



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

Talita Maira Goss Milani

Estudo da aromatização pré-extrusão e das condições de extrusão sobre as características físicas e retenção de aroma em proteína isolada de soja

São José do Rio Preto/SP
2013

Talita Maira Goss Milani

Estudo da aromatização pré-extrusão e das condições de extrusão sobre as características físicas e retenção de aroma em proteína isolada de soja

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Carolina Conti e Silva

**São José do Rio Preto/SP
2013**

Milani, Talita Maira Goss.

Estudo da aromatização pré-extrusão e das condições de extrusão sobre as características físicas e retenção de aroma em proteína isolada de soja / Talita Maira Goss Milani. -- São José do Rio Preto, 2013
68 f. : il., gráfs., tabs.

Orientador: Ana Carolina Conti e Silva

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

1. Tecnologia de alimentos. 2. Soja – Processamento. 3. Proteínas de soja texturizada. 4. Compostos orgânicos voláteis. 5. Processo de extrusão. 6. Alimentos - Avaliação sensorial. I. Conti-Silva, Ana Carolina. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 664.78

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

Talita Maira Goss Milani

Estudo da aromatização pré-extrusão e das condições de extrusão sobre as características físicas e retenção de aroma em proteína isolada de soja

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

Banca Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Conti e Silva
UNESP – São José do Rio Preto/SP
Orientadora

Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas
USP – São Paulo/SP

Prof^ª. Dr^ª. Célia Maria Landi Franco
UNESP – São José do Rio Preto/SP

São José do Rio Preto/SP, 30 de agosto de 2013

Dedicatória

Ao Murilo e ao Paulo, com todo meu amor.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por iluminar, abençoar e encher de graças este novo caminho que ele me deu a oportunidade de percorrer. A cada conquista tenho mais certeza de que continuo na direção certa.

Ao meu marido e eterno companheiro, que acreditou no meu sonho e, apesar das dificuldades e da distância que eventualmente ocorreram, jamais deixou de me apoiar.

À minha mãe, que é o meu modelo de superação e de vitória e por isso hoje eu escrevo estas páginas.

Ao Luiz que, como um grande pai que acreditou no sonho da sua filha, inesquecivelmente (ele sabe do que estou falando) me levou para fazer matrícula na faculdade, onde tudo começou.

À minha avó Cida, meu avô Zé (*in memoriam*) e minha tia Cida, que contribuíram para a minha formação pessoal de uma maneira tão simples, mas muito intensa.

Ao meu pai e à Marli que torceram e rezaram por mim.

Aos meus queridos e lindos irmãos: Tainara, Caio e Tales.

À minha segunda família, Paulo, Iraci e Tiago, que me apoia com muito amor em todas as situações.

À minha grande e fiel amiga Daniela Mercês, sempre tão acolhedora com palavras sinceras e carinhosas.

À minha irmã de fé, Bruna Maria. Repito as palavras do agradecimento que fiz a ela no TCC da graduação: ela é um presente de Deus, que cuida de mim e quer sempre o meu bem.

Aos amigos do Grupo de Partilha de Profissionais (GPP) de Lins, Bia, Zé, Caputo, Maira e Renata, pelas orações.

À minha orientadora Ana Carolina, por tantos conhecimentos compartilhados, pela confiança, pela paciência e compreensão. Além de uma excelente profissional, ela é um exemplo de respeito e humanidade.

À minha mais nova irmã de fé, Michele, que é mais um presente de Deus (nem sei se mereço tanto) enviado para revigorar e alegrar meu trabalho e minha vida. Ela, que sempre me ajudou com muita disponibilidade e carinho, foi responsável por uma grande parcela do sucesso deste trabalho.

Às minhas amigas de apartamento, Aline e Rubia, grandes companheiras, que aliviavam minha saudade de casa com deliciosas conversas.

A todos os queridos amigos do laboratório de análise sensorial, Tatiane, Vânia, Patrícia, Larissa, Heberly, Selma e Renata, pelo divertido e agradável convívio.

Aos amigos que ajudaram na extrusão: João Paulo, Lorena e Felipe.

Aos técnicos Alana e Ginaldo, pela grande ajuda. Com certeza, sem eles, tudo teria sido muito mais difícil.

À Amanda Jordano e ao Prof. Maurício Boscolo pelo auxílio no trabalho de Cromatografia em meu projeto.

À FAPESP, CNPQ e Pró-reitoria da UNESP pelo apoio financeiro.

À Marsul Proteínas Ltda, pelo fornecimento da proteína isolada de soja.

À Chr. Hansen Ind. e Com. Ltda, pelo corante carmim.

À Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda, pelos realçadores de sabor.

“O trabalho do homem diante de Deus e de si mesmo deve se manter em uma tensão constante entre o dom e a tarefa. Quando o homem fica só com o dom e não faz a tarefa, não cumpre seu preceito e fica primitivo; quando o homem se entusiasma demais com a tarefa, esquece o dom e pensa que tudo é fruto de suas mãos.”

Papa Francisco

RESUMO

A ruptura estrutural intensa que ocorre nos alimentos proteicos durante o processo de extrusão promove a texturização e a melhoria das propriedades nutritivas do alimento, ao inibir alguns fatores antinutricionais e aumentar a digestibilidade proteica. Em contrapartida, a aromatização pós-extrusão, amplamente utilizada pela indústria de alimentos, é a principal razão do risco de desequilíbrio nutricional no consumo de produtos extrusados, pois gera um alto percentual de lipídeo no produto final. A aromatização pré-extrusão tem como principal desvantagem a perda de compostos voláteis durante o processo de alimentos, e a adição de realçadores de sabor previamente à extrusão pode modificar a estrutura e a textura de produtos extrusados e influenciar a retenção final do aroma. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da adição pré-extrusão de compostos voláteis, glutamato monossódico e inosinato dissódico e das condições de extrusão sobre as características físicas e retenção de aroma em extrusados de proteína isolada de soja. A proteína isolada de soja foi aromatizada com isovaleraldeído, butirato de etila e ácido butírico com e sem realçadores de sabor e extrusada em diferentes condições de umidade e temperatura numa extrusora de rosca única. O tempo de residência, torque e características físicas (razão de expansão, densidade, textura instrumental e capacidade de reidratação) dos extrusados foram avaliados. A retenção dos compostos voláteis foi analisada utilizando cromatografia gasosa acoplada a um espectrômetro de massa. A intensidade do aroma e a aceitação do aroma foram analisadas sensorialmente. A adição dos compostos voláteis e realçadores de sabor aumentou o tempo de residência e o torque na condição de extrusão menos severa (40% umidade e 130 °C), reduziu a razão de expansão e a força de corte em algumas condições, e aumentou a densidade em todas as condições de extrusão. Na condição de extrusão mais severa (30% umidade e 170°C), os extrusados apresentaram-se firmes, com maior razão de expansão, menores densidade, força de corte, força de compressão e força de compressão do produto reidratado. A adição de compostos voláteis e realçadores de sabor à proteína isolada de soja reduziu a retenção do ácido butírico na condição de extrusão intermediária (35% umidade e 150°C), enquanto que na condição mais severa resultou em extrusados com maior retenção de isovaleraldeído e butirato de etila em relação à condição menos severa. A intensidade de aroma diminuiu e a aceitação sensorial aumentou conforme as condições de extrusão se tornaram mais severas, e a adição de realçadores de sabor resultou em intensidades de aroma acima do ideal em todas as condições de extrusão. Conclui-se, portanto, que a técnica de aromatização pré-extrusão e

extrusão da proteína isolada de soja em condição mais severa de processo resulta em extrusados com desejáveis características físicas, com maior retenção de compostos voláteis e maior aceitação sensorial.

Palavras-chave: proteína isolada de soja, compostos voláteis, realçadores de sabor, extrusão termoplástica, características físicas, análise sensorial.

ABSTRACT

The intense structural rupture of protein that occurs during the extrusion processing promotes the texturing and improvement of the nutritional properties of food by inhibiting antinutritional factors and increasing digestibility. In contrast, the post-extrusion flavouring, widely used by the food industry, is the main reason of the risk of nutritional imbalance in the consumption of extruded products, as it generates a high percentage of lipids in the final product. The pre-extrusion flavouring has as main drawback the loss of volatile compounds during the process of food, and adding flavour enhancers prior to extrusion can modify the structure and texture of extruded and influence the final flavour retention. The aim of this work was to study the effect of adding pre-extrusion of volatile compounds, monosodium glutamate and disodium inosinate and extrusion conditions on physical characteristics and aroma retention in extrudate soy protein isolate. The soy protein isolate was flavoured with isovaleraldehyde, ethyl butyrate and butyric acid with and without flavour enhancers and extruded under different conditions of moisture content and temperature in a single screw extruder. The residence time, torque and physical characteristics (expansion ratio, density, instrumental texture and rehydration capacity) of the extrudates were measured. The retention of volatile compounds was analyzed using gas chromatography coupled to a mass spectrometer. The aroma intensity and aroma acceptance were sensory analyzed. The addition of volatile and flavour enhancers increased the residence time and the torque under the less severe extrusion condition (40% moisture and 130 ° C), reduced the expansion ratio and cutting force in some conditions and increased the density in all extrusion conditions. The extrudates were firm, with greater expansion ratio, lower density, cutting force, compression force and compression force of rehydrated product when obtained under more severe extrusion conditions (30% moisture and 170 ° C). The addition of volatile and flavour enhancers at soy protein isolate reduced the retention of butyric acid under intermediate extrusion condition (35% moisture and 150 ° C), whereas under more severe condition resulted in greater retention of isovaleraldehyde and ethyl butyrate in relation to less severe condition. The aroma intensity decreased and the sensory acceptance increased conforming extrusion conditions become more severe, and adding flavour enhancers resulted in flavour intensity over the ideal in all conditions of extrusion. Therefore, we can conclude that the technique of pre-extrusion flavouring and extrusion of soy protein isolate under more severe

condition process results in extrudates with desirable physical characteristics, with improved retention of volatile and greater sensory acceptance.

Keywords: *soy protein isolate, volatile compounds, flavour enhancers, thermoplastic extrusion, physicals characteristics, sensory analysis.*

SUMÁRIO

<i>1 INTRODUÇÃO</i>	16
<i>2 OBJETIVOS</i>	18
2.1 Objetivo geral.....	18
2.2 Objetivos específicos	18
<i>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i>	19
3.1 Proteína isolada de soja.....	19
3.2 Extrusão termoplástica.....	20
3.3 Interações proteicas durante a extrusão termoplástica.....	24
3.4 Aromatização de produtos extrusados	25
3.5 Realçadores de sabor.....	29
<i>4 MATERIAL E METODOLOGIA</i>	31
4.1 Material	31
4.2 Metodologia	31
4.2.1 Ajuste da umidade da proteína isolada de soja	31
4.2.2 Aromatização da proteína isolada de soja	32
4.2.3 Extrusão termoplástica da proteína isolada de soja.....	33
4.2.4 Avaliação das características físicas dos extrusados	35
4.2.5 Análise da retenção dos compostos voláteis dos extrusados	37
4.2.6 Análise sensorial dos extrusados	39
4.2.7 Análise estatística dos dados	42
<i>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	43
5.1 Determinação das condições de extrusão da proteína isolada de soja (testes preliminares).....	43
5.2 Repetibilidade do processo de extrusão	46
5.3 Monitoramento da extrusão termoplástica.....	48
5.4 Características físicas dos extrusados	49
5.5 Retenção dos compostos voláteis nos extrusados	54
5.6 Intensidade de aroma e aceitação sensorial dos extrusados.....	56
<i>6 CONCLUSÃO</i>	59
<i>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	60
<i>ANEXO 1 – Especificação técnica da proteína isolada de soja</i>	66

<i>ANEXO 2 – Especificação técnica do corante carmim.....</i>	<i>67</i>
<i>ANEXO 3 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....</i>	<i>68</i>
<i>ANEXO 4 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE</i>	<i>69</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Extrusora de rosca única LAB 20 (AX Plásticos, Diadema – SP).....	22
Figura 2: Esquema da estrutura da proteína.	24
Figura 3: Amostra de extrusado em copo plástico codificado.....	39
Figura 4: Ficha da avaliação sensorial dos extrusados.....	40
Figura 5: Fotos dos extrusados de proteína isolada de soja.....	50
Figura 6: Aceitação da intensidade do aroma dos extrusados pela escala do ideal.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Curvas padrão dos compostos voláteis.....	38
Tabela 2: Testes preliminares: razão de expansão (n = 10) e teste de reidratação (n = 3) dos testes do grupo 1.....	44
Tabela 3: Testes preliminares: razão de expansão (n=10) e teste de reidratação (n = 3) dos testes do grupo 2.....	45
Tabela 4: Valores de p do teste t de Student entre as repetições do processo.....	47
Tabela 5: Tempo de residência (n = 6) e torque da rosca (n = 20) na extrusão da proteína isolada de soja.....	49
Tabela 6: Razão de expansão (n = 30), densidade (n = 30), textura (n = 20) e teste de reidratação (n = 3) de extrusados de.....	52
Tabela 7: Quantidade de compostos voláteis nos extrusados (n = 4).....	55
Tabela 8: Intensidade e aceitação do aroma nos extrusados (n = 66).	57

1 INTRODUÇÃO

A extrusão termoplástica é um processo largamente utilizado na indústria de alimentos para produção de uma ampla variedade de ingredientes alimentares e alimentos prontos para o consumo e destaca-se pela sua versatilidade operacional.

Tal processo é utilizado na indústria de confeitaria, na produção de cereais matinais, “snacks”, proteínas vegetais texturizadas, ração animal, caramelos mastigáveis, chicletes, gelatinas, “puxa-puxa”, balas duras, entre outros alimentos (ARÊAS, 1996; CAMIRE; BELBEZ, 1996; REIFSTECK; JEON, 2000; SINGH; GAMLATH; WAKELING, 2007; FELLOWS, 2006; SETH; RAJAMANICKAM, 2012).

Embora os “snacks” tenham grande demanda dentre diferentes consumidores, estes produtos são geralmente considerados de alto valor calórico, decorrente do processo de aromatização utilizado, que ocorre após o processo de extrusão, e no qual é empregada, como veículo, a gordura vegetal hidrogenada ou óleo vegetal (HEYHOE, 2000).

O aroma e a textura são atributos sensoriais importantes, que levam à boa aceitação destes produtos pelos consumidores. Por outro lado, o elevado teor lipídico e valor calórico dos extrusados comerciais, aliados à busca dos consumidores por alimentos práticos e saudáveis, têm levado à necessidade de mudanças no seu processo de aromatização, como, por exemplo, a aromatização pré-extrusão.

Na aromatização pré-extrusão, o aroma é misturado ao material a ser extrusado, o que promove uma distribuição uniforme do mesmo por todo o produto e tornando-o protegido contra oxidação devido à sua encapsulação na matriz sólida do extrusado. Entretanto, devido às características deste processo, ocorrem grandes perdas de aroma na saída da extrusora, sendo que um aumento na quantidade de aroma para compensar essa perda acarreta não só em mudanças na textura, mas também em significativo aumento do custo de produção. Apesar dos progressos já alcançados, são relatadas grandes dificuldades em se reter os compostos voláteis adicionados à matéria-prima anteriormente à extrusão (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2006; CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; MENIS et al., 2013), e por isso eles ainda são objetos de estudo.

Várias são as técnicas desenvolvidas para incorporação de aroma pré-extrusão, como a adição de aroma propriamente dito, de precursores e de compostos aromáticos encapsulados (KOLLENGODE; HANNA, 1997; REIFSTECK; JEON, 2000; BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2004). Adicionalmente, há estudo demonstrando que a

adição de realçadores de sabor à matéria-prima, como glutamato monossódico (MSG) e inosinato dissódico (IMP), modificou a textura dos produtos resultantes por meio das interações proteína-proteína durante o processamento (CASSAR; SARDINHA; ARÊAS, 2008), além de reduzir a retenção de determinados compostos voláteis em algumas condições de extrusão de grits de milho (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012), efeito este que precisa ser mais investigado.

O estudo da utilização da proteína isolada de soja (mínimo de 90% de proteína, base seca) pode auxiliar no entendimento de como as condições de processo e a adição dos realçadores de sabor influenciam as características físicas e a retenção de compostos voláteis nos extrusados. Além disso, a avaliação da viabilidade de aromatização de produtos extrusados, utilizando a técnica de pré-extrusão, pode ajudar a diminuir ao máximo o emprego de óleo ou gordura vegetal hidrogenada na sua aromatização, permitindo a produção de alimentos extrusados menos calóricos e mais saudáveis.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a adição pré-extrusão de compostos voláteis, glutamato monossódico e inosinato dissódico e as condições de extrusão sobre as características físicas e retenção de aroma em proteína isolada de soja.

2.2 Objetivos específicos

Extrusar, em diferentes condições, a proteína isolada de soja pré-aromatizada com compostos voláteis, glutamato monossódico e inosinato dissódico.

Avaliar as características físicas dos extrusados por meio da determinação da razão de expansão, densidade, análise instrumental de textura e teste de reidratação.

Avaliar a retenção dos compostos voláteis nos extrusados usando cromatografia a gás acoplada ao espectrômetro de massa.

Analisar sensorialmente os extrusados quanto à intensidade do aroma, por meio do teste de diferença multiamostrai, e quanto à aceitação do aroma, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos e escala do ideal.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Proteína isolada de soja

A proteína de soja, um componente comestível da soja, é obtida por processos de remoção dos componentes lipídicos e não digeríveis e de concentração da proteína, aumentando sua biodisponibilidade. Segundo Yu, Ramaswany e Boye (2009, 2013), dependendo das etapas utilizadas durante o processamento, pode-se obter produtos como: farinha desengordurada de soja, proteína de soja concentrada e proteína isolada de soja.

O concentrado proteico de soja, que apresenta no mínimo 65% de proteína, é obtido a partir da remoção da casca, óleo e oligossacarídeos do grão de soja. A etapa de remoção dos oligossacarídeos é caracterizada pelo tratamento do farelo desengordurado com solução aquosa de etanol a 70 – 90% e lavagem com água em pH isoeletrico (4,5) (LUSAS; RIAZ, 1995).

O processo tradicional da produção de proteína isolada de soja inicia-se com a extração aquosa alcalina (pH 9 – 11) das proteínas e carboidratos solúveis, contidos no farelo desengordurado de soja. As fibras insolúveis são removidas por centrifugação e as proteínas solúveis remanescentes são, então, precipitadas em seu ponto isoeletrico (pH 4,2 a 4,5), na presença de ácido clorídrico e uma decantação acelerada por centrifugação. As proteínas precipitadas são, posteriormente, separadas por centrifugação, lavadas com água, neutralizadas até pH 6,8 e, finalmente, secas em *spray dryer*. Alguns processos fazem a lavagem das fibras, na segunda etapa, para aumentar o rendimento do processo (LUSAS; RHEE, 1995). Com mais de 90% de proteína em base seca, a proteína isolada de soja é comercializada na forma de pó e apresenta coloração creme.

Tais produtos proteicos são matérias-primas importantes em produtos extrusados pela sua disponibilidade no mercado, valores nutritivos e funcionais e custo razoável quando comparado a uma proteína de origem animal (SOLINA; JOHNSON; WHITFIELD, 2007; CHEN et al., 2011). Além disso, a proteína fica insolúvel durante o processo de extrusão, dando integridade estrutural e propriedades viscoelásticas específicas ao produto, conferindo textura semelhante às das fibras da carne (MACDONALD; PRYZBYSZEWSKI; HSIEH, 2009).

As proteínas de soja, seja a concentrada, a isolada ou a texturizada, são adicionadas em uma grande variedade de alimentos e são mais comumente aplicadas como substitutas da proteína da carne (CONTI-SILVA; SILVA; ARÊAS, 2011), além de estarem presentes em

diversas formulações, como: barras de proteína, *shakes*, análogos de carne, sopas, sucos de fruta, *mix* de cereais matinais e alguns suplementos dietéticos.

Proteínas, em geral, são adicionadas aos alimentos tanto pela sua importância nutritiva quanto pela funcionalidade que exercem nos alimentos, como emulsificação, retenção de água, formação de espumas ou géis, e ainda alterações de aroma, aparência e textura (GIESE, 1994). A utilização da soja tem sido um recurso para melhorar o perfil de aminoácidos e aumentar o conteúdo de alguns minerais nos alimentos (FERNANDES et al., 2002; ZHU et al., 2010), além de estar associada a vários benefícios para a saúde, como a redução do nível de colesterol no sangue e proteção contra doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (YU; RAMASWAMY; BOYE, 2009; ZHU et al., 2010; YU; RAMASWAMY; BOYE, 2013).

A utilização da proteína isolada de soja em formulações proporciona elevação no teor de proteína com alto teor de lisina, reduzido teor de carboidratos, gorduras e açúcares (YU; RAMASWAMY; BOYE, 2009; KONSTANCE et al., 1998). Além do alto teor de proteína, os produtos proteicos de soja contêm outros constituintes, tais como a isoflavona, fibras e saponinas (YU; RAMASWAMY; BOYE, 2009).

3.2 Extrusão termoplástica

A extrusão termoplástica é um processo muito utilizado na indústria de alimentos para produção de uma ampla variedade de ingredientes alimentares e alimentos prontos para o consumo. Neste processo HTST (*High Temperature - Short Time*), a matéria-prima previamente hidratada (30 - 40% para materiais proteicos e 10 - 15% para os amiláceos) é introduzida em um funil de alimentação e conduzida por uma ou duas roscas ao longo do canhão de extrusão. Durante esse caminho, temperaturas de 120 a 200 °C e força de cisalhamento elevadas são impostas ao material, promovendo a desnaturação da proteína e a gelatinização do amido. Na parte final do canhão, o passo da rosca e ou a profundidade do passo diminuem, o que restringe o volume e aumenta a resistência ao movimento do alimento. Como consequência, há um aumento na pressão interna, pois o canhão e os espaços entre os passos da rosca ficam cheios e são comprimidos. À medida que o alimento vai sendo transportado ao longo do canhão, a rosca vai trabalhando a matéria-prima e transformando-a em uma massa plástica semi-sólida. Na saída dessa massa da extrusora, a repentina queda da pressão interna (3-5 MPa ou 40-60 atm) para pressão atmosférica causa a evaporação da água superaquecida, formando vacúolos e expandindo o material. Nesta fase final, o vapor atua

como agente de crescimento, fazendo com que o material se expanda na direção longitudinal e radial, e endureça rapidamente à temperatura ambiente, conferindo a textura desejada ao produto (CAMIRE, 1991; ARÊAS, 1992; MACRAE; ROBINSON; SADLER, 1993; ARÊAS, 1996; FELLOWS, 2006; SINGH; GAMLATH; WAKELING, 2007).

Fellows (2006) define extrusão como um processo que combina várias operações unitárias, incluindo mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem, provocando uma grande quantidade de alterações complexas no alimento, como, por exemplo, a hidratação dos amidos e proteínas, gelatinização, fusão de gorduras, desnaturação ou reorientação de proteínas e plastificação e expansão da estrutura do alimento. Sendo um processo HTST, reduz a contaminação microbiana e inativa as enzimas, entretanto, o alimento é conservado pela redução da atividade de água.

Uma extrusora de alimentos possui vários componentes que podem variar de tamanho, função ou geometria, possibilitando a flexibilidade do processo e, conseqüentemente, dos produtos que serão obtidos. Entretanto, alguns componentes são fundamentais e comuns nos diversos modelos existentes no mercado. A extrusora de rosca única da AX Plásticos (Diadema – SP), modelo LAB 20, utilizada neste trabalho, possui as seguintes características:

- camisa que possui estrias longitudinais e está fixa no interior do canhão condutor. As estrias contribuem para o aumento do atrito no interior do canhão durante a passagem da matéria-prima, aumentando a pressão e a expansão do produto final;

- quatro zonas de aquecimentos, que são aquecidas por resistência elétrica e resfriadas com o auxílio de pequenos ventiladores que são acionados, automaticamente, conforme a necessidade. A primeira zona, chamada de zona de alimentação, recebe o material a ser extrusado; na segunda e terceira zona, zonas de fusão e compressão, respectivamente, ocorrem mistura, compressão e alterações físico-químicas na matéria-prima (por exemplo, desnaturação da proteína e gelatinização do amido); e por fim, na quarta zona, está localizada a trafilagem (molde);

- duas opções de roscas que variam em suas taxas de compressão, comprimento e altura dos passos. A rosca, um dos principais componentes de um extrusor, é encaixada dentro do canhão e é responsável pelo transporte do material até a saída da extrusora. A pressão dentro do canhão aumenta ou diminui de acordo com a configuração da rosca. Por exemplo, quanto maior a taxa de compressão, maior a diferença entre a profundidade dos passos no início e no final da rosca, levando à maior pressão;

- subtrafilagem e trafilagem com diferentes geometrias, que são devidamente utilizadas dependendo do grau de expansão que se deseja obter. Quanto menor o orifício de saída, maior

o diferencial de pressão na saída do equipamento e maior a expansão do produto. A subtrafila é comumente utilizada para auxiliar no realinhamento do fluxo e reorganizar as fibras, quando se trata da extrusão de produtos proteicos.

A Figura 1 ilustra a extrusora de rosca única LAB 20 (AX Plásticos, Diadema – SP).

Figura 1: Extrusora de rosca única LAB 20 (AX Plásticos, Diadema – SP).



As principais vantagens do processo de extrusão são: a) versatilidade, proporcionada pelas diversas configurações que o extrusor é capaz de adotar, alterando, por exemplo, o tipo de trafileira ou a taxa de compressão da rosca; b) custos reduzidos, pois se comparado a outros processos de cozimento ou modelagem possui uma alta produtividade, funcionando continuamente; c) não há efluentes no processo, uma vez que é um processo de baixa umidade, reduzindo custos, inclusive com tratamento de água (FELLOWS, 2006).

Diversas matérias-primas podem ser utilizadas como base do processo de extrusão de alimentos, como: amidos, milho, trigo e produtos proteicos.

Em extrusão de alimento amiláceo, a água adicionada à matéria-prima, juntamente com o aquecimento, promovem o entumescimento dos grânulos de amido. Com a gelatinização do amido, a massa se torna mais viscosa, mas com a força de cisalhamento sofrida no interior do canhão, as macromoléculas são quebradas em moléculas menores, reduzindo a viscosidade. Na saída da extrusora, o material amiláceo que se encontra no estado vítreo se expande rapidamente e se resfria alcançando temperaturas abaixo do estado de transição vítrea,

formando um produto com estrutura porosa (HARPER, 1978; ORDOÑEZ, 2005; FELLOWS, 2006).

Na extrusão da proteína isolada de soja, a proteína desnatura-se nas condições de calor úmido, produzindo uma massa viscosa uniforme. A ação de cisalhamento evita o realinhamento das proteínas até que elas saiam através da trafilha. A expansão e o resfriamento do material provocam a polimerização das proteínas formando uma estrutura fibrosa característica (FELLOWS, 2006). Com a desnaturação da proteína, resultante do processamento, a viscosidade diminui e a maior fluidez da massa de proteína de soja dá origem a um fluxo ordenado, texturizando a proteína após o resfriamento, na saída do extrusor (GUERRERO, 2012). Os extrusados proteicos apresentam menor expansão, se comparados aos extrusados amiláceos, maior resistência à ruptura na presença de água e necessitam de algum processamento posterior para o seu consumo, como por exemplo, o cozimento (KINSELLA, 1978; ORDOÑEZ, 2005).

O processo de extrusão pode melhorar a digestibilidade das proteínas e dos amidos, provavelmente devido aos efeitos da temperatura e do cisalhamento sobre sua estrutura, que promovem uma parcial ou total gelatinização e fragmentação do amido e a desnaturação da proteína. Esta pré-digestão do amido e da proteína pode contribuir com uma rápida utilização destes componentes pelo organismo, e atender à necessidade de consumidores que buscam manter a energia e um metabolismo balanceado (BRENNAN et al., 2013).

A ruptura estrutural e intensa que ocorre no produto durante o processo de extrusão de alimentos proteicos facilita as modificações das propriedades funcionais alimentares e sua texturização. Além disso, este processo inativa alguns fatores antinutricionais, como os inibidores de tripsina, hemaglutininas, fitatos e taninos (CAMIRE, 1991; SINGH; GAMLATH; WAKELING, 2007).

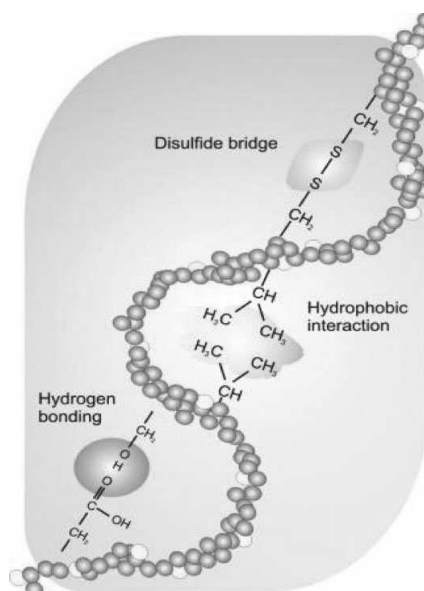
A farinha de milho é uma matéria prima amplamente utilizada na obtenção de produtos extrusados. Porém, motivados com as vantagens da adição de alimentos proteicos em extrusados à base de cereais, diversos estudos têm sido conduzidos para explorar as características dos extrusados obtidos da mistura de derivados de soja e milho. Yu, Ramaswamy e Boye (2009) investigaram a influência da velocidade da rosca, da temperatura de processo e da umidade do material nas propriedades físicas de extrusados de farinha de milho e proteína isolada de soja e concluíram que a umidade do material foi o fator mais importante para as propriedades físicas dos extrusados. Mesa et al. (2009) determinaram a absorção de água e o índice de solubilidade de extrusados de amido de milho adicionado de porções de proteína concentrada de soja, e observaram que a absorção de água foi maior e o

índice de solubilidade foi menor com o aumento da velocidade da rosca e dos níveis de proteína concentrada de soja. Zhu et al. (2010) avaliaram as propriedades físicas de extrusados de amido de milho com alto teor de amilose e proteína concentrada de soja em diversos níveis de proteína, e notaram um aumento substancial na densidade e uma redução na expansão e no índice de absorção de água com a adição de 20 a 30% de proteína. Yu, Ramaswamy e Boye (2013) avaliaram a qualidade de extrusados ricos em proteína, a partir da mistura de proteína isolada de soja e farinha de milho, e observaram um aumento da razão de expansão e razão de reidratação, e redução da densidade e índice de absorção de água em temperaturas maiores de processo.

3.3 Interações proteicas durante a extrusão termoplástica

O material proteico é formado por uma rede tridimensional de macromoléculas estabilizadas por ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas e ligações dissulfeto (VERBEEK; VAN DEN BERG, 2010; CHEN et al., 2011), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Esquema da estrutura da proteína.



Fonte: Veerbeek; Van Den Berg (2010).

Com o processo de extrusão, ocorre a desnaturação e a redução da solubilidade da proteína, além de promover uma complexa alteração em sua estrutura molecular. Segundo Mohammed, Hill e Mitchell (2000), a insolubilização da proteína é favorecida pela formação de grande número de ligações covalentes não-dissulfeto. E, de acordo com Arêas (1992), Liu

e Hsieh (2007) e Guerrero et al. (2012), as ligações covalentes dissulfeto e interações não-covalentes são responsáveis e igualmente importantes para formar a estrutura fibrosa do extrusado proteico.

A formação de ligações covalentes não-dissulfeto dificulta o processo de extrusão de proteínas, que ocorrem quando são aquecidas em altas temperaturas e baixa concentração de água. Ao contrário das ligações dissulfeto, essas ligações não se fundem ou não se alteram em altas temperaturas, prejudicando o escoamento da massa e a formação de um extrusado homogêneo (ARÊAS, 1992).

A extrusão requer a formação de uma massa proteica viscoelástica e homogênea que ocorre por meio de: desnaturação, dissociação, desenrolamento e realinhamento da cadeia proteica. A presença de ligações fortes, como as ligações covalentes, é desfavorável, pois diminui a mobilidade da cadeia, aumentando a viscosidade e impedindo a homogeneização desejada. As proteínas têm altas temperaturas de fusão (*melting*), que frequentemente são acima das temperaturas de degradação, devido sua complexidade natural e o grande número de interações macromoleculares. A utilização de plastificantes, como a água, é requerida para melhorar a mobilidade da cadeia e reduzir o ponto de amolecimento. Por isso, durante a extrusão, deve-se buscar estabelecer um equilíbrio entre a degradação da proteína causada pelo cisalhamento e a agregação por meio da formação de forças intermoleculares ou ligações covalentes, que são promovidas pelo aquecimento (VERBEEK; VAN DEN BERG, 2010).

3.4 Aromatização de produtos extrusados

Dentre as características sensoriais de um alimento, o aroma é a característica mais afetada durante os processamentos, principalmente naqueles que utilizam altas temperaturas como a extrusão termoplástica (YULIANI et al., 2004). Tal processo causa a decomposição, degradação, desnaturação, formação de ligações cruzadas e interações entre diversos componentes presentes no material extrusado, e os compostos aromáticos podem sofrer várias reações químicas, como oxidação, polimerização, hidrólise, entre outras (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001). Portanto, estabilizar e reter os compostos voláteis durante a extrusão tem sido um grande desafio científico e tecnológico devido ao calor, pressão e cisalhamento aplicados aos materiais neste processamento (REIFSTECK; JEON, 2000).

Vários fatores influenciam a estabilidade, desenvolvimento, retenção e degradação dos compostos voláteis durante a extrusão (REIFSTECK; JEON, 2000; BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2004):

1) composição da matéria-prima (carboidratos, proteínas e lipídeos, além de ácidos, sais e açúcares);

2) interações entre os compostos aromáticos e os principais constituintes da matriz alimentícia (carboidratos, proteínas e lipídeos);

3) condições de extrusão, como tempo de residência, temperatura, umidade, pressão e compressão;

4) formato e tamanho do produto final;

5) perda de vapor durante a expansão do extrusado: à saída do equipamento, a água superaquecida evapora devido à repentina queda da pressão interna para a pressão atmosférica e, juntamente com esse vapor, várias substâncias voláteis podem ser arrastadas;

6) difusividade dos voláteis: a difusividade dos voláteis na massa ainda pouco viscosa antes da vaporização da água ao final do processo contribui para a maior ou menor perda de voláteis na expansão do extrusado. Por um lado, os voláteis são convertidos em vapor devido à temperatura do processo e a rápida queda de pressão na saída da extrusora. A baixa viscosidade do material ainda no interior do canhão e a posterior evaporação da água durante a expansão do material, facilitam a difusão dos voláteis devido à ruptura da estrutura densa e contínua da massa que reduz a distância até a superfície, contribuindo para a perda de aromas. Por outro lado, o resfriamento instantâneo do extrusado na saída da extrusora resulta no aumento da viscosidade do material e na formação de um material vítreo, imobilizando os compostos voláteis no interior do extrusado, ou seja, um encapsulamento dentro do material sólido, contribuindo para a retenção de aromas;

7) volatilidade relativa dos voláteis: a volatilidade relativa é fortemente influenciada pela interação entre os voláteis e os constituintes sólidos do alimento. Aumentando a interação, a volatilidade relativa é menor, promovendo uma maior retenção de aroma durante a vaporização na saída do extrusor.

A retenção de aromas na matriz alimentícia é influenciada principalmente pelas interações, reversíveis ou não reversíveis, entre os componentes do alimento e dos compostos voláteis (ARVISENET; VOILLEY; CAYOT, 2002).

Thanh et al. (1991) e Bhandari, D'arcy e Young (2001) relatam diversos tipos de interações que podem explicar a associação de compostos voláteis com os componentes do alimento, como: ligações covalentes irreversíveis formadas da reação de aldeídos com grupos amino ou sulfidrilas das proteínas; interações de Van der Waals que produzem ligações hidrofóbicas entre compostos voláteis apolares e proteínas; ligações de hidrogênio com voláteis polares, como alcoóis; e compostos de inclusão contendo compostos voláteis.

Existem, basicamente, quatro métodos de aromatização de produtos extrusados (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2004):

1) Aplicação pós-extrusão: o aroma é misturado à gordura vegetal hidrogenada ou óleo, que é aspergido sobre o extrusado. Esse método acarreta em um aumento no teor lipídico do extrusado e em maior exposição dos compostos voláteis à oxidação, além de não ocorrer completa homogeneização do aroma no extrusado;

2) Incorporação pré-extrusão: o aroma é misturado ao material a ser extrusado, o que promove uma distribuição uniforme do aroma por todo o produto e ele fica protegido contra oxidação devido à sua encapsulação na matriz sólida do extrusado. Entretanto, devido às características deste processo, ocorrem grandes perdas de aroma na saída da extrusora, sendo que um aumento na quantidade de aroma para compensar essa perda acarreta não só mudanças na textura, mas também 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 massa que está sendo extrusada ainda ao final do canhão, antes da expansão do produto. Neste caso, o aroma não é adequadamente distribuído, e também ocorre perda de aroma durante a vaporização da água na expansão posterior do produto.

Apesar das vantagens e desvantagens de cada método, a aromatização pós-extrusão é amplamente utilizada pela indústria de alimentos porque, além de agregar maior aroma ao extrusado, a gordura aumenta a sensação de prazer no momento do consumo. Este procedimento é, entretanto, a principal razão do grande risco de desequilíbrio nutricional no consumo de produtos extrusados, pois gera um alto percentual de lipídeo no extrusado, que varia de 18 a 41%, e um valor calórico de 450 a 575 calorias por 100 g de produto (HEYHOE, 2000).

O elevado teor lipídico e valor calórico dos extrusados comerciais têm levado à necessidade de mudanças no processo de aromatização, como a redução dos lipídeos utilizados (CAPRILES; SOARES; ARÊAS, 2007), a emulsificação dos aromas em veículos aquosos antes da aspersão (ARÊAS et al., 2005) e a utilização da aromatização pré-extrusão (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012). Apesar dos progressos já alcançados, são relatadas grandes dificuldades em se reter os compostos voláteis adicionados à matéria-prima

anteriormente à extrusão (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2006; CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; MENIS et al., 2013).

Várias são as técnicas desenvolvidas para incorporação de aroma pré-extrusão, como a adição de aroma propriamente dito, de precursores e de compostos aromáticos encapsulados (KOLLENGODE; HANNA, 1997; REIFSTECK; JEON, 2000; BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001; YULIANI et al., 2004).

Palkert e Fagerson (1980) mostraram que a recuperação de compostos voláteis adicionados à farinha desengordurada de soja foi de 4 a 22% após a extrusão. Kollengode, Hanna e Cuppett (1996) extrusaram amido de milho com compostos voláteis adicionados antes da extrusão e por meio de injeção no final do canhão, e a média de retenção ficou em torno dos 21,7% e 37,5%, respectivamente.

Na extrusão de amido de milho contendo cinco diferentes níveis de d-limoneno encapsulado com β -ciclodextrina (0 – 5%), foi verificado que o aumento da velocidade da rosca (158 – 242 rpm) diminuiu a retenção do d-limoneno, uma vez que diminuiu a viscosidade da massa, resultando em maior expansão e, conseqüentemente, menor retenção do aroma. Outro resultado encontrado neste estudo foi que com o decréscimo da temperatura (167 – 133 °C), juntamente com o aumento dos níveis do d-limoneno encapsulado, ocorreu um aumento na retenção do aroma (YULIANI et al., 2006).

Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) extrusaram grits de milho adicionado de três compostos voláteis em três condições de extrusão. A retenção dos compostos voláteis foi dependente do ponto de ebulição dos mesmos (maior ponto de ebulição, maior retenção) e das condições de extrusão (em condição menos severa, como alta umidade e baixa temperatura, maior retenção), variando de 0,1 a 96,4%. A adição dos compostos voláteis também reduziu a razão de expansão e a força de corte dos extrusados.

Menis et al. (2013) avaliaram os efeitos das condições de extrusão na retenção de três compostos voláteis pela Metodologia de Superfície de Resposta, e observaram que a retenção do butirato de etila foi influenciada pela quantidade de umidade do grits de milho. A retenção dos compostos, que também foi dependente de seus pontos de ebulição, variou de não-detectado (ND) a 36,10 mg/g de extrusado.

Poucos estudos sobre a retenção de aromas em produtos extrusados de matriz proteica, utilizando métodos de pré-aromatização, são relatados, sendo necessárias, portanto, novas investigações.

3.5 Realçadores de sabor

Realçadores de sabor são aditivos alimentares utilizados como alternativa para causar um efeito de gosto e sabor mais contínuo e marcante nos alimentos ao paladar do consumidor. O termo ‘umami’, que significa saboroso em japonês, tem sido usado para traduzir o sabor peculiar que tais aditivos promovem.

O gosto ‘umami’ está contido naturalmente em uma variedade de alimentos pela presença de uma destas substâncias nos realçadores de sabor: glutamato monossódico (peixes, carnes vermelhas, leite e diversos vegetais), inosinato dissódico (peixes, frango, carne de porco) e guanilato dissódico (cogumelos e carnes vermelhas) (NINOMIYA, 2002).

O glutamato monossódico é um sal do ácido glutâmico, que é um aminoácido não essencial, mas abundante na natureza, obtido a partir da fermentação bacteriana do melão de cana (AULT, 2004; SANO, 2009), enquanto o inosinato e o guanilato são nucleotídeos obtidos a partir da fermentação do amido. Tais aditivos são comumente adicionados aos produtos cárneos, sopas, *snacks*, temperos, molhos, condimentos preparados e alimentos à base de peixe.

Há um grande efeito sinérgico do glutamato com o inosinato e o guanilato. Estas duas últimas substâncias são praticamente insípidas na ausência do glutamato. Entretanto, quando uma pequena quantidade de guanilato ou inosinato é adicionada ao glutamato, é obtida uma percepção do gosto ‘umami’ de 6 a 8 vezes mais intenso do que o esperado a partir da quantidade adicionada de glutamato (NINOMIYA, 2002; AULT, 2004).

A adição de glutamato monossódico (MSG) e inosinato dissódico (IMP) a duas matrizes (grão de bico com pulmão bovino e amaranto) anteriormente à extrusão modificou a textura dos produtos devido às interações proteína-proteína durante o processamento. As modificações foram significativamente perceptíveis sensorialmente e igualmente determinadas por medida instrumental. Estas modificações não prejudicaram a aceitabilidade dos produtos, o que foi avaliado pela equipe sensorial em ambos os casos (CASSAR; SARDINHA; ARÊAS, 2008).

Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) extrusaram grits de milho em diferentes condições, adicionados de três compostos voláteis, glutamato monossódico e inosinato dissódico. A adição simultânea de compostos voláteis e realçadores de sabor aumentou a razão de expansão dos extrusados em duas condições de extrusão (10% de umidade e 130 °C; 15% de umidade e 110 °C), aumentou a densidade dos extrusados com 20% de umidade e 90 °C e reduziu a retenção de dois dos compostos em algumas condições de extrusão. A perda na

retenção destes compostos mostra que os realçadores de sabor influenciam a estrutura da matriz durante a extrusão e, conseqüentemente, na capacidade de retenção de aromas e na textura dos produtos.

4 MATERIAL E METODOLOGIA

4.1 Material

A proteína isolada de soja, Protimarti M-90 (Anexo 1), com mínimo de 90% de proteína em base seca, foi fornecida pela empresa Marsul Proteínas Ltda (Montenegro/RS, Brasil).

Foram utilizados três compostos voláteis para a aromatização da matéria-prima: ácido butírico (código W222119, > 99% de pureza), isovaleraldeído (código W269204, > 97% de pureza) e butirato de etila (código W242705, > 98% de pureza) (Sigma-Aldrich, Milwaukee, USA). A seleção dos compostos voláteis foi baseada em diferentes pontos de ebulição e no fato de que todos são compostos que apresentam contribuição odorífera para o aroma de diferentes tipos de queijo (O'RIORDAN; DELAHUNTY, 2003; FRANK, OWEN, PATTERSON, 2004; FRANK et al., 2006; GOGUS; OZEL; LEWIS, 2006), sendo este um dos aromas mais utilizados na aromatização de “snacks”.

Os realçadores de sabor, glutamato monossódico monohidratado e 5-inosinato dissódico, foram fornecidos por Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda (Laranjal Paulista/SP, Brasil).

Para a obtenção do tempo de residência de extrusão, foi empregado corante natural de carmim (CC-300-WS FCC II, código 621579) (Anexo 2), que não influenciava no aroma do produto, fornecido pela empresa Chr. Hansen Ind. e Com. Ltda (Valinhos/SP, Brasil).

4.2 Metodologia

4.2.1 Ajuste da umidade da proteína isolada de soja

A umidade inicial da proteína isolada de soja foi determinada pelo método de secagem em estufa a 105 °C (AOAC, 1997), resultando em 7,1% ± 0,1 (b.s). Posteriormente, as umidades foram ajustadas de acordo com os valores necessários para a extrusão. A quantidade necessária de água adicionada à matéria-prima para obter materiais com diferentes umidades finais foi calculada utilizando a equação:

$$A = \left[\frac{(100 - U_i) \times U_f}{100} \right] - U_i, \text{ sendo que:}$$

A = água a ser adicionada em 100 g de proteína isolada de soja (g)

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

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

Foi utilizada uma batedeira planetária de batedor aramado que, contendo a proteína isolada de soja, permaneceu ligada na velocidade mínima. A cada três minutos, com o auxílio de um conta-gotas, foram adicionados aproximadamente 8 mL de água, até que toda a água foi acrescentada ao material.

Após o ajuste, o material foi estocado em sacos de polietileno sob refrigeração, por 24 horas, para a homogeneização da umidade. Em seguida, foi realizada novamente a análise das umidades dos materiais pelo método de secagem em estufa a 105 °C (AOAC, 1997).

4.2.2 Aromatização da proteína isolada de soja

Após o ajuste da umidade, dezoito porções de 220 g de proteína isolada de soja foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno. Em seguida, fez-se a aromatização da proteína isolada de soja de duas maneiras:

1) adicionando 1,5% de cada composto volátil (m/m) em seis porções de 220 g;

2) adicionando 1,5% de cada composto volátil + 0,5% de glutamato monossódico + 0,025% de inosinato dissódico (5% em relação à quantidade de glutamato monossódico) (m/m) em seis porções de 220 g. Os realçadores de sabor foram adicionados primeiramente à proteína isolada de soja e, em seguida, foram adicionados os compostos voláteis.

A adição dos compostos voláteis foi feita em volume, baseada na densidade dos mesmos, sendo, portanto, adicionados 3,4 mL de ácido butírico, 3,7 mL de butirato de etila e 4,1 mL de isovaleraldeído a cada 220 g de proteína isolada de soja.

Após a aromatização, os sacos de polietileno foram selados, fez-se uma homogeneização manual dos compostos voláteis na proteína isolada de soja e esta foi mantida à temperatura ambiente por duas horas antes da extrusão (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012).

As demais seis porções de 220 g de proteína isolada de soja não foram aromatizadas.

4.2.3 Extrusão termoplástica da proteína isolada de soja

4.2.3.1 Testes preliminares

Uma extrusora de rosca única (modelo LAB 20, AX Plásticos, Diadema/SP, Brasil) foi utilizada e, por se tratar de uma extrusora recentemente adquirida, foram conduzidos testes preliminares para determinação das condições intermediária, mais severa (menor umidade e maior temperatura) e menos severa (maior umidade e menor temperatura) utilizadas neste trabalho. A proteína isolada de soja, descrita no item 4.1 e com a umidade ajustada de acordo com o item 4.2.1, sem adição de aroma ou realçadores de sabor, foi utilizada nestes testes.

Algumas configurações foram pré-estabelecidas devido às limitações da extrusora, como: taxa de compressão da rosca de 4,6:1, sub-trafila de 34 furos com 1,9 mm de diâmetro cada, trafilas com diâmetro do orifício de saída de 3,3 mm, velocidade de alimentação de 45 g/min. As temperaturas nas zonas 1, 2 e 4, estabelecidas com base em trabalhos anteriores (CONTI-SILVA, 2008), foram de 50, 90 e 120°C, respectivamente.

A velocidade de rotação da rosca, a umidade do material e a temperatura na terceira zona de aquecimento (zona de maior cisalhamento do material) foram variadas de acordo com dois grupos de testes, sendo que, em cada grupo, foram realizados dois testes. No primeiro teste, variaram-se a velocidade de rotação da rosca e a umidade da proteína isolada de soja, mantendo-se constante a temperatura na terceira zona de aquecimento; e, no segundo teste, variaram-se a temperatura e a umidade, mantendo-se constante a velocidade da rosca com a rotação determinada no teste anterior.

GRUPO 1

1º teste

- velocidade de rotação da rosca: 150, 160 e 170 rpm;
- umidade da proteína isolada de soja: 25, 30 e 35%;
- temperatura na terceira zona: 130 °C.

2º teste

- velocidade de rotação da rosca: determinada no 1º teste;
- umidade da proteína isolada de soja: 25, 30 e 35%;
- temperatura na terceira zona: 110, 130 e 150 °C.

GRUPO 2

1º teste

- velocidade de rotação da rosca: 150, 160 e 170 rpm;
- umidade da proteína isolada de soja: 30, 35 e 40%;
- temperatura na terceira zona: 150 °C.

2º teste

- velocidade de rotação da rosca: determinada no 1º teste;
- umidade da proteína isolada de soja: 30, 35 e 40%;
- temperatura na terceira zona: 130, 150 e 170 °C.

Os extrusados foram avaliados quanto à razão de expansão e tiveram seus diâmetros medidos com o auxílio de um paquímetro (Stainless Hardened 806178), sendo realizadas dez medições seguindo o método descrito no item 4.2.4.1. Além disso, foi verificada visualmente a texturização do produto, por um teste de reidratação, utilizando a metodologia citada no item 4.2.4.4, e para cada teste foram feitas observações de três extrusados aleatórios cortados em comprimentos de aproximadamente 50 mm cada.

4.2.3.2 Condições de extrusão testadas

Para a extrusão da proteína isolada de soja, foi utilizada uma extrusora de rosca única (modelo LAB 20, AX Plásticos, Diadema/SP, Brasil), com canhão de relação comprimento/diâmetro (L/D) de 26:1 e quatro zonas de aquecimento. As configurações e as temperaturas nas zonas 1, 2 e 4 da extrusora foram as mesmas pré-estabelecidas nos testes para determinação das condições de extrusão da proteína isolada de soja (item 4.2.3.1).

Desta forma, as condições de umidade da proteína isolada de soja e temperatura na terceira zona de aquecimento da extrusora, pré-determinadas (item 5.1) e utilizadas no trabalho foram:

- 1) condição intermediária (35% de umidade em base seca e 150 °C);
- 2) condição mais severa: menor umidade e maior temperatura (30% de umidade em base seca e 170 °C);
- 3) condição menos severa: maior umidade e menor temperatura (40% de umidade em base seca e 130 °C).

Para cada condição de extrusão, foram extrusadas duas porções de 220 g de proteína isolada de soja sem aromatização, duas porções de 220 g de proteína isolada de soja

aromatizada apenas com compostos voláteis e duas porções de 220 g de proteína isolada de soja aromatizada com compostos voláteis e realçadores de sabor. A extrusão foi realizada em duas repetições para avaliação da repetibilidade do processo, totalizando, portanto, dezoito ensaios.

Foram feitas três medições do tempo de residência em cada ensaio utilizando o corante natural de carmim, sendo a primeira medição logo no início da extrusão, a segunda quando aproximadamente metade do material havia sido extrusado e a última no final da extrusão. Em cada medição, uma gota de corante foi adicionada a 0,5 g de proteína isolada de soja, que foi inserida no funil de alimentação para verificar o tempo gasto entre a entrada da matéria-prima e a saída de extrusado com o corante.

O torque da rosca, ou seja, o esforço exercido pelo equipamento no processo de extrusão, foi verificado a cada 30 segundos, sendo coletados dez dados.

Não foi possível fazer um planejamento aleatório 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 da redução da temperatura (da maior para a menor) e em função do aumento da aromatização (sem compostos voláteis, com compostos voláteis, com compostos voláteis e realçadores de sabor). Durante a estabilização da temperatura entre um ensaio e outro, foi extrusada proteína isolada de soja com 35% de umidade e sem compostos voláteis devido à facilidade de seu processamento.

4.2.4 Avaliação das características físicas dos extrusados

4.2.4.1 Razão de expansão

Os extrusados tiveram seus diâmetros medidos com o auxílio de um paquímetro digital (Digimess IP54), e, a partir disso, foi calculada a razão de expansão segundo a fórmula (PARADA; AGUILERA; BRENNAN, 2011):

$$\text{razão de expansão} = \frac{\text{média dos diâmetros dos extrusados}}{\text{diâmetro do orifício de saída da traçila}}$$

Foram feitas quinze medições aleatórias de extrusados cortados em comprimentos iguais (50 mm).

4.2.4.2 Densidade

Foram feitas quinze medições da densidade dos extrusados, que foi obtida pela fórmula:

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

ρ = densidade (g/cm³)

M = peso do extrusado (g)

D = diâmetro do extrusado (cm)

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

4.2.4.3 Análise instrumental de textura

Três análises foram realizadas, utilizando o equipamento TAXT2i e software “Texture Expert” (Stable Systems 1999):

1) força de corte: foi utilizado “probe” Warner Bratzler, velocidade de pré-teste de 5 mm/s e velocidade de teste de 1 mm/s. O corte foi feito perpendicularmente à amostra até sua completa ruptura. Os extrusados foram padronizados com, aproximadamente, 50 mm de comprimento para realização da análise e o pico da força obtida, em newtons, foi considerado como o resultado do teste;

2) força de compressão: foi utilizado “probe” cilíndrico de alumínio com 25 mm de diâmetro, velocidade de pré-teste de 5 mm/s, velocidade de teste de 1 mm/s e compressão de 50 % da amostra. Os extrusados foram padronizados com, aproximadamente, 20 mm de comprimento para realização da análise e a força necessária para comprimir 50 % da amostra, em newtons, foi considerada como o resultado do teste;

3) força de compressão do produto reidratado: foi utilizado “probe” cilíndrico de alumínio com 25 mm de diâmetro, velocidade de pré-teste de 5 mm/s, velocidade de teste de 1 mm/s e compressão de 50% da amostra. Os extrusados foram padronizados com, aproximadamente, 20 mm de comprimento para realização da análise e a força necessária para comprimir 50 % da amostra, em newtons, foi considerada como o resultado do teste. A reidratação dos extrusados foi feita aquecendo-se a água a 100 °C, e imergindo e mantendo os extrusados nesta durante cinco minutos, sem aquecimento.

Para cada análise e amostra foram feitas dez medições.

4.2.4.4 Teste de reidratação

Extrusados proteicos, após reidratação em água quente, apresentam textura firme e esponjosa, devido à capacidade de reterem água sem se desmancharem. Por isso, foi realizado um teste de reidratação dos extrusados para verificar a texturização dos produtos.

Aqueceu-se a água a 100 °C e os extrusados foram colocados e mantidos imersos nela durante cinco minutos, sem aquecimento. Após este tempo, retiraram-se os extrusados e, visualmente e por teste tátil, foi verificado se houve reidratação adequada dos mesmos, classificando-os, subjetivamente, como: extrusados duros (não se desfaz, mas o centro é duro), extrusados firme (não se desfaz e se parece com uma esponja) ou extrusados moles (desfaz-se). Extrusados firmes são considerados produtos com boa texturização.

Para cada teste, foram feitas observações de três extrusados aleatórios cortados em comprimentos aproximadamente iguais (50 mm).

4.2.5 Análise da retenção dos compostos voláteis dos extrusados

A análise dos compostos voláteis retidos nos extrusados foi realizada no Laboratório de Sucroquímica e Química Analítica (Departamento de Química e Ciências Ambientais), do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da UNESP, São José do Rio Preto/SP, utilizando a cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massa (CG-EM).

Os extrusados, referente a cada ensaio, foram moídos utilizando um microprocessador de alimentos. Foram preparados dois *vials* para cada ensaio (duplicata), sendo que em cada *vial* foram adicionados 1,5 g do extrusado moído.

Os compostos voláteis retidos nos extrusados foram capturados utilizando um amostrador de *headspace* automático (TurboMatrix HS 40 trap, Perkin Elmer). Em seguida, os compostos foram analisados por um cromatógrafo a gás (Clarus 680, Perkin Elmer) acoplado a um espectrômetro de massa (Clarus 600T, Perkin Elmer). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida elite 5MS (30 m x 0.25 mm x 1.4 µm, Perkin Elmer, Shelton, USA), com hélio a 1 mL/min como gás de arraste.

O *headspace* foi mantido nas seguintes condições:

- aquecimento do *vial* a 90 °C por 30 min;
- temperatura da agulha de 80 °C;
- tempo de pressurização do *vial* de 3 min;

- temperatura da linha de transferência de 210 °C;
- modo de injeção constante;
- volume de injeção de 0,1 mL;
- tempo de injeção de 0,1 min;
- pressão de injeção de 28 psi;
- e pressão na coluna de 23 psi.

As condições cromatográficas utilizadas foram:

- injetor a 230 °C no modo *splitless* até 1 min, *split* de 1:100 até 1,5 min e *split* de 1:200 até o final da corrida;
- programação da coluna iniciando em 40 °C por 3 min, aumentando até 210 °C a 25 °C/min e permanecendo 2 min a 210 °C, sendo o tempo total da corrida de 12 min.

Para o espectrômetro de massa foram utilizadas as seguintes condições:

- temperatura de interface 230 °C;
- fonte de ionização por impacto de elétrons a 70 eV e 210 °C;
- extensão de massa entre 40 e 120 m/z.

Os padrões dos compostos voláteis foram injetados em diferentes quantidades, utilizando as condições citadas anteriormente, para a construção da curva padrão e quantificação de cada composto volátil. A curva padrão foi submetida a um ajuste linear passando pela origem e as curvas padrão utilizadas para a quantificação de cada composto volátil retido nos extrusados estão na Tabela 1.

Tabela 1: Curvas padrão dos compostos voláteis.

Composto Volátil	Isovaleraldeído	Butirato de etila	Ácido butírico
Equação	$A = 4,55 \cdot 10^{11} \cdot Q$	$A = 6,26 \cdot 10^{11} \cdot Q$	$A = 8,56 \cdot 10^8 \cdot Q$
R^2	0,618	0,800	0,560

A = Área do composto volátil obtida no cromatograma.

Q = Quantidade de composto volátil correspondente à área obtida.

A retenção total dos compostos voláteis foi obtida pela soma da quantidade de cada composto volátil retida nos extrusados. Os cromatogramas obtidos foram analisados utilizando o programa TurboMass versão 5.4.2 (PerkinElmer Inc., Waltham, EUA).

4.2.6 Análise sensorial dos extrusados

A análise sensorial dos extrusados foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” de São José do Rio Preto/SP, em cabines individuais iluminadas com luz branca.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do mesmo instituto, pelo Parecer nº 055/11, de 15 de junho de 2011 (Anexo 3) e os julgadores leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 4) antes do início dos testes.

Os extrusados foram avaliados quanto à intensidade do aroma, utilizando um teste de diferença multiamostrado (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999, p.111), e quanto à aceitação do aroma, utilizando a escala hedônica estruturada de nove pontos e a escala do ideal (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999, p. 242-245).

Os julgadores receberam, antes do início das análises, uma mistura dos três compostos voláteis, para se familiarizassem com o aroma. A mistura foi apresentada numa xícara de porcelana, coberta com duas camadas de papel alumínio, sendo que a primeira continha orifícios para aspiração do aroma e a segunda fazia a função de uma tampa, para que o aroma não fosse perdido entre uma prova e outra. Foi explicado aos julgadores que a intensidade da mistura apresentada era a máxima que poderia ser encontrada nas amostras a serem avaliadas posteriormente, uma vez que representava a quantidade dos compostos voláteis sem a perda provocada pela extrusão. Em seguida, quatro gramas de cada amostra dos extrusados foram apresentados aos julgadores em copos plásticos codificados com três dígitos (Figura 3), cobertos da mesma forma que a xícara de porcelana contendo a mistura dos compostos.

Figura 3: Amostra de extrusado em copo plástico codificado.



A análise sensorial foi realizada com as doze amostras aromatizadas (2 condições de aromatização x 3 condições de extrusão x 2 repetições), sendo a análise realizada em duas sessões com seis amostras cada. Os extrusados não aromatizados não foram avaliados sensorialmente. As amostras foram apresentadas aleatoriamente e de forma balanceada (MACFIE et al., 1989), em bloco completo e de forma monádica. Oitenta julgadores não treinados foram recrutados na primeira sessão, mas apenas 66 julgadores retornaram para finalizar o teste. Portanto, o painel sensorial foi formado por 66 julgadores.

Os julgadores preencheram a ficha de avaliação (Figura 4) para cada amostra, indicando a intensidade do aroma e sua aceitação.

Figura 4: Ficha da avaliação sensorial dos extrusados.

Nome: _____		Data: _____		AMOSTRA N ^o _____	
Você está recebendo uma amostra de “salgadinho” de soja. Por favor, cheire essa amostra e indique:					
1 - Qual a INTENSIDADE DO AROMA:			2 - Quanto a INTENSIDADE DO AROMA ESTÁ IDEAL para você:		
<input type="checkbox"/> Nenhum <input type="checkbox"/> Fracamente detectável <input type="checkbox"/> Muito suave <input type="checkbox"/> Suave <input type="checkbox"/> Suave-moderado <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Moderado-forte <input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> extremamente mais intenso que o ideal <input type="checkbox"/> muito mais intenso que o ideal <input type="checkbox"/> moderadamente mais intenso que o ideal <input type="checkbox"/> ligeiramente mais intenso que o ideal <input type="checkbox"/> intensidade ideal <input type="checkbox"/> ligeiramente menos intenso que o ideal <input type="checkbox"/> moderadamente menos intenso que o ideal <input type="checkbox"/> muito menos intenso que o ideal <input type="checkbox"/> extremamente menos intenso que o ideal		
3 - Quanto você GOSTOU DO AROMA:					
<input type="checkbox"/> 9 – gostei extremamente <input type="checkbox"/> 8 – gostei muitíssimo <input type="checkbox"/> 7 – gostei moderadamente <input type="checkbox"/> 6 – gostei levemente <input type="checkbox"/> 5 – nem gostei nem desgostei <input type="checkbox"/> 4 – desgostei levemente <input type="checkbox"/> 3 – desgostei moderadamente <input type="checkbox"/> 2 – desgostei muitíssimo <input type="checkbox"/> 1 – desgostei extremamente					
Comentários: _____					

Para a análise sensorial de intensidade do aroma, a escala foi decodificada em valores numéricos, de acordo com Meilgaard, Civille e Carr (1999, p. 54):

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	3,0

Para avaliar a correlação da escala do ideal com as outras características dos extrusados, foi feito um ajuste na escala do ideal (BOWER; BOYD, 2003):

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

Segundo Minim (2006), considera-se que um produto tenha intensidade ideal para a característica sensorial avaliada quando 70% dos julgadores indicam “intensidade ideal” para tal característica.

4.2.7 Análise estatística dos dados

Para avaliar a repetibilidade do processo, as médias das repetições de todas as análises realizadas foram comparadas utilizando o teste t de Student para amostras pareadas, por meio do programa Microsoft Office Excel 2007.

As médias finais foram comparadas utilizando a adequada inferência estatística: a) análise de variância seguida do teste de Tukey, b) teste t de Student para amostras independentes, c) Kruskal Wallis seguido do teste de Dunn, d) Mann Whitney. Em todos os casos, as diferenças foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$. Para isso, utilizou-se o programa Minitab 16 (Minitab Inc., Pensilvânia, EUA) para as análises paramétricas e GraphPad InStat, versão 3.05 (GraphPad Software Inc., La Jolla, EUA) para as análises não-paramétricas.

Todas as características avaliadas nos extrusados foram submetidas à análise de correlação, considerando correlação forte quando coeficiente de Pearson $\leq -0,7$ ou $\geq 0,7$ ($p \leq 0,05$). Para esta análise utilizou-se o programa Minitab 16 (Minitab Inc., Pensilvânia, EUA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Determinação das condições de extrusão da proteína isolada de soja (testes preliminares)

A Tabela 2 apresenta a razão de expansão e análise de reidratação obtidos nos testes do grupo 1.

O primeiro teste demonstrou que, em umidades de 25% e 35% e rotação de rosca maior (160 e 170 rpm), ocorreu um aumento na razão de expansão, mas apenas com 170 rpm os extrusados se apresentaram firmes, ou seja, com adequada reidratação. Desta forma, a velocidade de 170 rpm foi estabelecida para ser utilizada no segundo teste deste grupo.

No segundo teste do grupo 1 (Tabela 2) a razão de expansão variou de 1,81 a 2,15, porém, as variações de umidade ou temperatura não influenciaram na razão de expansão e a maioria dos extrusados estava firme após a reidratação.

Uma vez que não foi possível observar variação na razão de expansão em função da umidade e temperatura no teste 2 do primeiro grupo, optou-se por realizar um novo grupo de testes (grupo 2), aumentando-se os valores de umidade e de temperatura (Tabela 3).

Neste segundo grupo, nota-se que, no primeiro teste, as razões de expansão foram acima de 2, exceto para o extrusado a 30% de umidade e 170 rpm.

Não houve influência da velocidade da rosca nas umidades testadas e em geral todos os extrusados estavam firmes e esponjosos. A exemplo do grupo 1, foi selecionada a velocidade de 170 rpm para realizar o segundo teste do grupo 2. Segundo ZHU et al. (2010) e MESA et al. (2009), uma maior velocidade da rosca aumenta a razão de expansão dos extrusados.

No segundo teste do grupo 2 foram observados extrusados duros, firmes e moles e a razão de expansão variou de 1,88 a 2,27.

Observou-se que, com 35% de umidade e em temperaturas mais altas, os extrusados apresentaram maior razão de expansão. Entretanto, quando na temperatura de 170 °C, os extrusados estavam moles após o teste de reidratação. Tal resultado pode ter ocorrido pelo fato de terem sido utilizadas alta temperatura e alta velocidade de rotação da rosca, que contribuíram para o aumento da taxa de cisalhamento no interior do canhão e romperam a estrutura da proteína, impossibilitando a retenção de água no interior do extrusado.

Tabela 2: Testes preliminares: razão de expansão (n = 10) e teste de reidratação (n = 3) dos testes do grupo 1.

1º TESTE	Razão de expansão*	Teste de reidratação
25% U e 130 °C**		
150 rpm	1,88 ± 0,18 ^b	Firme
160 rpm	2,18 ± 0,18 ^a	Mole
170 rpm	2,20 ± 0,18 ^a	Firme
30% U e 130 °C		
150 rpm	1,97 ± 0,19 ^a	Firme
160 rpm	1,83 ± 0,24 ^a	Firme
170 rpm	2,00 ± 0,33 ^a	Firme
35% U e 130 °C		
150 rpm	1,74 ± 0,17 ^b	Firme
160 rpm	2,01 ± 0,22 ^a	Mole
170 rpm	1,97 ± 0,23 ^{ab}	Firme
2º TESTE	Razão de expansão	Teste de Reidratação
25% U e 170 rpm***		
110 °C	1,88 ± 0,40 ^a	Duro
130 °C	1,81 ± 0,28 ^a	Firme
150 °C	2,15 ± 0,25 ^a	Mole
30% U e 170 rpm		
110 °C	1,85 ± 0,22 ^a	Firme
130 °C	1,88 ± 0,27 ^a	Firme
150 °C	1,90 ± 0,36 ^a	Firme
35% U e 170 rpm		
110 °C	1,84 ± 0,28 ^a	Duro
130 °C	1,97 ± 0,23 ^a	Firme
150 °C	2,08 ± 0,27 ^a	Firme

*média ± desvio padrão; **U = umidade da proteína isolada de soja (base seca); temperatura na zona 3 do canhão; *** Velocidade de rotação da rosca.

Letras diferentes na mesma coluna e dentro da mesma umidade indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$).

Tabela 3: Testes preliminares: razão de expansão (n=10) e teste de reidratação (n = 3) dos testes do grupo 2.

1º TESTE	Razão de expansão*	Teste de Reidratação
30% U e 150 °C**		
150 rpm	2,01 ± 0,32 ^a	firme
160 rpm	2,03 ± 0,33 ^a	mole
170 rpm	1,97 ± 0,32 ^a	firme
35% U e 150 °C		
150 rpm	2,03 ± 0,30 ^a	firme
160 rpm	2,15 ± 0,25 ^a	firme
170 rpm	2,27 ± 0,38 ^a	firme
40% U e 150 °C		
150 rpm	2,17 ± 0,23 ^a	firme
160 rpm	2,04 ± 0,32 ^a	mole
170 rpm	2,05 ± 0,39 ^a	firme
2º TESTE	Razão de expansão	Teste de Reidratação
30% U e 170 rpm***		
130 °C	1,92 ± 0,23 ^a	firme
150 °C	1,97 ± 0,32 ^a	firme
170 °C	2,10 ± 0,28 ^a	mole
35% U e 170 rpm		
130 °C	1,91 ± 0,13 ^b	duro
150 °C	2,27 ± 0,38 ^a	firme
170 °C	2,08 ± 0,24 ^{ab}	mole
40% U e 170 rpm		
130 °C	1,88 ± 0,20 ^a	firme
150 °C	2,05 ± 0,39 ^a	firme
170 °C	2,07 ± 0,31 ^a	firme

*média ± desvio padrão; **U = umidade da proteína isolada de soja (base seca); temperatura na zona 3 do canhão; *** Velocidade de rotação da rosca.

Letras diferentes na mesma coluna e dentro da mesma umidade indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$).

A umidade de 35% e a temperatura de 150 °C proporcionaram um extrusado com alta razão de expansão (2,27) e adequada reidratação, podendo esta combinação ser considerada uma boa opção de condição intermediária a ser testada no trabalho. Assim como em outros trabalhos (LIN; HUFF; HSIEH, 2000; LIN; HUFF; HSIEH, 2002; CONTI-SILVA; SILVA; ARÊAS, 2011), foi possível observar que temperaturas mais altas e umidades acima de 30% são mais adequadas para o processamento de concentrado ou isolado proteico de soja.

Portanto, as condições intermediária, mais severa e menos severa, utilizadas para o estudo da aromatização pré-extrusão da proteína isolada de soja foram, respectivamente, 35% umidade e 150 °C, 30% umidade e 170 °C e 40% umidade e 130 °C, todas com velocidade de rotação da rosca a 170 rpm.

5.2 Repetibilidade do processo de extrusão

A Tabela 4 apresenta os valores de p obtidos no teste t de Student para as repetições do processo de extrusão. Observa-se que, para todas as variáveis, a maioria das condições de processo apresentou médias entre as repetições estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Portanto, os dados obtidos das repetições foram agrupados para compor uma única amostra, exceto para os dados da análise sensorial de intensidade e aceitação do aroma, em que cada amostra foi composta pela média dos dados das repetições de cada julgador.

Tabela 4: Valores de p do teste t de Student entre as repetições do processo.

Condições de processo	Tempo Residência	Torque	Razão de expansão	Densidade	Força de corte	Força de compressão	Força de compressão do produto reidratado
30 %U e 170 °C*							
<i>sem CV</i>	0,833	0,166	0,130	0,819	0,955	0,287	0,071
<i>com CV</i>	0,882	0,939	0,210	0,001	0,686	0,034	0,009
<i>com CV + RS*</i>	0,598	0,363	0,444	0,261	0,003	0,005	0,014
35 %U e 150 °C							
<i>sem CV</i>	0,072	0,070	0,171	0,646	0,434	0,235	0,899
<i>com CV</i>	0,292	0,168	0,362	0,957	0,822	0,893	0,358
<i>com CV + RS</i>	0,007	0,883	0,896	0,308	0,712	0,000	0,180
40 %U e 130 °C							
<i>sem CV</i>	0,133	0,560	0,209	0,408	0,674	0,078	0,069
<i>com CV</i>	0,609	0,045	0,516	0,221	0,241	0,998	0,219
<i>com CV + RS</i>	0,119	0,494	0,969	0,699	0,478	0,819	0,148
Condições de processo	Quantidade de isovaleraldeído	Quantidade de butirato de etila	Quantidade de ácido butírico	Intensidade do aroma	Aceitação do aroma (escala hedônica)	Aceitação do aroma (escala do ideal ajustada)	
30 %U e 170 °C							
<i>com CV</i>	0,228	0,242	0,606	0,095	0,114	0,923	
<i>com CV + RS</i>	0,245	0,124	0,213	0,423	0,662	0,673	
35 %U e 150 °C							
<i>com CV</i>	0,122	0,138	0,817	0,609	0,256	0,139	
<i>com CV + RS</i>	0,129	0,019	0,126	0,034	0,321	0,306	
40 %U e 130 °C							
<i>com CV</i>	0,032	0,130	0,454	0,065	0,076	0,436	
<i>com CV + RS</i>	0,008	0,003	0,816	0,018	0,001	0,000	

*U = umidade da proteína isolada de soja (base seca); temperatura na zona 3 do canhão; CV = compostos voláteis; RS = realçadores de sabor. Valores de $p > 0,05$ indicam igualdade estatística entre as duas repetições do processo para cada variável.

5.3 Monitoramento da extrusão termoplástica

A Tabela 5 mostra o tempo de residência e o torque da rosca nas diferentes condições de extrusão e aromatização.

Os valores do tempo de residência variaram de 29,4 a 48,8 segundos, sendo maiores que os encontrados em um trabalho similar de Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) realizado com grits de milho (12 a 18 segundos). De uma forma geral, o tempo de residência relativo à proteína isolada de soja aromatizada com compostos voláteis e realçadores de sabor e extrusada a 40% umidade e 130 °C foi maior em relação à ausência de aromatização e à condição de 30% umidade e 170 °C. O maior teor de umidade pode favorecer a presença de água não-ligada que servirá de lubrificante na passagem da massa pelo extrusor (HAYACHI; HAYAKAMA; FUJIO, 1993; LIN; HUFF; HSIEH, 2000; LIN; HUFF; HSIEH, 2002), ou seja, o material desliza pela parede do canhão, dificultando seu transporte. Para um bombeamento ideal, o material deve aderir-se ao canhão e se soltar da superfície da rosca (FELOWS, 2006).

O torque foi reduzido com o aumento da umidade e abaixamento da temperatura em extrusados sem aromatização. Segundo Lin, Huff e Hsieh (2002), com o aumento da umidade de extrusão, o atrito do material contra a parede do canhão e a rosca é reduzido, exigindo assim um menor trabalho da extrusora. Mas quando a proteína isolada de soja foi adicionada apenas de compostos voláteis, o torque aumentou com o aumento da umidade e redução da temperatura de extrusão, possivelmente por ter prejudicado a fluidez da massa, aumentando o esforço da máquina.

A adição de compostos voláteis isoladamente ou juntamente com realçadores de sabor aumentou o torque da máquina apenas na condição 40% umidade e 130 °C. Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) observaram uma redução na amperagem devido à adição de compostos voláteis e realçadores de sabor em grits de milho. A redução na amperagem com a adição dos compostos voláteis pode ser pelo fato de os compostos voláteis, adicionados em um total de 4,5%, poderem atuar também como lubrificantes, facilitando o transporte da matéria-prima pelo canhão e reduzindo o esforço da máquina. Apesar disso, esse efeito não foi observado no atual trabalho.

Tabela 5: Tempo de residência (n = 6) e torque da rosca (n = 20) na extrusão da proteína isolada de soja.

	Tempo de Residência (s)*	Torque (N.m)*
30% U e 170 °C**		
<i>sem CV</i>	33,2 ± 8,4 ^{a;c}	85,5 ± 4,5 ^{a;c}
<i>com CV</i>	36,6 ± 10,6 ^{a;c}	82,8 ± 2,2 ^{a;d}
<i>com CV + RS**</i>	29,4 ± 10,2 ^{a;d}	83,2 ± 1,2 ^{a;c}
35% U e 150 °C		
<i>sem CV</i>	41,1 ± 12,2 ^{a;c}	82,1 ± 2,1 ^{a;d}
<i>com CV</i>	35,2 ± 9,8 ^{a;c}	85,8 ± 8,2 ^{a;cd}
<i>com CV + RS</i>	38,9 ± 8,6 ^{a;cd}	82,5 ± 2,4 ^{a;c}
40% U e 130 °C		
<i>sem CV</i>	33,0 ± 8,5 ^{b;c}	81,5 ± 0,9 ^{b;d}
<i>com CV</i>	42,2 ± 9,2 ^{ab;c}	85,4 ± 2,9 ^{a;c}
<i>com CV + RS</i>	48,8 ± 8,5 ^{a;c}	83,7 ± 1,4 ^{a;c}

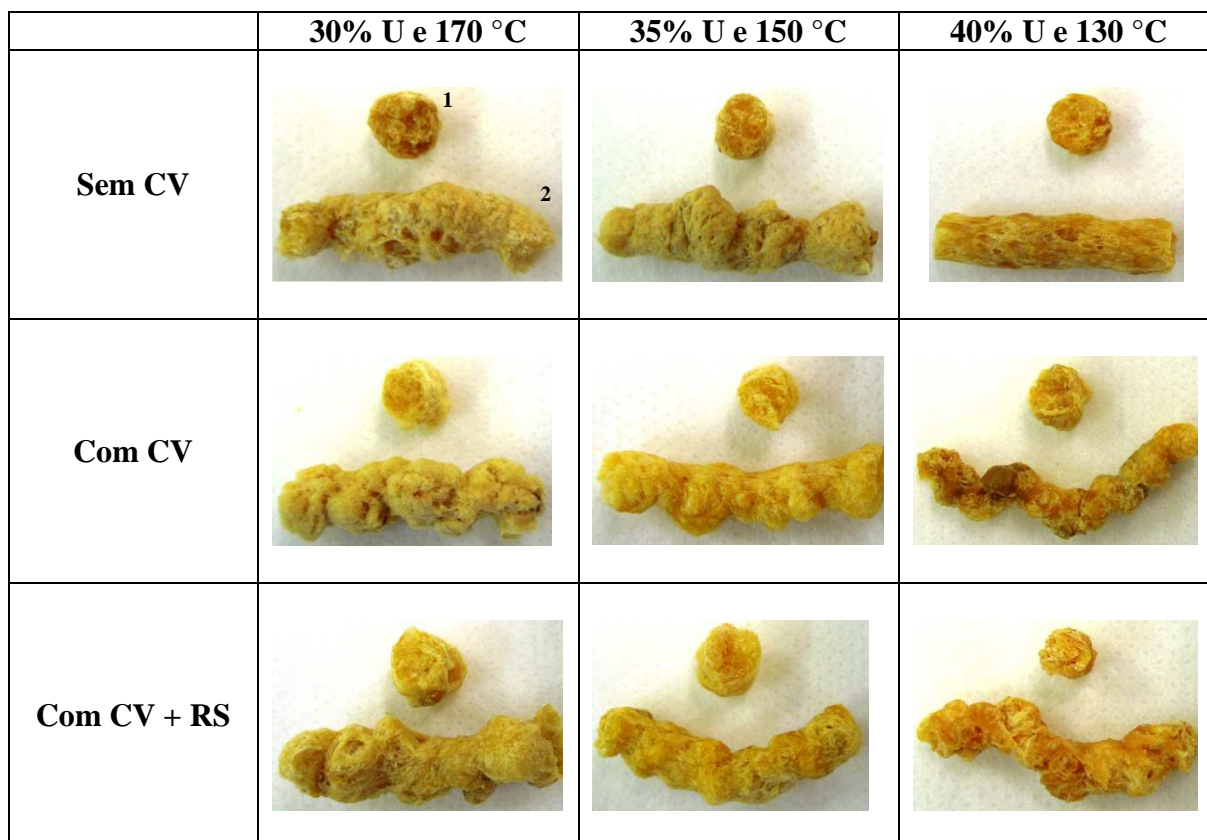
*média ± desvio padrão; ** U = umidade da proteína isolada de soja (base seca), temperatura na zona 3 do canhão, CV = compostos voláteis, RS = realçadores de sabor.

Letras diferentes (ab) na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$), dentro da mesma condição de extrusão e entre diferentes condições de aromatização.

Letras diferentes (cd) na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$), dentro da mesma condição de aromatização e entre diferentes condições de extrusão.

5.4 Características físicas dos extrusados

A Figura 5 mostra o aspecto dos extrusados nas diferentes condições de extrusão e aromatização. Observa-se, visualmente, uma maior expansão dos extrusados obtidos na condição de extrusão mais severa, a 30% umidade e 170 °C, independente da condição de aromatização. Nota-se, também, que a adição dos compostos voláteis isoladamente e com os realçadores de sabor favoreceram a expansão nesta mesma condição de extrusão, enquanto prejudicaram na condição 40% umidade e 130 °C.

Figura 5: Fotos dos extrusados de proteína isolada de soja.

1 – Foto da seção transversal do extrusado. 2 – Foto da seção longitudinal do extrusado.

A razão de expansão variou de 1,6 a 2,1 (Tabela 6), sendo que tais valores de razão de expansão são maiores que os encontrados por Yu, Ramaswamy e Boye (2013) (1,25 a 1,77) em extrusados obtidos da mistura de proteína isolada de soja e farinha de milho em condições de extrusão similares a este trabalho, mas sem adição de compostos voláteis.

A adição dos compostos voláteis isoladamente ou juntamente com realçadores de sabor reduziu a razão de expansão nas condições 35% umidade e 150 °C e 40% umidade e 130 °C. Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) também observaram redução da razão de expansão quando extrusaram em condições intermediárias e menos severas, mesmo sendo utilizada outra matriz aromatizada (grits de milho). Já em relação às condições de aromatização com compostos voláteis com e sem realçadores de sabor, houve maior razão de expansão para os extrusados obtidos na condição mais severa (Tabela 6). Em temperatura elevada e baixa umidade, o material sofre um maior cisalhamento, aumentando a diferença de pressão na saída da extrusora, promovendo uma maior expansão do material extrusado (FELLOWS, 2006; GUERRERO et al., 2012) e formando uma estrutura esponjosa que é comum em proteínas vegetais texturizadas (GUERRERO et al., 2012). Além disso, um aumento na temperatura de

extrusão diminui a viscosidade, favorecendo o crescimento de bolhas durante a extrusão (LAZOU; KROKIDA, 2010).

A densidade dos extrusados variou de 0,203 a 0,678 g/cm³ (Tabela 6). Outros trabalhos utilizando mistura de proteína isolada de soja e farinha de milho apresentaram densidades de 0,360 a 1,130 g/cm³ (YU; RAMASWAMY; BOYE, 2009) e 0,423 a 0,864 g/cm³ (YU; RAMASWAMY; BOYE, 2013).

A densidade é um parâmetro que pode ser utilizado para avaliar o grau de expansão dos extrusados, pois considera a expansão em todas as direções, e em se tratando de produto extrusado e com boa expansão, uma baixa densidade é esperada e desejável (LAZOU; KROKIDA, 2010; BRENNAN et al., 2013). A adição dos compostos voláteis e realçadores de sabor aumentou a densidade dos extrusados em todas as condições de extrusão (Tabela 6). Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) observaram um aumento na densidade de grits de milho extrusados em condições menos severas (20% de umidade e 90 °C). Independente da condição de aromatização, a extrusão em maior umidade e menor temperatura (condição menos severa) resultou em extrusados mais densos em relação a menor umidade e maior temperatura (condição mais severa) (Tabela 6). Segundo Yu, Ramaswamy e Boye (2013), a espessura da parede dos poros formados em extrusados de proteína isolada de soja torna-se mais fina quando a proteína isolada de soja absorve uma grande quantidade de água, assim espera-se um aumento na densidade destes extrusados com o aumento do teor de umidade.

De uma forma geral, a razão de expansão reduziu quando houve adição de compostos voláteis com e sem realçadores de sabor e a densidade aumentou. Essa relação também pode ser observada pelo coeficiente de correlação de Pearson entre a razão de expansão e a densidade ($r = -0,900$; $p < 0,001$), que indica forte correlação negativa entre essas duas variáveis. Essa correlação negativa é esperada, pois, como mencionado anteriormente, desejava-se que produtos extrusados tenham alta expansão e baixa densidade (LAZOU; KROKIDA, 2010; BRENNAN et al., 2013).

Tabela 6: Razão de expansão (n = 30), densidade (n = 30), textura (n = 20) e teste de reidratação (n = 3) de extrusados de proteína isolada de soja.

	Razão de expansão**	Densidade** (g/cm ³)	Análise instrumental de textura***			Teste de reidratação
			Força de corte (N)	Força de compressão (N)	Força de compressão do produto reidratado (N)	
30% U e 170 °C*						
<i>sem CV</i>	2,0 ± 0,2 ^{a:d}	0,203 ± 0,041 ^{b:f}	42,2 ± 26,4 ^{a:e}	64,9 ± 28,3 ^{b:e}	1,05 ± 0,80 ^{b:e}	mole
<i>com CV</i>	1,9 ± 0,3 ^{a:d}	0,236 ± 0,074 ^{b:f}	23,2 ± 11,7 ^{b:e}	65,2 ± 21,8 ^{b:e}	2,57 ± 1,43 ^{a:f}	firme
<i>com CV + RS*</i>	2,1 ± 0,2 ^{a:d}	0,288 ± 0,084 ^{a:e}	39,7 ± 19,3 ^{a:e}	98,1 ± 33,6 ^{a:f}	3,53 ± 2,04 ^{a:e}	firme
35% U e 150 °C						
<i>sem CV</i>	2,0 ± 0,2 ^{a:d}	0,273 ± 0,095 ^{c:e}	59,9 ± 25,0 ^{b:e}	129,1 ± 50,6 ^{b:d}	1,60 ± 0,60 ^{c:d}	mole
<i>com CV</i>	1,8 ± 0,2 ^{b:e}	0,506 ± 0,146 ^{a:e}	105,7 ± 51,2 ^{a:d}	192,5 ± 41,5 ^{a:d}	10,70 ± 6,64 ^{a:e}	duro
<i>com CV + RS</i>	1,8 ± 0,2 ^{b:e}	0,356 ± 0,110 ^{b:e}	67,1 ± 31,2 ^{b:e}	139,9 ± 49,9 ^{b:e}	4,06 ± 0,95 ^{b:e}	firme
40% U e 130 °C						
<i>sem CV</i>	1,9 ± 0,2 ^{a:d}	0,348 ± 0,074 ^{b:d}	171,9 ± 42,28 ^{a:d}	162,7 ± 48,3 ^{b:d}	2,00 ± 0,88 ^{b:d}	firme
<i>com CV</i>	1,7 ± 0,3 ^{b:e}	0,639 ± 0,155 ^{a:d}	130,52 ± 31,7 ^{b:d}	226,5 ± 53,0 ^{a:d}	21,13 ± 6,33 ^{a:d}	duro
<i>com CV + RS</i>	1,6 ± 0,2 ^{b:f}	0,678 ± 0,139 ^{a:d}	126,3 ± 34,9 ^{b:d}	191,3 ± 49,1 ^{ab:d}	16,37 ± 6,63 ^{a:d}	duro

* U = umidade da proteína isolada de soja (base seca); temperatura na zona 3 do canhão; CV = compostos voláteis; RS = realçadores de sabor.

**Comparação entre médias realizada por meio de ANOVA e teste de Tukey.

***Comparação entre médias realizada por meio de Kruskal-Wallis e teste de Dunn.

Letras diferentes (abc) na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), dentro da mesma condição de extrusão e entre diferentes condições de aromatização.

Letras diferentes (def) na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), dentro da mesma condição de aromatização e entre Diferentes condições de extrusão.

No processamento em baixa umidade e alta temperatura (30% umidade e 170 °C), os extrusados apresentaram menor força de corte, menor força de compressão e menor força de compressão do produto reidratado para todas as condições de aromatização (Tabela 6). Segundo Guerrero et al. (2012), a exposição de ingredientes proteicos a altas temperaturas pode promover um aumento no cisalhamento mecânico do material, rompendo as ligações dissulfeto, ligações de hidrogênio e interações não-covalentes, fragilizando o produto. Tais ligações são resultantes do processo de extrusão da proteína de soja, que formam a estrutura fibrosa, característica deste extrusado (ARÊAS, 1992; LIU; HSIEH, 2007; GUERRERO et al., 2012).

A adição de compostos voláteis reduziu a força de corte nas condições mais severa (30% umidade e 170 °C) e menos severa (40% umidade e 130 °C) de processo, embora tenha aumentado na condição intermediária (35% umidade e 150 °C) (Tabela 6). Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) também observaram redução da força de corte em extrusados de grits de milho utilizando os mesmos compostos voláteis deste trabalho. Além disso, a força de compressão do produto reidratado aumentou com a adição dos compostos voláteis com e sem realçadores de sabor em todas as condições de processo, sendo que a força de compressão do produto não reidratado aumentou com a adição de compostos voláteis nas condições 35% umidade e 150 °C e 40% umidade e 130 °C e com adição de compostos voláteis e realçadores de sabor na condição 30% umidade e 170 °C (Tabela 6).

Observou-se forte correlação negativa entre a razão de expansão e força de corte ($r = -0,798$; $p < 0,01$) e razão de expansão e força de compressão do produto reidratado ($r = -0,817$; $p < 0,007$). Por outro lado, uma forte correlação positiva foi observada entre densidade e força de compressão ($r = 0,902$; $p < 0,001$) e densidade e força de compressão do produto reidratado ($r = 0,949$; $p < 0,000$).

O teste de reidratação em extrusados proteicos é um teste empírico em que, após a reidratação, comprime-se o produto com os dedos polegar e indicador e se verifica se o mesmo desmancha ou se mantém firme como uma esponja. Para extrusados proteicos, a semelhança com uma esponja é desejável, pois isso indica que o produto foi adequadamente texturizado durante a extrusão. Observa-se que a adição dos compostos voláteis isoladamente e junto dos realçadores de sabor modificou a estrutura dos extrusados em todas as condições de extrusão, melhorando na condição de 30% umidade e 170 °C, mas prejudicando na condição 40% umidade e 130 °C. Nota-se também que os extrusados têm sua estrutura modificada no sentido “mole→firme→duro” à medida que as condições de extrusão passam da mais severa para a menos severa (Tabela 6).

É possível observar uma tendência de valores para força de compressão do produto reidratado com relação ao teste de reidratação. Para extrusados moles, a força de compressão do produto reidratado foi de 1,05 a 1,60, para extrusados firmes foi de 2,00 a 4,06 e para produtos duros de 10,70 a 21,13 (Tabela 6).

Conclui-se, de uma forma geral, que a proteína isolada de soja adicionada de compostos voláteis, com e sem realçadores de sabor, e extrusada na condição mais severa (30% umidade e 170 °C) resultou em extrusados firmes, com maior razão de expansão, menor densidade, menores forças de corte e de compressão.

5.5 Retenção dos compostos voláteis nos extrusados

A retenção dos compostos voláteis variou de 0,46 a 1,01 mg/g extrusado para o isovaleraldeído, de 0,73 a 2,23 mg/g extrusado para o butirato de etila e de 0,29 a 1,62 mg/g extrusado para o ácido butírico (Tabela 7). A retenção total, ou seja, a somatória da retenção dos três voláteis, variou de 2,19 a 4,16 mg/g de extrusado.

A adição de realçadores de sabor reduziu a retenção do ácido butírico apenas na condição de 35% umidade e 150 °C, sendo que nas demais condições não houve diferença ($p \leq 0,05$) (Tabela 7). Já Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) observaram redução na retenção do butirato de etila e do ácido butírico em extrusados de grits de milho quando da adição de compostos voláteis juntamente aos realçadores de sabor.

A retenção dos compostos voláteis, sem adição dos realçadores de sabor, foi igual em todas as condições de extrusão. No entanto, a retenção do isovaleraldeído e do butirato de etila foi maior quando a proteína isolada de soja, adicionada de compostos voláteis e realçadores de sabor, foi extrusada a 30% umidade e 170 °C (condição mais severa) em relação à condição 40% umidade e 130 °C (condição menos severa). Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) extrusaram grits de milho e observaram uma maior retenção em condições menos severas de processo, ao contrário deste trabalho. A extrusão de proteína necessita de alta temperatura aliada ao estresse mecânico para a formação de uma massa viscoelástica, uma vez que a proteína possui grande quantidade de interações intermoleculares que reduzem a mobilidade das moléculas e aumentam a viscosidade (VERBEEK; VAN DEN BERG, 2010). Desta maneira, a condição 30% umidade e 170 °C favoreceu a redução da viscosidade da massa, permitindo uma maior interação entre os voláteis e a matriz proteica. Segundo Bhandari, D'arcy e Young (2001), uma maior interação entre compostos voláteis e os constituintes sólidos da massa reduz a volatilidade relativa, ou seja, a capacidade dos voláteis

passar do estado líquido para o estado de vapor é menor, que por sua vez aumenta a retenção de aromas durante a vaporização na saída do extrusor.

Tabela 7: Quantidade de compostos voláteis nos extrusados (n = 4).

	Isovaleraldeído (mg/g de extrusado)	Butirato de etila (mg/g de extrusado)	Ácido butírico (mg/g de extrusado)	Retenção total (mg/g de extrusado)
30% U e 170°C*				
<i>com CV</i>	0,70 ± 0,24 ^{a;c;AB}	1,49 ± 0,43 ^{a;c;A}	0,47 ± 0,23 ^{a;c;B}	2,66
<i>com CV + RS*</i>	1,01 ± 0,14 ^{a;c;AB}	2,23 ± 0,33 ^{a;c;A}	0,30 ± 0,15 ^{a;c;B}	3,54
35% U e 150 °C				
<i>com CV</i>	0,77 ± 0,34 ^{a;c;A}	1,77 ± 0,54 ^{a;c;A}	1,62 ± 0,73 ^{a;c;A}	4,16
<i>com CV + RS</i>	0,76 ± 0,22 ^{a;cd;AB}	1,64 ± 0,32 ^{a;cd;A}	0,29 ± 0,12 ^{b;c;B}	2,69
40% U e 130 °C				
<i>com CV</i>	0,68 ± 0,19 ^{a;c;A}	1,53 ± 0,43 ^{a;c;A}	0,42 ± 0,61 ^{a;c;A}	2,63
<i>com CV + RS</i>	0,46 ± 0,21 ^{a;d;A}	0,73 ± 0,42 ^{a;d;A}	1,00 ± 0,52 ^{a;c;A}	2,19

* U = umidade da proteína isolada de soja (base seca); temperatura na zona 3 do canhão; CV = compostos voláteis; RS = realçadores de sabor.

Letras minúsculas diferentes (ab) na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Mann Whitney ($p \leq 0,05$), dentro da mesma condição de extrusão e entre diferentes condições de aromatização.

Letras minúsculas diferentes (cd) na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$), dentro da mesma condição de aromatização e entre diferentes condições de extrusão.

Letras maiúsculas diferentes (AB) na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$).

Adicionalmente, a extrusão da proteína isolada de soja na condição mais severa (30% umidade e 170 °C) apresentou um menor tempo de residência (Tabela 5), que por sua vez é visto como um fator determinante na retenção de compostos voláteis (YULIANI et al., 2004). Há uma menor perda destes compostos quando permanecem menos tempo expostos à alta temperatura e ao cisalhamento. Esta relação também é observada pela correlação negativa entre o tempo de residência e a quantidade de isovaleraldeído retido ($r = -0,956$; $p < 0,003$) e entre o tempo de residência e a quantidade de butirato de etila ($r = -0,952$; $p < 0,003$).

A retenção de isovaleraldeído e ácido butírico foi igual em todas as condições de extrusão, mas o butirato de etila foi mais retido do que o ácido butírico na condição 30% umidade e 170 °C, independente da adição de realçadores de sabor, e na condição 35% umidade e 150 °C quando os realçadores de sabor foram adicionados. De acordo com Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) e Menis et al. (2013), além das condições de extrusão, a retenção dos diferentes compostos voláteis foi dependente também de suas propriedades físico-

químicas, como a pressão de vapor e o ponto de ebulição. Esta dependência não foi observada neste trabalho.

Por outro lado, alguns trabalhos mostraram que compostos de maior cadeia molecular são mais retidos, sugerindo que a evaporação de voláteis de cadeia molecular longa tem difusão limitada (THIJSSE; RULKENS, 1968 citados por BHANDARI et al., 2001; KIM; MAGA, 1994 citados por BHANDARI et al., 2001). Tal efeito pode ser verificado neste trabalho, pois o butirato de etila possui maior cadeia molecular do que o ácido butírico e foi mais retido do que este. Além disso, a maior retenção do butirato de etila sugere que uma ligação mais forte, como uma ligação de hidrogênio, pode ter ocorrido entre o éster e a proteína. Outros trabalhos mostraram a possível presença desta ligação entre acetato de etila e caseína (FARES et al., 1998) e entre butirato de etila e proteína de soja (ZHOU; CADWALLADER, 2006), ambos na presença de água.

5.6 Intensidade de aroma e aceitação sensorial dos extrusados

Maior intensidade do aroma foi percebida nos extrusados obtidos na condição 40% umidade e 130 °C em relação à condição 30% umidade e 170 °C, sendo avaliada entre “moderado” e “moderado-forte”, embora tenha tido menor aceitação, variando de “desgostei levemente” a “nem gostei nem desgostei” (Tabela 8).

A maior percepção do aroma pelos julgadores, em condição distinta da que apresentou maior retenção dos voláteis (Tabela 7), pode ser justificada pela interação ocorrida entre os compostos voláteis e a proteína. Para Fares et al. (1998), estas interações podem causar uma perda na percepção do aroma no produto. Além disso, os julgadores também podem ter considerado, erroneamente, o aroma característico da soja na avaliação da intensidade, mesmo que os compostos voláteis tenham sido apresentados previamente, para familiarização do aroma. Diversos julgadores mencionaram a presença de um aroma intenso de soja e de queimado.

Tabela 8: Intensidade e aceitação do aroma nos extrusados (n = 66).

	Intensidade do aroma	Aceitação do aroma (escala hedônica)
30% U e 170 °C*		
<i>com CV</i>	1,41 ± 0,54 ^{a;c}	5,47 ± 1,18 ^{a;b}
<i>com CV + RS*</i>	1,58 ± 0,58 ^{a;c}	5,38 ± 1,31 ^{a;b}
35 %U e 150 °C		
<i>com CV</i>	1,61 ± 0,60 ^{a;bc}	5,36 ± 1,26 ^{a;b}
<i>com CV + RS</i>	1,72 ± 0,67 ^{a;c}	5,08 ± 1,27 ^{a;b}
40 %U e 130 °C		
<i>com CV</i>	1,84 ± 0,66 ^{a;b}	4,81 ± 1,42 ^{a;c}
<i>com CV + RS</i>	2,02 ± 0,70 ^{a;b}	4,47 ± 1,49 ^{a;c}

* U = umidade da proteína isolada de soja (base seca); temperatura na zona 3 do canhão; CV = compostos voláteis; RS = realçadores de sabor.

Letras iguais (a) na mesma coluna indicam médias estatisticamente iguais pelo teste t de Student ($p > 0,05$), dentro da mesma condição de extrusão e entre diferentes condições de aromatização.

Letras diferentes (bc) na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), dentro da mesma condição de aromatização e entre diferentes condições de extrusão.

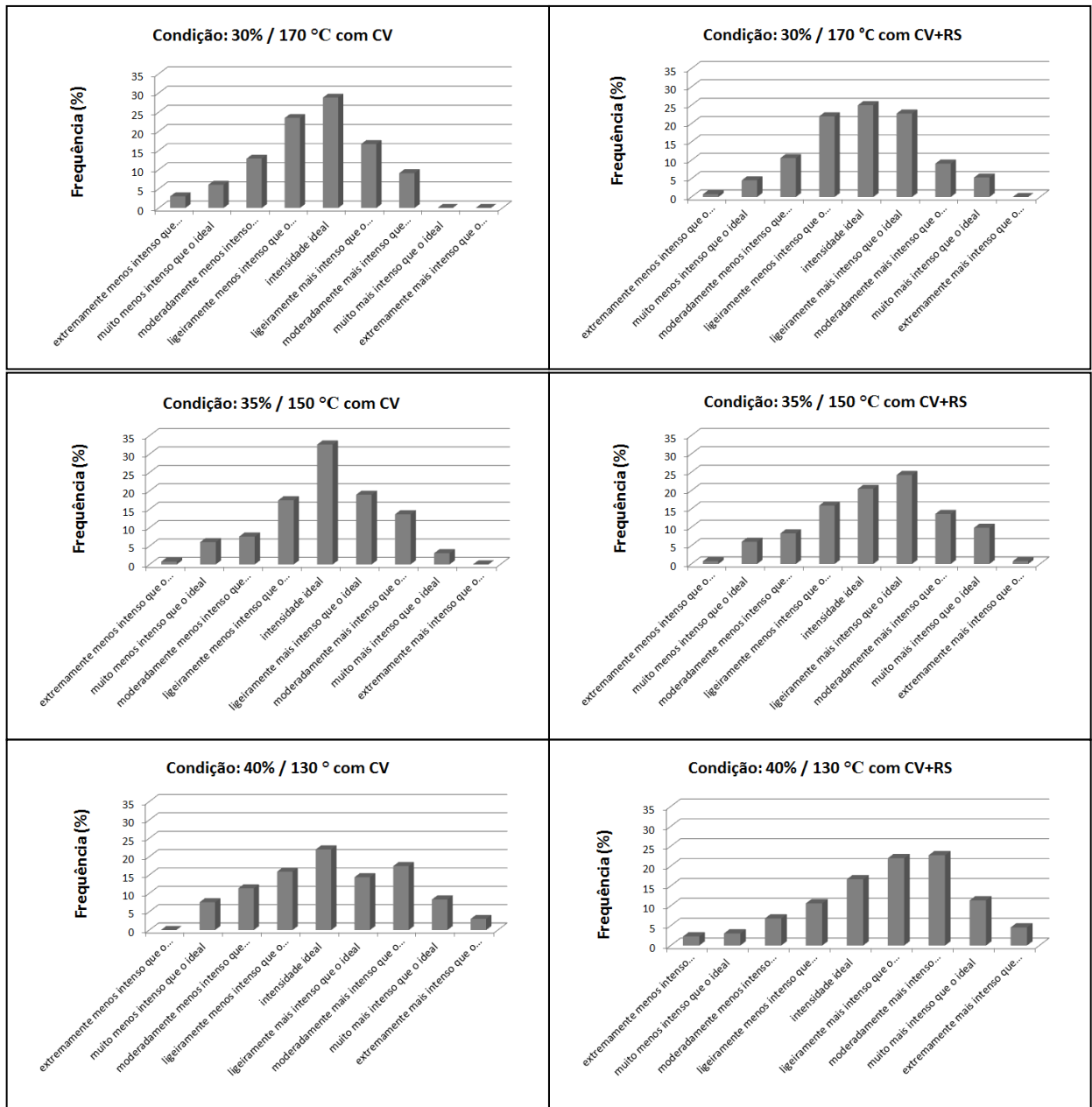
Forte correlação negativa foi observada entre a intensidade do aroma e a aceitação do mesmo pela escala hedônica ($r = -0,974$; $p < 0,001$). Portanto, a menor intensidade de aroma não foi prejudicial à aceitação sensorial do extrusado.

A adição de realçadores de sabor não afetou a intensidade nem a aceitação do aroma nas três condições de extrusão (Tabela 8).

Nenhuma das condições de extrusão ou aromatização apresentou intensidade ideal do aroma, pois não apresentou mínimo de 70% de 'intensidade ideal' (Figura 6). No entanto, nota-se que a intensidade do aroma, de um modo geral, foi considerada acima do ideal em todas as condições de extrusão quando os realçadores de sabor foram adicionados.

Na condição de 30% umidade e 170 °C observou-se que a intensidade foi mais avaliada como abaixo do ideal, e a condição intermediária de processo com os compostos voláteis teve a maior frequência (32,6%) para a categoria 'intensidade ideal'.

Figura 6: Aceitação da intensidade do aroma dos extrusados pela escala do ideal.



A intensidade do aroma e a aceitação do aroma pela escala do ideal apresentaram uma forte correlação negativa ($r = -0,920$; $p < 0,009$), enquanto que a aceitação do aroma pela escala hedônica e a aceitação pela escala do ideal apresentaram uma forte correlação positiva ($r = 0,971$; $p < 0,001$). Ou seja, com a diminuição da intensidade do aroma, os extrusados foram mais aceitos e a intensidade de aroma se aproximou do ideal.

6 CONCLUSÃO

A adição dos compostos voláteis e realçadores de sabor aumenta o tempo de residência e o torque na condição de extrusão menos severa. Já os efeitos das condições de extrusão sobre o tempo de residência e sobre o torque foram diferentes para cada uma das condições de aromatização.

Na condição de extrusão mais severa (30% de umidade e 170°C), os extrusados apresentam-se firmes, com maior razão de expansão, menores densidade, força de corte, força de compressão e força de compressão do produto reidratado. A adição de compostos voláteis e realçadores de sabor reduz a razão de expansão e a força de corte em algumas condições, e aumenta a densidade em todas as condições de extrusão.

A adição de compostos voláteis e realçadores de sabor à proteína isolada de soja reduz a retenção do ácido butírico na condição de 35% umidade e 150°C, enquanto que a proteína isolada de soja adicionada de compostos voláteis e realçadores de sabor e extrusada na condição mais severa (30% umidade e 170 °C) resulta em extrusados com maior retenção de isovaleraldeído e butirato de etila em relação à condição menos severa (40% umidade e 130 °C). O butirato de etila, composto com maior cadeia molecular, apresenta maior retenção do que o ácido butírico em algumas condições de extrusão e aromatização.

Não há diferença na intensidade de aroma e na aceitação sensorial do aroma dos extrusados com os realçadores de sabor ou apenas com os compostos voláteis. No entanto, os extrusados resultantes da aromatização da proteína isolada de soja, com e sem realçadores de sabor, e da condição menos severa (40% umidade e 130 °C), apresentam maior intensidade de aroma e menor aceitação sensorial em relação à condição de extrusão mais severa (30% umidade e 170 °C). Além disso, a adição de realçadores de sabor resulta em intensidades de aroma acima do ideal em todas as condições de extrusão.

Por fim, observa-se que a técnica de aromatização pré-extrusão e extrusão da proteína isolada de soja em condição mais severa de processo resulta em extrusados com desejáveis características físicas, com maior retenção de compostos voláteis e maior aceitação sensorial.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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.

ARÊAS, J. A. G.; CAPRILES, V. D.; ARAÚJO, R. S. R. M.; BATISTUTI, J. P.; CARDOSO-SANTIAGO, R. A.; COELHO, K. D.; CHAVEZ-JAUREGUI, R. N.; BOMBO, A. J.; SILVA, A. C. C.; CARDENAS, T. C. **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.

ARVISENET, G.; VOILLEY, A.; CAYOT, N. Retention of aroma compounds in starch matrices: competitions between aroma compounds toward amylase and amylopectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 25, p. 7345-7349, 2002.

AULT, A. The monosodium glutamate story: the commercial production of MSG and other amino acids. **Journal of Chemical Education**, Fresno, v. 81, n. 3, p. 347 – 355, 2004.

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; YOUNG, G. Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. **International Journal of Food Science and 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.

BRENNAN, M. A.; DERBYSHIRE, E.; TIWARI, B. K.; BRENNAN, C. S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 48, n. 5, p. 893 - 902, 2013.

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.

CAMIRE, M. E.; BELBEZ, E. O. Flavor formation during extrusion cooking. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 41, n. 9, p. 734-736, 1996.

CAPRILES, V. D.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Desenvolvimento e avaliação da aceitabilidade e das propriedades nutricionais de um snack light. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 562-566, 2007.

CASSAR, R.; SARDINHA, F. A.; ARÊAS, J. A. G. Effect of glutamate and inosinate on sensory and instrumental texture of extruded products. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1528-1533, 2008.

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**, v. 65, n. 6, p. 1009-1015, 2000.

CHEN, L.; CHEN, J.; REN, J.; ZHAO, M. Modifications of soy protein isolates using combined extrusion pre-treatment and controlled enzymatic hydrolysis for improved emulsifying properties. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 25, n. 5, p. 887-897, 2011.

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.

CONTI-SILVA, A. C.; SILVA, M. E. M. P.; ARÊAS, J. A. G. Sensory acceptability of raw and extruded rumen protein in processed meat products. **Meat Science**, Barking, v. 88, n. 4, p. 652-656, 2011.

CONTI-SILVA, A. C. **Efeito da extrusão termoplástica nas características físico-químicas e nutricionais do rúmeme bovino e sua aplicação na alimentação humana**. 2008. 178f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FARES, K.; LANDY, R.; GUILARD, R.; VOILLEY, A. Physicochemical interactions between aroma compounds and milk proteins: effect of water and protein modification. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 1, p. 82 – 91, 1998.

FELLOWS, P. J. Extrusão. In: **Tecnologia de Processamento de Alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 305 – 319.

FERNANDES, M. S.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; OLIVEIRA, M. F.; COSTA, S. A. J. Produtos extrusados expandidos de misturas de canjiquinha e soja para uso como petiscos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1495 – 1501, 2002.

FRANK, D.; O'RIORDAN, P.; ZABARAS, D.; VARELIS, P. Cheddar cheese volatile profiling using dynamic headspace and gas chromatography-mass spectrometry olfactometry. **Australian Journal of Dairy Technology**, Highett, v. 61, n. 2, p. 105–107, 2006.

FRANK, D. C.; OWEN, C. M.; PATTERSON, J. Solid phase microextraction (SPME) combined with gas-chromatography and olfactometry-mass spectrometry for characterization of cheese aroma compounds. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 37, n. 2, p. 139–154, 2004.

GIESE, J. Proteins as ingredients: types, functions, applications. **Food Technology**, Chicago, v. 48, n. 10, p. 50 – 60, 1994.

GOGUS, F.; OZEL, M. Z.; LEWIS, A. C. Analysis of the volatile components of Cheddar cheese by direct thermal desorption GCxGC-TOF/MS. **Journal of Separation Science**, Weinheim, v. 29, n. 9, p. 1217–1222, 2006.

GUERRERO, P.; BEATTY, E.; KERRY, J. P.; DE LA CABA, K. Extrusion of soy protein with gelatin and sugars at low moisture content. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 110, n. 1, p. 53-59, 2012.

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

HAYACHI, N.; HAYAKAMA, I.; FUJIO, Y. Flow behaviour of soy protein isolate melt with low and intermediate moisture levels at an elevated temperature. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 18, n. 1, p. 1 – 11, 1993.

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

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

KINSELLA, J. E. Texturized proteins: fabrication, flavoring and nutrition. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.10, n. 2, p. 147-207, 1978.

KOLLENGODE, A. N. R.; HANNA, M. A. Cyclodextrin complexed flavors retention in extruded starches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 5, p. 1057-1060, 1997.

KOLLENGODE, A. N. R.; HANNA, M. A.; CUPPETT, S. Volatiles retention as influenced by method of addition during extrusion cooking. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 5, p. 985-990, 1996.

KONSTANCE, R. P.; ONWULATA, C. I.; SMITH, P. W.; LU, D.; TUNICK, M. H.; STRANGE, E. D.; HOLSINGER, V. H. Nutrient-based corn and soy products by twin-screw extrusion. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 5, p. 1–5, 1998.

LAZOU, A.; KROKIDA, M. Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 100, n. 3, p. 392 – 408, 2010.

LIN, L. S.; HUFF, H. E; HSIEH, F. Texture and chemical characteristics of soy protein meat analog extruded at high moisture. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 2, p. 264-269, 2000.

LIN, L. S.; HUFF, H. E; HSIEH, F. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 3, p. 1066-1072, 2002.

- LIU, K. S.; HSIEH, F. H.; Protein–Protein interactions in high moisture-extruded meat analogs and heat-induced soy protein gels. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 84, n. 8, p. 741-748, 2007.
- LUSAS, E. W.; RHEE, K. C. Soy processing and utilization. In: ERICKSON, D.R. **Practical handbook of soybean processing and utilization**. Champaign and St. Louis: AOCS, p. 117-160, 1995.
- LUSAS, E. W.; RIAZ, M. N. Soy protein products: processing and use. **The Journal of Nutrition**. Philadelphia, v.125, n. 3, p.573S-580S, 1995.
- MACDONALD, R. S.; PRYZBYSZEWSKI, J.; HSIEH, F. H. Soy protein isolate extruded with high moisture retains high nutritional quality. **Journal of agricultural and food chemistry**, Easton, v. 57, n. 9, p. 3550 – 3555, 2009.
- 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.
- MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. **Encyclopedia of food science, food technology and nutrition**. London: Academic Press, 1993.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed., Boca Raton: CRC Press, 1999.
- 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 retention and sensory acceptability. **LWT - Food Science and Technology**, London , v 54, n. 2, p. 434 – 439, 2013.
- MESA, N. J. E.; ALAVI, S.; SINGH, N.; SHI, Y. C.; DOGAN, H.; SANG, Y. Soy protein-fortified expanded extrudates: Baseline study using normal corn starch. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 90, n. 2, p. 262 – 270, 2009.
- MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: UFV, 2006.
- MOHAMMED, Z. H.; HILL, S. E.; MITCHELL, J. R. Covalent crosslinking in heated protein systems. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 2, 221 – 226, 2000.
- NINOMYIA, K. Umami: a universal taste. **Food Reviews International**, New York, v. 18, n. 1, p. 23-38, 2002.
- O'RIORDAN, P. J.; DELAHUNTY, C. M. Characterisation of commercial Cheddar cheese flavour. 2: study of Cheddar cheese discrimination by composition, volatile compounds and descriptive flavour assessment. **International Dairy Journal**, Barking, v. 13, n. 9, p. 371-389, 2003.
- ORDOÑEZ, J. A. **Tecnología de Alimentos**. v. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005.

- PALKERT, P. E.; FAGERSON, I. S. Determination of flavor retention in pre-extrusion flavored textured soy protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 3, p. 526-528;533, 1980.
- PARADA, J.; AGUILERA, J. M.; BRENNAN, C. Effect of guar gum content on some physical and nutritional properties of extruded products. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 103, n. 3, p. 324 – 332, 2011.
- 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.
- SANO, C. History of glutamate production. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 90, n. 3, p 728S-732S, 2009.
- SETH, D. RAJAMNICKAM, G. Development of extruded snacks using soy, sorghum, millet and rice blend – A response surface methodology approach. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 47, n. 7, p. 1526-1531, 2012.
- SINGH, S.; GAMLATH, S.; WAKELING, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 42, n. 8, p. 916-929, 2007.
- SOLINA, M.; JOHNSON, R. L.; WHITFIELD, F. B. Effects of soy protein isolate, acid-hydrolyzed vegetable protein and glucose on the volatile components of extruded wheat starch. **Food Chemistry**, London, v. 104, n. 4, p. 1522-1538, 2007.
- THANH, M. L.; THIBEAUDEAU, P.; THIBAUT, M. A.; VOILLEY, A. Interactions between volatile and non-volatile compounds in the presence of water. **Food Chemistry**, London, v. 43, n. 2, p. 129-135, 1992.
- THIJSEN, H. A. C; RULKENS, W. H. citados por BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; YOUNG, G. Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 453-461, 2001.
- VERBEEK, C. J .R.; VAN DEN BERG, L. E. Extrusion processing and properties of protein-based thermoplastic. **Macromolecular Materials and Engineering**, Weinheim, v. 295, n. 1, 10 – 21, 2010.
- YU, L.; RAMASWAMY, H. S.; BOYE, J. Twin-screw extrusion of corn flour and soy protein isolate (SPI) blends: a response surface analysis. **Food Bioprocess Technology**, New York, v. 5, n. 2, p. 485-497, 2009.
- YU, L.; RAMASWAMY, H. S.; BOYE, J. Protein rich extrude products prepared from soy protein isolate-corn flour blends. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 1, p. 279–289, 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, 2006.

ZHOU, Q.; CADWALLADER, K. R. Effect of flavor compound chemical structure and environmental relative humidity on the binding of volatile flavor compounds to dehydrated soy protein isolates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 25, p. 1838-1843, 2006.

ZHU, L. J.; SHUKRI, R.; MESA-STONESTREET, N. J.; ALAVI, S.; DOGAN, H.; SHI, Y.C. Mechanical and microstructural properties of soy protein – high amylose corn starch extrudates in relation to physiochemical changes of starch during extrusion. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 100, n. 2, p. 232 – 238, 2010.

ANEXO 1 – Especificação técnica da proteína isolada de soja



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICO-COMERCIAIS

PROTIMARTI M 90

Proteína Isolada de Soja



Descrição do produto:

Protimarti M 90, proteína isolada de soja, apresenta propriedades funcionais importantes na produção de alimentos:

- Retenção de líquidos
- Poder estabilizante.
- Melhorias na coloração, textura e vida útil,
- Regula a viscosidade
- Não interfere sensorialmente no produto final.
- Alto valor proteico, baixo teor de açúcar
- Ausência de amido
- Alta digestibilidade

Apresenta-se na cor natural, no aspecto de pó.
Produto livre de OGM.

Aplicações

Protimarti M 90 foi desenvolvido para utilização na fabricação de uma grande variedade de produtos alimentícios, tais como:

- Produtos de panificação (pães, bolos, biscoitos)
- Suplementos protéicos
- Sopas desidratadas
- Fórmulas infantis
- Massas
- Fórmulas especiais (dietéticas)

Análises:

Informações Nutricionais (em 100g)	
Calorias (Kcal - KJ)	96 - 402
Carboidratos (g)	5,00
Proteínas (g)	88,00
Gorduras	
Totais (g)	1,00
Saturadas (g)	0
Trans (g)	0
Colesterol (g)	0
Fibra Alimentar (g)	1,60
Sódio (mg)	285

Microbiologia:*

Coliformes Fecais ≤ 1/g
Salmonella (25 g).....Ausente
Bacillus cereus ≤ 5X10²/g

*Conforme RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (ANVISA).

Físico-químico:

pH (solução 1%)..... 6,0-8,5
Granulometria 5,00%
(máx. retido em # 100)
Densidade kg/m³.....350-450

Embalagem:

Embalagem plástica contendo peso líquido de 20,0 kg.

Armazenagem:

O produto deve ser armazenado em local seco e ventilado, protegido de roedores e insetos e ao abrigo da luz solar.

Validade:

12 meses a contar da data de fabricação.

Registros:

MS: Isento, cfme. Resolução 23/00
ANVS

Caso necessite mais informações, nosso departamento técnico está a sua disposição.

tecnico@marsul.com.br

Rua Campos Neto, 1595 – Montenegro/RS –CEP 95780-000

Fone/Fax: 0800 5102665

Revisão 03 – 03/01/08

ANEXO 2 – Especificação técnica do corante carmim

CHR HANSEN

COR CARMIM CC-300-WS FCC-II

Informação do Produto

- Descrição:** Corante hidrossolúvel, produzido a partir da dissolução da laca cálcica-alumínica de ácido carminico, obtido do corpo seco do inseto *Dactylopius coccus costa*, em solução alcali-aquosa de hidróxido de potássio.
- Embalagem:** Galão de polietileno de 5 kg (GINS 621579 e 705580).
- Paletização:** 32 galões x 4 camadas = 128 galões/paleta
- Aplicação:**
Uso pretendido:
 Recheios de biscoitos, iogurtes, sorvetes, geléias, produtos cárneos e outros produtos alimentícios com fase aquosa. Tonalidade vermelha à vermelha rosada no produto final, dependendo do produto, processo e quantidade utilizada.
- Modo de usar:**
 Pode ser adicionado diretamente ao produto durante agitação. Entretanto, é recomendável misturar o corante com uma pequena porção da preparação antes de adicioná-lo ao produto. Não misturar com sais de cálcio.
- Consultar legislação em vigor para utilização.
- Armazenamento e transporte:** Temperatura: ambiente
 Condições: Isento de luz solar direta.
- Validade:** O produto é válido por um período de seis meses na embalagem original.
- Dados técnicos:** Características físicas:

Análise	Especificação
* Cor	Vermelha escura tendendo a bordo
* Aspecto	Líquido
* Odor	Característico
* pH	Mínimo 11,00
* Densidade a 20 ^o C (g/mL)	1,05 ± 0,05
* Sujidades/Materiais estranhos	Ausência
* Solubilidade em água a 20 ^o C	Solúvel

Características químicas:

Análise	Especificação
* Ácido carminico (%)	2,80 - 3,20
** Arsênio (ppm)	≤ 3
** Chumbo (ppm)	≤ 10
** Mercúrio (ppm)	≤ 1
** Cádmio (ppm)	≤ 1
** Metais pesados expressos como chumbo (ppm)	≤ 40

ANEXO 3 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



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



**PARECER CONSUBSTANCIADO
PROJETO DE PESQUISA**

IDENTIFICAÇÃO

Nome do pesquisador: Talita Maira Goss Milani
Departamento: Engenharia e Tecnologia de Alimentos
Instituição: Unesp – São José do Rio Preto
Projeto: "Estudo da aromatização pré-extrusão e das condições de extrusão sobre os parâmetros de textura e retenção de aroma em proteína isolada de soja".
Protocolo: 0018.0.229.000-11

PARECER nº. 055/11

O presente projeto foi adequadamente apresentado, segundo as normas vigentes, e objetiva modificações no preparo de proteína de soja com base na manutenção do aroma e textura, com procedimentos pré-extrusão. Objetiva também reduzir a quantidade de gordura vegetal utilizada na aromatização diminuindo o valor calórico.

As avaliações seguem os padrões de segurança na manipulação de alimentos e são consideradas avaliações sensoriais conforme os padrões internacionalmente estabelecidos.

A orientadora e mestranda apresentam experiência na área, e o laboratório a infra-estrutura necessária para seu desenvolvimento sem prejuízo para a obtenção dos resultados esperados.

Tendo em vista o exposto, este CEP declara por:

APROVADO

COM PENDÊNCIA, máximo de 60 dias para atendimento

RETIRADO

NÃO APROVADO

APROVADO, aguardar apreciação final da CONEP

Datas previstas para apresentação dos relatórios

1º relatório: junho/2012

2º relatório: junho/2013

Obs.: Para facilitar a apresentação do relatório poderá seguir como orientação o roteiro no site http://www.ibilce.unesp.br/instituicao/comissoes/etica/arquivos/Roteiro_02.doc

São José do Rio Preto, 15 de junho de 2011.


Prof. Dra. Ana Elizabete Silva
Coordenadora do CEP

ANEXO 4 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE



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 “Estudo da aromatização pré-extrusão e das condições de extrusão sobre parâmetros de textura e retenção de aromas em proteína isolada de soja” sob responsabilidade da pesquisadora Talita Maira Goss Milani. O trabalho será realizado através de estudo do perfil sensorial e de aceitação de proteína isolada de soja extrusada, com relação aos parâmetros de textura e retenção de aroma. A pesquisa poderá oferecer risco mínimo à sua saúde, apesar dos produtos a serem avaliados, que são de consumo comum, possuir rígidos controles de higiene durante sua fabricação e manipulação. 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 este último só será utilizado 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. Este estudo é importante porque seus resultados fornecerão informações sobre as características sensoriais de produtos extrusados contendo alguns compostos voláteis, proporcionando uma redução da quantidade de lipídeos no produto final, se comparado a produtos convencionais.

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: _____

email: _____

_____ de _____ de 2012.

Usuário ou responsável legal

Pesquisador responsável

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

Nome: Talita Maira Goss Milani.	Cargo/Função: Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos
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 / 3221.2384	