)3221-2545	Fax: (17)3221-2500	E-mail: soraiafr@ibilce.unesp.br	