

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARCI EWERLING

**FARINHA DE CHIA (*Salvia hispânica L.*) PARCIALMENTE
DESENGORDURADA COMO FONTE DE ÁCIDOS GRAXOS
PARA PÃES SEM GLÚTEN**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MEDIANEIRA

2016

MARCI EWERLING

**FARINHA DE CHIA (*Salvia hispânica L.*) PARCIALMENTE
DESENGORDURADA COMO FONTE DE ÁCIDOS GRAXOS
PARA PÃES SEM GLÚTEN**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

MEDIANEIRA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

E94f Ewerling, Marci

Farinha de chia (salvia hispânica L.) parcialmente desengordurada como fonte de ácidos graxos para pães sem glúten / Marci Ewerling – 2016.

93 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Angela Claudia Rodrigues

Coorientadora: Nadia Cristiane Steinmacher

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Medianeira, 2016.

Inclui bibliografias.

1. Doença celíaca. 2. Ácidos graxos ômega-3. 3. Alimentos funcionais. 4. Alimentos – Dissertações. I. Rodrigues, Angela Claudia, orient. II. Steinmacher, Nadia Cristiane, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. III. Título.

CDD: 664

Biblioteca Câmpus Medianeira

Marci Lucia Nicodem Fischborn 9/1219



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos

PPGTA UTFPR
Programa de Pós-Graduação
em Tecnologia de Alimentos

TERMO DE APROVAÇÃO

FARINHA DE CHIA (*Salvia hispânica L.*) PARCIALMENTE DESENGORDURADA COMO FONTE DE ÁCIDOS GRAXOS PARA PÃES SEM GLÚTEN

Por

MARCI EWERLING

Essa dissertação foi apresentada às quinze horas, do dia trinta e um de agosto de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Linha de Pesquisa Ciência e Tecnologia de Produtos Alimentícios, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - PPGTA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Angela Claudia Rodrigues (Orientadora – PPGTA)

Profa. Dra. Cristiana da Silva (Membro Externo – UTFPR)

Prof. Dr. Aloisio Henrique Pereira de Souza (Membro Externo – IFMS)

A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Angela Claudia Rodrigues

Coorientadora:

Prof^a. Dr^a. Nádia Cristiane Steinmacher

Ao meu querido esposo **Irio**, amigo e companheiro que vibra com todas as minhas conquistas e ao meu amado filho **Pedro Henrique**, razões da minha felicidade.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado guiando e iluminando meus passos.

Aos meus pais, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e incentivando a seguir em frente.

À orientadora, Prof^a. Dr^a. Angela Claudia Rodrigues, pela orientação, paciência e confiança.

À coorientadora, Prof^a. Dr^a. Nádia Cristiane Steinmacher, pela orientação e aferir os experimentos.

Ao CNPq, Fundação Araucária e UTFPR, pelo apoio financeiro.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira, onde trabalho, por estarem de acordo com a redução da jornada de trabalho para que eu me dedicasse a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Simoni, Patrícia, Mara, Ademir, Thiago, Marisa, Dolores, Marilete, Ruth e Elé, pelo apoio, paciência, ensinamentos e amizade.

Aos colegas da pós-graduação que foram amigos de todas as horas, agradeço por todos os momentos em que deixaram suas coisas de lado para me auxiliarem, por todos os conselhos e opiniões que foram de grande valia para a realização deste trabalho. Em especial, as amigas, Maristela, Silvia, Jackeline, Eliziane, Ruth, Flora, Andressa, Rubiane e Alexia.

As minhas amigas doutorandas da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Rosana e Daneysa, Tania (FURG), pelas inúmeras vezes que me auxiliaram na estatística, nas revisões, esclarecendo minhas dúvidas e clareando minhas idéias.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de coração me auxiliaram e que de uma forma ou de outra contribuíram para este trabalho. Agradeço ao incentivo, ao auxílio didático, a paciência, a palavra amiga.

A todos, o meu muito obrigado!

RESUMO

EWERLING, Marci. Farinha de chia (*Salvia hispanica L.*) parcialmente desengordurada como fonte de ácidos graxos para pães sem glúten. 2016. Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.

O grão de chia (*Salvia hispânica L.*) vem despertando um grande interesse das indústrias alimentícias por suas características nutricionais. Assim, o presente estudo teve como objetivo elaborar pães isentos de glúten, avaliando a influência da adição de farinha de Chia parcialmente desengordurada (FCPD), e das goma xantana e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), nas características reológicas, físico-químicas e sensoriais dos pães. Para tanto, foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR), do tipo 2^3 para investigar a influência do teor de ômega-3, lipídios totais, proteína bruta e carboidratos totais. Dentro das faixas estudadas para as três variáveis, foi possível verificar que a adição da FCPD promoveu maior contribuição nos modelos matemáticos, cujo R^2 calculado possibilitou explicar até 94 % dos fenômenos ocorridos na faixa investigada. Através da análise de desejabilidade identificou-se que a formulação do ponto central convergiu na otimização para as três variáveis estudadas. No teste de aceitação para a amostra contendo 20 % de FCPD, o atributo textura foi melhor avaliado, os atributos aroma, sabor e aspecto global não evidenciaram uma maior ou menor aceitação. Para a FCPD, foram encontrados teores elevados de proteínas (30,15 %), carboidratos (41,60 %), e capacidade de absorção de água de $10,53 \text{ g g}^{-1}$ de amostra, sendo este valor metade daquele encontrado para a farinha de chia integral (20 g g^{-1} de amostra). A FCPD apresentou valores elevados de ômega-3 (60 %) e ômega-6 (24 %). O Uso da FCPD e das gomas foi promissor no desenvolvimento de pão isento de glúten com boas características sensoriais e nutricionais.

Palavras- chave: Doença celíaca. Ômega-3. Planejamento fatorial. Alimentos funcionais. Hidrocolóides.

ABSTRACT

EWERLING, Marci. Chia flour (*Salvia hispanica* L.) partially defatted as a source of fatty acids for gluten-free breads. 2016. Dissertação – Mestrado em Tecnologia de Alimentos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.

The chia seed (*Salvia hispanica* L.) has attracted a great interest of the food industry for its nutritional characteristics. Thus, this study aimed to prepare bread gluten-free, assessing the influence of the addition of partially defatted chia flour (PDCF), and xanthan gum and hydroxypropyl methylcellulose gum (HPMC), in the rheological characteristics, physico-chemical and sensory characteristics of bread. Thus, a central composite rotational design was used (CCRD), type 2^3 to investigate the influence of omega-3 content, total fat, crude protein and total carbohydrates. Within the ranges studied for the three variables, it was possible to verify that the addition of PDCF promoted greater contribution to mathematical models, which calculated R^2 allowed to explain 94 % of the phenomena occurring in the investigated range. Through the desirability analysis it was found that the formulation of the central point converged on optimizing for the three variables. At the acceptance test for the sample containing 20 % PDCF, texture attribute was better evaluated; the attributes aroma, flavor and overall appearance did not show a larger or smaller acceptance. For PDCF, elevated protein (30.15 %) and carbohydrates (41.60 %) levels were found, and water absorption capacity of 10.53 g g^{-1} of sample, this value being half of that found for the chia integral flour (20 g g^{-1} of sample). PDCF showed high levels of omega-3 (60 %) and omega-6 (24 %). The use of PDCF and gums was promising in the development of gluten-free bread with good sensory and nutritional characteristics.

Keywords: Celiac disease. Omega 3. factorial design. functional foods. Hydrocolloids

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cultivo da chia no México (a) e Inflorescência da chia (b)	19
Figura 2 - Grãos de chia (<i>Salvia Hispânica L</i>) antes (a) e após a formação da mucilagem (b).....	20
Figura 3 - Estrutura dos ácidos linoléico (a) e alfa-linolênico (b)	26
Figura 4 - Esquema ilustrativo da síntese dos ácidos graxos da família n-3 e n-6....	27
Figura 5 - Estrutura do glúten.....	30
Figura 6 - Mucosa intestinal de indivíduos saudáveis e portadores da doença celíaca.....	31
Figura 7 - Produtos sem glúten mais desejados pelos celíacos.....	33
Figura 8 - Estrutura unitária (monômero) do polissacarídeo de goma xantana.....	36
Figura 9 - Estrutura unitária (monômero) do polissacarídeo de goma xantana.....	38
Figura 10 - Fluxograma da elaboração do pão sem glúten enriquecido com FCPD	43
Figura 11 - Representação tridimensional modelo CIELab	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades nutricionais em 100g de grãos de chia.....	21
Tabela 2 - Teores de ômega 3 recomendado para homens e mulheres.....	29
Tabela 3 - Percentual dos ingredientes utilizados na formulação controle.....	40
Tabela 4 - Níveis das variáveis do delineamento composto central rotacional descodificado.	40
Tabela 5 - Matriz de ensaios para o delineamento composto central rotacional 23 com valores codificados e reais % (entre parênteses).	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AACC	American Association for Clinical Chemistry
ACELBRA	Associação dos celíacos do Brasil
AG	Ácidos graxos
AGPI	Ácidos graxos poli-insaturados
ANOVA	Análise de variância
AOAC	Official methods of analysis
ARA	Araquidônico
CAA	Capacidade de absorção de água
CMC	Carboximetilcelulose
DC	Doença celíaca
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
DHA	Docosahexaenoico
EPA	Eicosapentaenóico
F _{CAL}	F Calculado
FCPD	Farinha de chia parcialmente desengordurada
F _{TAB}	F tabelado
GL	Graus de Liberdade
HPMC	Hidroxipropilmetilcelulose
IAA	Índice de absorção de água
ISA	Índice de solubilidade em água
MC	Metilcelulose
MQ	Média quadrática
PA	Peso da amostra
PG	Prostaglandinas
PRC	Peso do resíduo da centrifugação
PRE	Peso do resíduo da evaporação
RPM	Rotação por minute
SQ	Soma Quadrática
TXA	Tromboxanos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 CHIA – <i>Salvia hispanica</i> L.....	19
3.2 FARINHA DE CHIA PARCIALMENTE DESENGORDURADA (FCPD)	22
3.3 BENEFÍCIOS DA CHIA (<i>Salvia hispanica</i> L.) EM PÃES E BOLOS	23
3.4 ÁCIDOS GRAXOS POLI-INSATURADOS ÔMEGA-3 E ÔMEGA-6	24
3.5 BENEFÍCIOS DA INGESTÃO DE ÁCIDOS GRAXOS	28
3.6 GLÚTEN	29
3.7 DOENÇA CELÍACA	31
3.8 PÃO	34
3.9 HIDROCOLÓIDES	35
3.9.1 Goma xantana	36
3.9.2 Hidroxipropilmetilcelulose – HPMC	37
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 MATÉRIA PRIMA.....	39
4.2 EQUIPAMENTOS	39
4.3 DESENVOLVIMENTO DAS FORMULAÇÕES.....	39
4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	40
4.5 PROCESSAMENTO DAS FORMULAÇÕES.....	41
4.6 ANÁLISES	44
4.6.1 Índice de absorção de água (IAA)	44
4.7 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS PÃES	45

4.7.1 Volume Específico	45
4.7.2 Força de compressão (firmeza) no miolo dos pães.....	45
4.7.3 Cor do miolo dos pães	46
4.7.4 Composição Proximal	47
4.7.5 Composição em ácidos graxos	48
4.8 AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ACEITAÇÃO	49
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA E MULTIVARIADA	50
REFERÊNCIAS	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
Artigo I	59
Artigo II	59
5.1 ARTIGO CIENTÍFICO I:	60
COMPOSIÇÃO PROXIMAL E DE ÁCIDOS GRAXOS DA FARINHA DE CHIA PARCIALMENTE DESENGORDURADA.....	60
5.2 ARTIGO CIENTÍFICO II:	71
APLICAÇÃO DE DELINEAMENTO FATORIAL NO DESENVOLVIMENTO DE PÃO ISENTO DE GLÚTEN CONTENDO CHIA COMO FONTE DE ÔMEGA 3.....	71
6 CONCLUSÕES GERAIS	95

1 INTRODUÇÃO

Atualmente tem se constatado, em nível mundial, uma tendência nutricional preconizando uma alimentação mais saudável, com a ingestão de alimentos contendo fonte de fibras, pouca gordura e colesterol (PINTADO et al., 2016).

Neste direcionamento, e associando às mudanças ocorridas no cotidiano da população, como a falta de tempo para o preparo de um alimento que atenda as exigências nutricionais recomendadas, desencadeou-se a procura por fontes de alimentos que sejam benéficos à saúde do consumidor e que supram suas necessidades, como é o caso do alimento sem glúten para os portadores da doença celíaca.

A doença celíaca é uma patologia autoimune desencadeada pela ingestão de glúten presente nos cereais. Ocorre em pessoas geneticamente predispostas que manifestam uma intolerância a algumas prolaminas que constituem o glúten dos alimentos (SVERKER et al., 2005).

No entanto, são encontradas carências na fabricação de massas isenta de glúten, fato que pode ser comprovado nas gôndolas dos supermercados com a baixa oferta de produtos deste gênero. Devido à ausência do glúten, o produto final se torna menos atrativo ao consumidor (tratando-se de características sensoriais), pois ele confere melhor consistência, viscosidade e extensibilidade. Aliado a esta necessidade de produção de alternativas, tem se testado, através de estudos, diversos grãos como milho, linhaça, grão de bico, chia, entre outros (STORK et al., 2009; SCHMIELE et al., 2013).

Segundo Stork et al., (2009), o glúten é responsável pelas propriedades estruturais e reológicas que caracterizam diversos produtos de panificação, sendo um desafio elaborar produtos isentos de glúten de boa qualidade. Na tentativa de amenizar a falta de glúten estão sendo utilizados os chamados hidrocolóides, gomas alimentares que, ao serem acrescidas em pequenas quantidades, conferem a massa propriedades similares as obtidas na presença de glúten (MOHAMMADI et al., 2014).

O enriquecimento de alimentos com chia, em especial aqueles sem glúten, é interessante do ponto de vista nutricional, pois pessoas portadoras de doença celíaca apresentam dificuldades na absorção de nutrientes, o que justifica o estudo de produtos enriquecidos voltados para celíacos.

A chia, também conhecida como chia mexicana, chia negra ou salvia espanhola, é uma planta da família das lamináceas. Apresenta alto conteúdo de fibra alimentar, proteínas, minerais, com destaque para o cálcio, ferro e potássio, além de ser uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, como o alfa-linolênico (REYES-CAUDILLO et al., 2008; GOHARA et al., 2013).

Por ser um alimento com ótimas propriedades alimentares, pesquisadores como (GOHARA et al., 2016.; SOUZA et al., 2015; ZAQUI et al., 2014), têm desenvolvido estudos a fim de comprovar o enriquecimento nutricional em formulações alimentícias, que poderão auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares, trombose, e numa melhor qualidade de vida aos potenciais consumidores. Porém, entre tantas qualidades, para que a chia seja reconhecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária como alimento seguro e apto para a comercialização, estudos de maior profundidade ainda devem ser realizados.

O grão de chia, quando da prensagem a frio para retirada de óleo bruto, fornece um resíduo, a farinha parcialmente desengordurada. Esta farinha também é fonte de ácidos graxos, e a sua aplicação em produtos alimentícios agrega valor nutricional, além de minimizar o desperdício. O presente estudo optou, tendo em vista estes motivos, por aplicar a chia na forma de farinha parcialmente desengordurada em pães sem glúten para atingir o mercado consumidor dos celíacos.

A chia foi selecionada para este estudo por receber uma grande atenção nos últimos anos devido suas características nutricionais, apesar de poucos estudos científicos disponíveis em relação a sua caracterização e aplicação em alimentos. O pão foi selecionado por ser o alimento mais desejado pelos portadores da doença celíaca.

Sendo assim, considerando o crescimento de produtos para nichos específicos de mercado, como por exemplo, a dos celíacos, e a falta de opção

de produtos para este público, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da incorporação da farinha de chia parcialmente (FCPD) na elaboração de pães isentos de glúten e com adição de gomas, verificando o efeito na qualidade nutricional, físico- química e sensorial dos pães desenvolvidos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da adição de farinha de Chia (*Salvia hispânica* L.) parcialmente desengordurada (FCPD), goma xantana e hidroxipropilmetilcelulose - HPMC, nas características reológicas, físico-químicas e sensoriais em pães isentos de glúten.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a influência da variação da proporção de FCPD, das gomas em pães isentos de glúten, por meio de um delineamento composto central rotacional, no teor de ômega-3, lipídios totais, proteína bruta e carboidratos totais.

Determinar a composição proximal, reológicas e de cor das formulações, composição proximal e índice de absorção de água da FCPD, identificar e quantificar os ácidos graxos presentes nos lipídios extraídos da FCPD por cromatografia gasosa.

Selecionar as melhores formulações do pão sem glúten, com base na textura e volume específico, para realização da análise sensorial de aceitação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CHIA – *Salvia hispanica* L.

A chia (*Salvia hispânica* L.) é um vegetal que teve sua origem na região da Guatemala e do México. Na antiguidade foi um dos alimentos básicos utilizados por civilizações como índios do oeste e sul do México e Astecas até quase sua extinção. Eles a ofereciam aos deuses em cerimônias religiosas, costume que desapareceu com a colonização dos espanhóis, que a substituiu por culturas trazidas da Europa (MIGLIAVACCA et al., 2014). Ao final do século passado ressurgiu o interesse pela planta, por ser considerada uma boa fonte de fibra, proteínas e antioxidantes (BUENO et al., 2010).

A chia é uma planta anual que pode alcançar de 1 até 1,5 metros de altura (Figura 1), possui folhas simples, opostas, de 4 a 8 cm de comprimento e 3 a 5 cm de largura, sendo cultivada para obtenção de grãos (MIGLIAVACCA et al., 2014).



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Cultivo da chia no México e (b) Inflorescência da chia
Fonte: Migliavacca et al. (2014).

Cada um dos seus frutos possui quatro pequenos grãos oleaginosos, ovais, lisos, brilhantes e de cor cinza com manchas avermelhadas como mostrado na Figura 2 (TOSCO, 2004).



(a) (b)
Figura 2 – (a) Grãos de chia (*Salvia Hispânica L*) antes e (b) após a formação da mucilagem
Fonte: Migliavacca et al., (2014)

Embora ainda não seja um alimento muito conhecido, em diversas regiões do mundo os grãos da chia são utilizados como alimento, dentre elas, estão a América Latina, os Estados Unidos e a Austrália. Assim, a produção deste grão tem aumentado e atinge valores significativos devido ao crescente uso nas indústrias alimentícias, sendo utilizado como suplemento nutricional na fabricação de barras de cereais, cereais matinais, biscoito, entre outros (MUÑOZ et al., 2012).

Segundo Migliavacca et al. (2014), o Brasil é um local ideal para a produção da chia, pois as condições climáticas de temperatura, altitude e precipitação são ideais para seu cultivo. Porém, deve-se observar o período da sementeira, tendo em vista que esta planta é sensível ao frio, fator este limitante para regiões que tendem a geadas. Por apresentar condições favoráveis ao seu plantio a demanda na produção no país tem aumentado consideravelmente.

A composição química do grão é influenciada pelo local de plantio, e o mesmo pode ainda alterar o teor de óleo em sua composição, bem como o teor de ácidos graxos de seus grãos (MIGLIAVACCA et al., 2014).

Os principais atrativos da chia estão relacionados às suas características nutricionais, que fazem dela um alimento aliado à saúde. Na Tabela 1 é mostrada, conforme estudos de Coelho e Salas-Mellado (2015), a composição nutricional dos grãos da chia, além destes nutrientes ela possui antioxidantes, minerais (como cálcio, ferro e potássio) e vitaminas.

Tabela 1- Propriedades nutricionais em 100g de grãos de chia.

Componentes	Quantidades (g)
Proteínas	15-20
Lipídeos Totais*	30-33
Cinzas	4-5
Carboidratos	26-41
Fibras	18-30

* Destes 50-57 % são de ômega-3 e 17-26 % de ômega-6

Fonte: COELHO; SALAS-MELLADO, 2015.

Em contato com a água por 30 minutos o grão de chia forma uma camada de gel que, quando ingerido, é capaz de formar uma barreira separando as enzimas digestíveis dos carboidratos, auxiliando na absorção de açúcar, o que a torna uma aliada no controle e prevenção do diabetes. Além disso, este grão é capaz de aumentar o seu volume dentro do organismo, sendo uma excelente fonte de fibra, além de fornecer proteínas e ácidos graxos essenciais (TOSCO, 2004).

De acordo com Wanderley e Oliveira (2014) “a chia é um grão largamente utilizado na sociedade, devido às suas características funcionais, tais como, aumento da saciedade, melhora do funcionamento intestinal, redução do risco do surgimento de doenças cardiovasculares, entre outros”.

Segundo normativa da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é definida como funcional:

“Todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções metabólicas normais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produza efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para o consumo sem supervisão médica” (BRASIL, 1999).

Além disso, para ser considerado um alimento funcional, o mesmo deve possuir a capacidade de afetar benéficamente uma ou mais funções do corpo, apresentando características relevantes para o bem-estar e a saúde do consumidor. Esses alimentos podem ser utilizados como estratégias para a redução do risco de doenças e manutenção da saúde do usuário (MORAES; COLLA, 2006). Entre os alimentos funcionais, podem ser citados os ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e 6, encontrados no grão de chia.

Devido à escassez de pesquisas nacionais que relacionem sua caracterização e seu consumo a benefícios para a saúde humana, a chia ainda não possui aprovação para ser comercializada nacionalmente como alimento seguro, tornando-se necessário que alguma empresa solicite seu registro como “novo alimento”, para que a ANVISA, após o reconhecimento de suas propriedades benéficas, caracterize como fonte segura de alimentação (FERREIRA, 2013).

A chia pode ser encontrada no mercado brasileiro na forma de grão inteiro, óleo encapsulado, óleo extra virgem, farinha integral e parcialmente desengordurada.

3.2 FARINHA DE CHIA PARCIALMENTE DESENGORDURADA (FCPD)

A FCPD é um produto obtido após o processo de prensagem a frio para retirada do óleo bruto de chia. Após passar pelo moinho de martelo através da extração de grande parte do óleo do grão de chia, a FCPD é posteriormente transformada em uma farinha fina de 14-16 mesh. Embora a FCPD seja considerado um coproduto, possui grande quantidade de fibras, e de nutrientes como cálcio, proteína, potássio, carboidrato, ferro e ácidos graxos

poli-insaturados, podendo ser aplicada no desenvolvimento de diversos produtos alimentares (GIROIL, 2015).

O método mais antigo relatado de extração de óleo é o de aplicar pressão mecânica ou manual sobre o grão, e tem como vantagem a produção de um óleo que pode ser consumido sem necessidade de refino (OETTERER; REGINATO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Em estudo realizado por Vázquez-Ovando et al., (2010) foram avaliadas FCPD de diferentes origens e encontrado teores protéicos entre 28,14 % e 44,62 %, teor de cinzas 7,09 % e fibra total entre 28,3 % e 30,59 %, destacando-se sua capacidade de retenção de água, óleo e moléculas orgânicas, e sugerindo que este pode ser um ingrediente útil na fabricação de produtos dietéticos, assados, fritos, entre outros.

Os elevados teores de minerais da FCPD é outro aspecto a ser salientado. Segundo estudo realizado por Gohara et al. (2013), foi evidenciado que a adição de 20 % da farinha de chia parcialmente desengordurada e da farinha integral de azuki aumentaram os teores de minerais (Ca, Fe, Mg e Zn) em bolos de chocolate isentos de glúten.

3.3 BENEFÍCIOS DA CHIA (*Salvia hispanica* L.) EM PÃES E BOLOS

Em estudo realizado por Pereira et al. (2013) com a elaboração de pão sem farinha de trigo, e com base amilácea de creme de arroz e fécula de batata, foi relatado que a adição de farinha de chia, na proporção de 50 %, melhora as propriedades nutricionais do pão de batata, oferecendo aumento nos valores referentes a umidade, cinzas e lipídios. Na análise sensorial encontraram aceitação superior a 70 % na formulação com 25 % de farinha de chia.

Coelho e Salas-Mellado (2015), realizaram a adição de farinha e de grão de chia na formulação de pães de farinha de trigo com o intuito de reduzir o conteúdo de gordura vegetal hidrogenada. Como resultados os autores

encontraram a redução nos níveis de gordura saturada de 27 % no produto desenvolvido com a farinha e 24 % nos desenvolvidos com o grão. Os níveis de gordura poli-insaturada tiveram aumento, principalmente o ômega-3, além de aumentar os níveis de fibra. Na análise sensorial os produtos obtiveram boa aceitação, demonstrando viabilidade comercial.

Na formulação de diferentes tipos de pão sem glúten com farinha de chia, farinha de trigo mourisco de tartary, Costantini et al., (2014) constaram um aumento no teor de proteínas, fibras dietéticas insolúveis, cinzas e especialmente ácidos graxos do tipo ômega-3 nos pães suplementados com farinha de chia.

Estudo desenvolvido por Pizarro et al. (2013), com a incorporação de farinha de chia e gordura vegetal hidrogenada na produção de bolo, resultou na melhora das características sensoriais e nutricionais, principalmente na relação ômega-3 e ômega-6 (presentes em quantidades apreciáveis no grão de chia). A presença da gordura vegetal hidrogenada melhorou os efeitos da farinha de chia sobre a firmeza e o volume dos produtos.

É interessante reforçar que o principal atrativo nessa semente está relacionada ao teor de ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6, tendo em vista que estes compostos desempenham importantes funções da retina e funcionamento e desenvolvimento do cérebro (MARTIN et al., 2006).

3.4 ÁCIDOS GRAXOS POLI-INSATURADOS ÔMEGA-3 E ÔMEGA-6

As gorduras e óleos são reconhecidos como nutrientes indispensáveis na dieta humana e animal, proporcionando energia e tendo papel fundamental no fornecimento de ácidos graxos essenciais.

O armazenamento das reservas de energia do corpo é realizado na maioria dos seres vivos pelos lipídios, principalmente os ácidos graxos, que estão distribuídos pelos tecidos do corpo e membranas celulares (PERINI et al., 2010).

Os ácidos graxos são formados por cadeias lineares de hidrocarbonetos que apresentam grupo carboxila em uma extremidade (delta) e um grupo metila na outra (ômega). Podem ser classificados de acordo com o tamanho de sua cadeia carbônica, sendo de 4 a 8 átomos de carbono chamados de cadeia curta, com 10 a 14 átomos são classificados como de cadeia longa e com mais de 20 átomos de cadeia longuíssima. Ainda podem ser classificados de acordo com suas insaturações (duplas ligações) a partir da sua extremidade ômega, sendo que os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) possuem duas ou mais insaturações em suas cadeias carbônicas (PERINI et al., 2010; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006, p.202). A desigualdade existente nas moléculas entre grau, tamanho e posição da instauração concede propriedades distintas quanto às características físicas, químicas e nutricionais das mesmas (BELITZ E GROSCH, 2000).

Segundo Martin et al., (2006), os AGPI abrangem as famílias dos ácidos graxos ômega-3 (alfa-linolênico (18:3n-3)) e ômega-6 (ácidos linoléico (18:2n-6)). Estes ácidos são pré-cursors de ácidos graxos de cadeia muito longa, os quais desempenham importantes funções no desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina. No caso específico da chia, os graxos ômega-3 e ômega-6 são os principais ácidos graxos que formam o óleo contido nas sementes, com 641 g de ômega-3/kg do total dos ácidos graxos e 188 g de ômega-6/kg do total de ácidos graxos (PEIRETTI e GAI, 2009). Estas famílias apresentam insaturações separadas apenas por um grupo de carbono metilênico, com a primeira no sexto e terceiro carbono, respectivamente (Figura 3), e têm como principais funções no organismo humano manter em condições normais as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos.

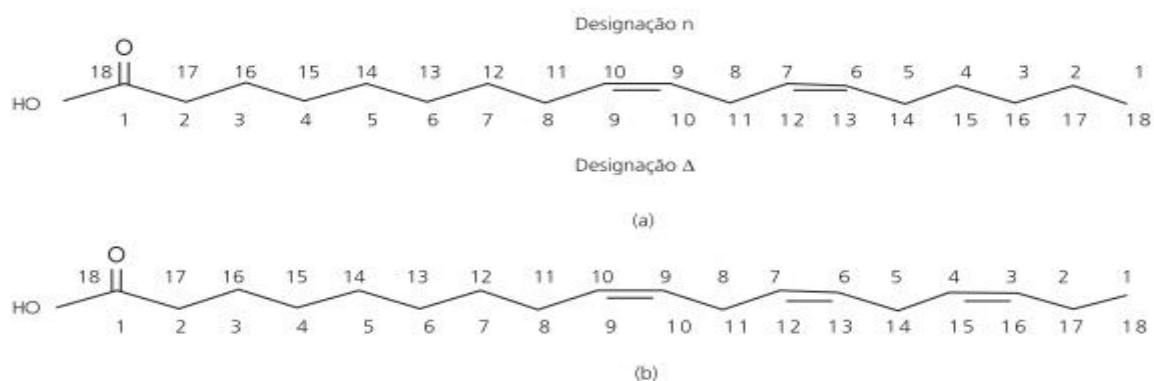


Figura 3 - Estrutura dos ácidos linoléico (a) e alfa-linolênico (b)
 Fonte: Martin et al., (2006)

Por apresentarem insaturação nas cadeias carbônicas na posição n-3 e n-6, os mamíferos não apresentam em seu organismo enzimas capazes de produzir AGPI do tipo ácido linoléico e alfa-linolênico (ômega 6 e 3, respectivamente) em ácidos essenciais de cadeias mais longas (OLIVEIRA; LUZIA; RONDÓ, 2012). Por essa razão, torna-se necessário a inserção destes na alimentação humana para suprir as necessidades nutricionais do organismo.

“A produção de AGPI a partir dos ácidos linoléico e alfa-linolênico ocorre por intermédio das enzimas elongases e dessaturases. As elongases catalisam o alongamento da cadeia carbônica de AG pela adição seqüencial de pares de carbonos à extremidade delta. A dessaturases promove a inserção de ligações duplas nas cadeias carbônicas, restrita a posições distanciadas pelo menos nove carbonos na extremidade delta” (PHILIPPI, 2008, p. 254-255).

O ácido linoléico é o precursor na síntese do ácido araquidônico (ARA), como mostrado na Figura 4, que por sua vez origina os eicosanóides, e a partir do alfa-linolênico são sintetizados os ácidos altamente insaturados eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), que são precursores dos prostanóides, que originam as prostaglandinas (PG) e tromboxanos (TXA) (KUS; MANCINI-FILHO, 2010, p. 3; MARTIN et al., 2006).

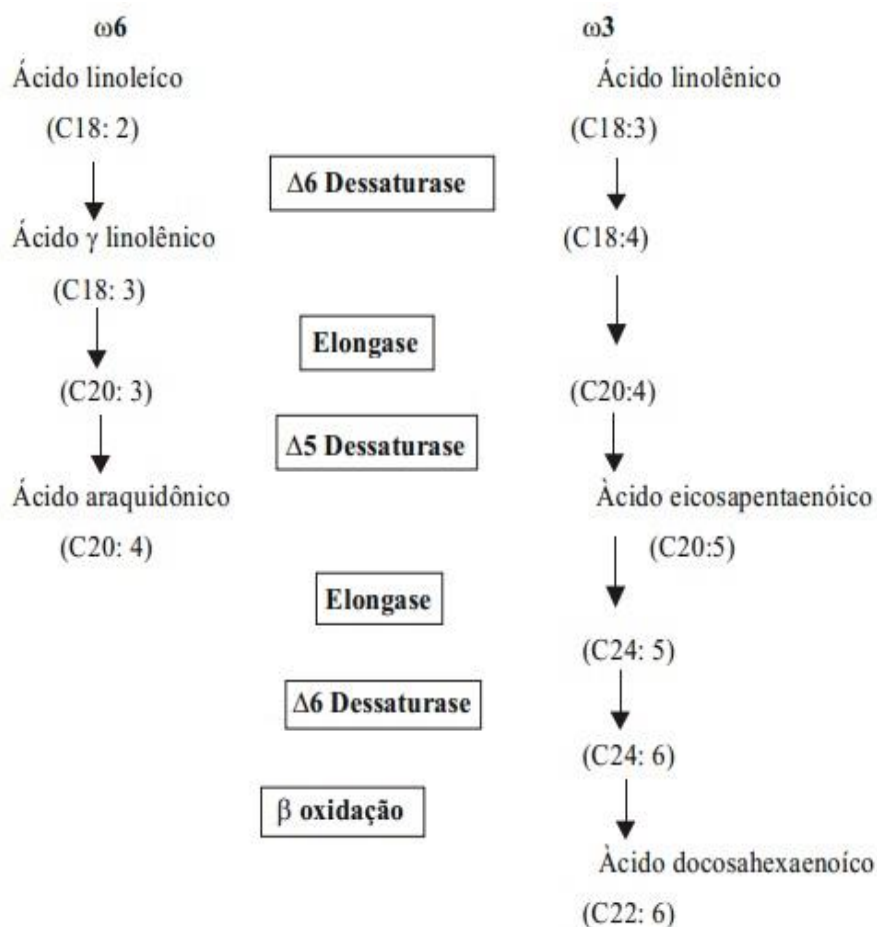


Figura 4 - Esquema ilustrativo da síntese dos ácidos graxos da família n-3 e n-6
 Fonte: SANT'ANA, (2014).

Para que aconteçam as sínteses do ácido ARA, DHA e EPA é necessário que ocorram reações de dessaturação e alongamento de cadeias. Os ácidos graxos das famílias n-3 e n-6 competem pelo uso das enzimas celulares capazes de realizarem tais reações, por isso se torna importante o consumo dos ácidos linoléico e alfa-linolênico em proporção adequada. Alguns estudos são realizados na tentativa de estipular uma relação de equilíbrio para o consumo dos mesmos, pois se forem ingeridas grandes quantidades de ácido linolênico, por exemplo, devido à competição pelas enzimas, o organismo terá uma redução nos níveis de DHA (MARTIN et al., 2006).

3.5 BENEFÍCIOS DA INGESTÃO DE ÁCIDOS GRAXOS

Segundo a ANVISA, para ser considerado fonte de ômega-3 o alimento deve possuir o mínimo de 300 mg de amostra de ácido alfa-linolênico por 100g de amostra do produto. Para ser considerado de alto conteúdo, o mesmo deve apresentar mínimo de 600 mg/100g de amostra. Para ser considerada fonte de ômega-6 o mesmo deve possuir o mínimo de 1,5 g/100g de amostra. E para ser considerado de alto conteúdo, deve apresentar acima de 3g/100g de amostra (BRASIL, 2012).

Segundo Simopoulos (2002), as dietas ocidentais são deficientes nos ácidos graxos ômega-3 e possui quantidades excessivas de ômega-6, fator que pode promover doenças cardiovasculares, câncer, doença inflamatória e autoimune, o que pode ser suprimido com o aumento da quantidade de ômega-3. A proporção adequada de consumo dos graxos n-6:n-3 para obtenção dos benefícios é em torno de 2-5:1, entretanto, nas populações ocidentais é de cerca de 15:1 a 17:1 (SIMOPOULOS, 2008).

Em estudo realizado por Dunbar, Bosire e Deckelbaum (2014) relatam que com o aumento da população humana cresce a preocupação com a alimentação com níveis adequados de AGPI que contenham índices favoráveis entre n-3 e n-6 e comentam os efeitos benéficos do n-3 na dieta, bem como os efeitos potencialmente negativos da ingestão excessiva de n-6.

Os eicosanoides exercem funções, entre os diversos sistemas do organismo, ligadas ao sistema imune e à resposta inflamatória, estando os derivados da família n-3 ligados a ação anti-inflamatória e os derivados de ômega-6, quando em excesso, a características inflamatórias (PERINI et al., 2010).

De acordo com ANVISA, para ser considerado funcional para ômega-3, o produto deve fornecer no mínimo 0,1 EPA e/ou DHA na porção de 100g de amostra. O consumo de AG ômega-3 auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos quando associado à dieta equilibrada e hábitos de vida saudáveis (BRASIL, 2008). A Tabela 2 demonstra a quantidade de ômega-3 recomendada para homens e mulheres, em diferentes faixas etárias.

Tabela 2 - Teores de ômega 3 recomendado para homens e mulheres.

Idade (anos)	Ômega 3 (gramas/dias)
Homens	
9 a 13	1,2
14 a 18	1,6
19 a 30	1,6
31 a 50	1,6
50 a 70	1,6
>70	1,6
Mulheres	
9 a 13	1,0
14 a 18	1,1
19 a 30	1,1
31 a 50	1,1
50 a 70	1,1
>70	1,1

Fonte: FOOD AND NUTRITION INFORMATION CENTER, 2005 THE NATIONAL ACADEMY PRESS, 2006.

Em estudo realizado por Peiretti e Gai (2009), foram estabelecidas as quantidades de ácidos graxos das famílias ômega-3 e ômega-6 presentes no grão da chia, sendo encontrado 641 g.kg^{-1} de amostra do total de ácidos graxos de ácido alfa-linoléico (C18:3n-3) e 188 g.kg^{-1} de amostra de ácido linoléico (C18:2n-6), tais resultados apontam que a chia é uma importante fonte de ácidos graxos poli-insaturados de relevância nutricional nas dietas, além de ser um alimento isento de glúten.

3.6 GLÚTEN

O glúten é uma proteína estrutural presente no trigo, no centeio e na cevada, ele é formado por frações de gliadina e glutenina. As gliadinas são as responsáveis pela toxicidade no organismo dos seres humanos portadores da doença celíaca (ARAUJO 2010).

O trigo é o único cereal que tem gliadina e glutenina em quantidades suficientes para formar o glúten (85 % da fração protéica). Porém essas

proteínas podem ainda estar presentes em outros cereais como centeio, cevada e aveia, respectivamente nas formas de secalina, hordeína e avenina.

O glúten (Figura 5) é uma substância elástica, aderente e insolúvel em água, formada pela hidratação dessas proteínas que se ligam, entre si e a outros componentes, por meio de diferentes ligações químicas, sendo o responsável pela estrutura das massas alimentícias (ARAÚJO et al., 2010).



Figura 5 - Estrutura do glúten
Fonte: Araújo et al., (2009).

No processo de mistura da massa, forma-se uma rede de glúten e a concentração de gliadina e glutenina são o fator primordial para tal. As gliadinas, proteínas de cadeia simples, são responsáveis pela consistência e viscosidade da massa, enquanto a glutenina, que apresenta cadeias ramificadas, por ser elástica dá a característica de extensibilidade. Quanto maior a proporção de glúten na farinha, melhor a qualidade para fabricar pão, pois ele faz com que a massa tenha liga e possibilite a retenção de gás carbônico para seu crescimento (ARAÚJO et al., 2009; PHILIPPI, 2006).

O glúten confere características tecnológicas de grande importância na elaboração de produtos de panificação, porém a sua ausência estabelece pontos positivos aos portadores da doença celíaca.

3.7 DOENÇA CELÍACA

A doença celíaca (DC) é uma intolerância à ingestão de glúten devido a um processo inflamatório na mucosa do intestino delgado de pessoas predispostas geneticamente (Figura 6). Devido à resistência das proteínas do glúten às enzimas digestivas, formam-se peptídeos que podem levar à resposta imunogênica, resultando na atrofia das vilosidades intestinais que leva a má absorção entre outros sinais clínicos (SILVA; FURLANETTO, 2010, p.122).

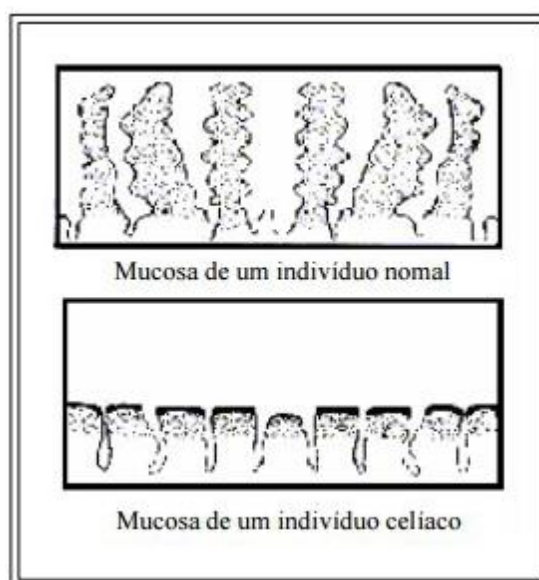


Figura 6- Mucosa intestinal de indivíduos saudáveis e portadores da doença celíaca
Fonte: ACELBRA (2016).

Há tempos atrás, acreditava-se que a doença celíaca era uma patologia rara e com incidência predominante em países desenvolvidos. Estudos recentes têm evidenciado que a ocorrência da doença aumentou, afetando em cerca de 1 % da população mundial (FASANO et al., 2008).

O Brasil não possui dados estatísticos oficiais, porém tem-se uma estimativa de que 300 mil brasileiros são portadores da doença, sendo a maior incidência na Região Sudeste. Os dados revelam que a doença celíaca é mais

frequente em mulheres, numa proporção de 2:1 em relação a homens, e atinge predominantemente os indivíduos de cor branca (ARAUJO 2010).

A doença celíaca pode apresentar-se na forma clássica, não clássica e assintomática. A forma clássica da doença se inicia nos primeiros anos de vida do indivíduo e neste caso ele pode apresentar diarreia crônica, vômitos, irritações alérgicas, anorexia, déficit de crescimento, distensão abdominal, diminuição do tecido celular e atrofia da musculatura glútea, esta foi a forma mais freqüentemente encontrada em três estudos brasileiros realizados na década de 1980. Já a forma não clássica da doença pode se manifestar mais tarde com um quadro mono ou paucissintomático, e os pacientes que se enquadram neste grupo podem apresentar baixa estatura, anemia por deficiência de ferro, hipoplasia do esmalte dentário, constipação intestinal, osteoporose, esterilidade, artralgia ou artrite e epilepsia. O reconhecimento da forma assintomática da doença ficou mais fácil a partir do desenvolvimento de marcadores sorológicos específicos para a doença celíaca, estes foram atribuídos especialmente entre familiares de primeiro grau de pessoas que possuam a doença (SDEPANIAN, 2001, p.2).

O único tratamento disponível atualmente para portadores da doença celíaca é a adesão de uma dieta isenta de glúten, o que geralmente resulta em uma baixa ingestão de proteína e fibra. Atualmente cresce o interesse por estudos que desenvolvam produtos de qualidade e com maior tempo de armazenamento, porém as expectativas dos consumidores não têm sido atendidas devido à falta de palatabilidade e baixo valor nutricional muitas vezes encontrado nestes produtos (CAPPA; LUCISANO; MARIOTTI, 2013, p. 1657-1658).

Perante o crescente público intolerante ao glúten, foi criada a Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003, da ANVISA, que obriga os produtos alimentícios comercializados a informarem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca, sendo necessário que o fabricante acrescente no rótulo da embalagem do seu produto a sentença “contém glúten” ou “não contém glúten” (BRASIL, 2003).

Os produtos mais utilizados na substituição da farinha de trigo para a elaboração de alimentos isentos de glúten são a farinha de milho, amido de milho, farinha de arroz, fécula de mandioca, fécula de batata, e polvilho azedo (KOTZE, 2006). A chia (*salvia hispânica* L.) também se apresenta como opção para a formulação de produtos isentos de glúten, possuindo elevado valor nutricional, com alto teor de ácidos graxos poli-insaturados, minerais e fibras (PEREIRA et al., 2013, p. 125).

Ainda há no mercado brasileiro uma grande carência de variedades de produtos próprios para o consumo de celíacos. Como exemplo, cita-se um estudo realizado por Capelassi et al., (2013) em oito mercados da cidade de Maringá-PR. O estudo fez um levantamento de produtos voltados para o público celíaco, foram encontrados somente os seguintes alimentos: pão, bolo, massa para pizza e massa para lasanha sem glúten. A falta de mais opções, e também de mais estabelecimentos que ofereçam tais produtos, dificulta a adesão do doente celíaco em aderir a uma dieta totalmente isenta de glúten. Em estatísticas levantadas pela Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA) em que realizaram o questionamento “Quais produtos sem glúten você gostaria de encontrar com facilidade?” foi encontrado o seguinte resultado: pão 47 %, macarrão 21 %, bolachas e biscoitos 21 % e pizza 11 %, de acordo com a, Figura 7. Identificando, portanto, o pão como o produto mais desejado pelos portadores da doença celíaca.

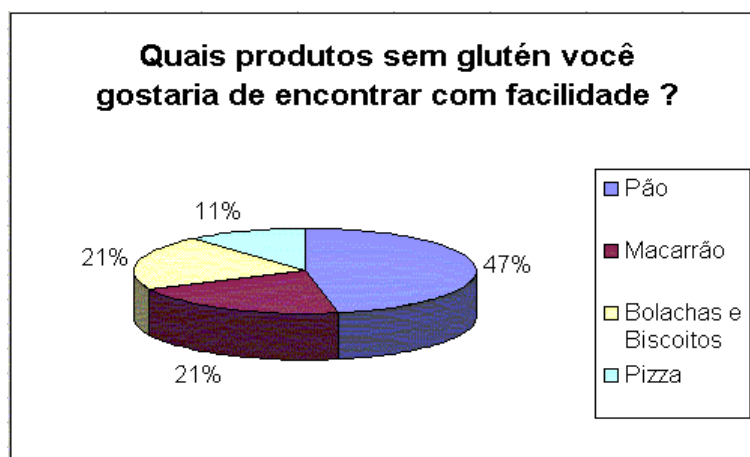


Figura 7 - Produtos sem glúten mais desejados pelos celíacos
Fonte: ACELBRA (2015).

3.8 PÃO

Cerca de 6.000 anos a.C. utilizavam-se pedras na moagem de grãos, após tal procedimento obtinha-se uma farinha que ao ser misturada com água tornava-se uma massa, sendo posteriormente colocada ao sol ou diretamente ao fogo para a cocção. Assim, tinham-se os primeiros pães que ainda apresentavam textura dura, por não serem fermentados. Acredita-se que os egípcios foram os primeiros a obterem o pão de textura fina (fermentados), que devido ao esquecimento de sua massa crua fora do fogo, obtiveram fermentação (ARAÚJO et al., 2009).

O pão foi o primeiro alimento elaborado pelo homem, sendo utilizado na antiguidade em rituais religiosos, oferendas e como símbolo de amizade. Foi produzido basicamente através da mistura de farinha, fermento ou levedo e água, tendo evoluído a uma grande variedade, sendo acrescentado sal, gordura, açúcar, ovos, leite, entre outros ingredientes. Atualmente é amplamente difundido pelo mundo e são poucos os povos que não possuem o hábito de ingeri-lo em sua dieta, como grupos chineses, malaios e polinésios (PHILIPPI, 2006, p. 63).

A ANVISA define pão como “produto obtido pela cocção, em condições técnicas adequadas, de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água e sal, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas” (BRASIL, 2000).

Sendo a farinha de trigo o principal produto utilizado para a produção de produtos fermentados de alta qualidade, como o pão, torna-se um grande desafio o desenvolvimento de produtos sem glúten, devido à falta da viscosidade e da elasticidade apresentadas na massa. Com o intuito de resolver este problema, há muitos estudos que avaliam a incorporação na massa do produto sem glúten dos chamados hidrocolóides, tais como goma xantana e HPMC (HAGER; ARENDT, 2013, p.195).

3.9 HIDROCOLÓIDES

Os hidrocolóides, também conhecidos por gomas alimentares, são considerados essenciais na elaboração de produtos de panificação sem glúten, pois possuem a capacidade de melhorar a textura e a aparência dos produtos. Esses compostos podem imitar as propriedades viscoelástica do glúten, até certo ponto, por apresentarem propriedades como formação de rede de proteínas, filme e espessamento, pois melhoram as ligações com a água e proporcionam maior retenção. Além do que desempenham papéis, na gelificação, estabilização, beneficiam a estrutura do gel do pão (ARENDE; BELLO, 2008).

Por interagirem com as moléculas de amido os hidrocolóides e gomas tem a capacidade de reter água, resultando em efeito de amaciamento e uma possível inibição da retrogradação da molécula, com isso, retardando o endurecimento do pão (ROSSEL et al., 2001).

A utilização de hidrocolóides no aspecto sensorial promove uma melhor textura, volume, maciez dos produtos sem glúten (GALLAGHER; GORMLEY; AREND, 2004).

Nos últimos anos ocorreu o crescimento na utilização dos hidrocolóides pelas indústrias alimentícias devido à necessidade da substituição de gorduras nos alimentos. Esses aditivos alimentares estão presentes nas formulações em menos de 1 % e já podem ter uma influência significativa sobre a textura e características organolépticas do alimento (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2012).

Estes ingredientes podem ser classificados segundo sua origem. Os hidrocolóides são produzidos a partir da síntese química ou bioquímica da celulose, como o hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), carboximetilcelulose (CMC) e a metilcelulose (MC); bem como os de origem da biossíntese microbiana, goma xantana (Houben; Höchstötter; Becker, 2012).

Mesmo que a literatura traga uma diversidade de aditivos identifica-se que os hidrocolóides mais utilizados nos experimentos com produtos sem glúten são a goma xantana, HPMC e CMC.

3.9.1 Goma xantana

É um aditivo alimentar identificado como INS 415. Utilizado como espessante, serve para aumentar a viscosidade de um alimento, é um polissacarídeo extracelular muito utilizado devido a sua estabilidade em valores diferentes de pH e altas temperaturas, sendo produzida por bactérias gram-negativas do gênero *Xanthomonas campestris* por meio de um processo de fermentação, uma de suas características é a boa solubilidade em água (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008, p. 439-440).

A goma xantana possui estrutura primária formada por unidades repetidas de pentassacarídeos. A cadeia linear é formada por duas unidades de glicose, e o trissacarídeo das ramificações por duas unidades de manose e uma unidade de ácido glucurônico, como mostrado na Figura 8, (NERY et al., 2008).

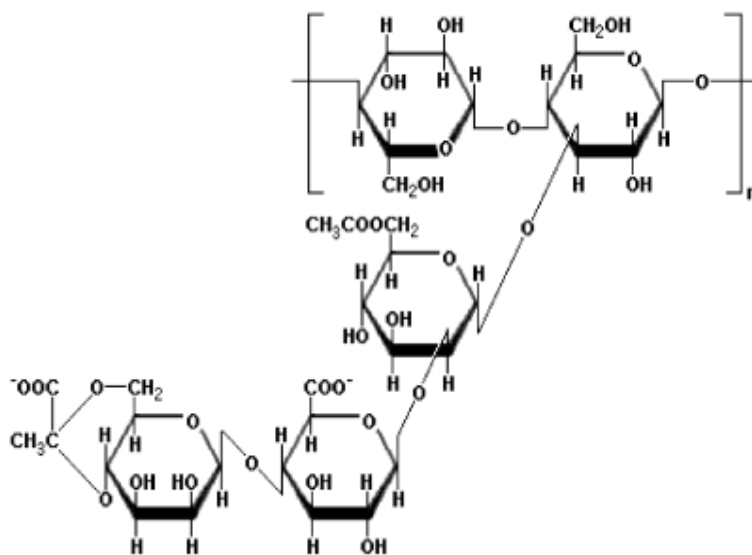


Figura 8 - Estrutura unitária (monômero) do polissacarídeo de goma xantana
Fonte: Nery et al., (2008).

Este aditivo forma dispersões viscosas, ou soluções, tendo propriedades de suspensão, emulsificação, estabilização e floculação, quando dissolvida ou dispersa em água quente ou fria, desenvolvendo uma rede semelhante a do

glúten e mantendo estas características em uma ampla faixa de pH e temperatura (BRESSOLIN *et al.* 2008).

Mesmo em baixas concentrações a goma xantana tem a capacidade de produzir alta viscosidade, não demonstrando mudanças perceptíveis na viscosidade da solução na faixa de 0 a 100 °C, sendo a única entre as gomas que possui esta propriedade. Tem uma excelente compatibilidade com o sal, sendo solúvel e estável em soluções ácidas. A goma xantana tem o poder de modificar as propriedades reológicas dos géis e das soluções (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

A goma xantana tem um elevado interesse industrial, principalmente pelas alimentícias, pois quando utilizada em baixas concentrações gera estabilidade na estocagem, capacidade de resistência à água e apelo estético. Não sendo digerível em humanos, serve para baixar o conteúdo calórico de alimentos e melhorar sua passagem através do trato gastrointestinal (FIB, 2010).

Em estudo realizado por Preichardt *et al.*, (2009) com o objetivo de testar o efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolo sem glúten é relatado que a adição da goma em 0,3 e 0,4 % melhorou as características sensoriais de bolo, retardando o envelhecimento, reduzindo a formação de migalhas e aumentando a sensação de umidade na boca.

3.9.2 Hidroxipropilmetilcelulose – HPMC

A Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) é uma goma alimentícia versátil e multifuncional derivada da celulose e que tem em sua estrutura polimérica a função de melhorar a coesão, textura e o paladar. Seus principais benefícios estão relacionados à capacidade de aglutinamento, estabilização e auxílio na aeração da massa, melhorando o volume de produtos sem glúten (ASHLAND, 2013).

Esta goma é um éter de celulose (Figura 9), obtido por ligação química de grupos quimicamente hidroxipropil e metileno na posição β -1-4-D-glucana da cadeia da celulose. Esta modificação química conduz que este hidrocolóide se torne um polímero solúvel em água fria, com uma elevada atividade de superfície com propriedades únicas em relação a hidratação. A HPMC tem a capacidade de formar géis quando aquecida, podendo formar filmes e possui características de reologia pseudoplásticas (BEMILLER, 2008; HAGER; ARENDT, 2013).

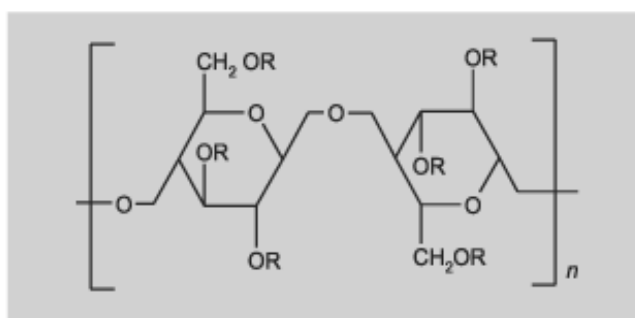


Figura 9 - Estrutura unitária (monômero) do polissacarídeo de goma xantana
Fonte: Lopes et al (2005).

Em temperaturas baixas o HPMC tem grande capacidade de absorver água, devido à hidratação de suas moléculas e a formação de simples entrelaçamento. Quando aquecido forma um gel reversível, e acredita-se que durante a gelificação o HPMC é capaz de formar ligações hidrofóbicas fortes entre suas cadeias, formando uma forte rede de gel (HAGER; ARENDT, 2013, p.196).

Em estudo realizado por Bárcenas e Rosell (2005) é relatado que o uso do HPMC na panificação permite melhorar a qualidade do pão, no volume, umidade, textura do miolo e qualidade sensorial, além de retardar o processo de endurecimento do pão.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA PRIMA

Os ingredientes utilizados na formulação dos pães sem glúten foram a farinha de arroz, polvilho doce, fécula de batata, farinha de chia parcialmente desengordurada (FCPD), açúcar, sal, ovos, azeite de oliva, água, fermento biológico seco, goma xantana, goma hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). A FCPD foi adquirida da empresa Giroil Agroindustrial LTDA (Santo Ângelo, RS). Os demais ingredientes foram adquiridos em estabelecimento comercial local da cidade de Medianeira-Pr.

4.2 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos e utensílios usados foram a balança semi-analítica (SHIMADZU/BL3200H, Barra-Funda, São Paulo), batedeira (planetária Black & Decker 400W, Uberaba, Minas Gerais), estufa de fermentação (Perfecta/Modelo Vipão 1.9, Curitiba, Paraná), forno industrial elétrico (Perfecta/Modelo Vipão 1.9, Curitiba, Paraná), faca, colher, bacias plásticas, formas quadrangulares (11 cm de largura x 9,5 cm de altura).

4.3 DESENVOLVIMENTO DAS FORMULAÇÕES

O desenvolvimento da formulação controle (F21) foi baseado nas descrições da Associação Celíaca do Brasil (ACELBRA). Testes preliminares foram efetuados para a definição da concentração dos ingredientes com base no total da farinha mista, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Percentual dos ingredientes utilizados na formulação controle.

Ingredientes	(g)	(%)*
Farinha Mista**	145	100
Açúcar	15	10,34
Vinagre	4	2,75
Sal	1,5	1,03
Ovos	50	34,48
Azeite de Oliva	18,75	12,93
Água	50	34,48
Fermento Biológico	2,5	1,72

*Cálculo dos Ingredientes com base no total da farinha mista (145g).

**Farinha de arroz (52 %), fécula de batata (36 %) e polvilho doce (12 %).

Fonte: Autora

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Um delineamento composto central rotacional (DCCR) do tipo 2³ foi utilizado para avaliar a influência das variáveis sobre o, teor de ômega-3, volume específico, textura, cor, proteína, carboidratos, cinzas e lipídios em pães sem glúten, Tabela 4 e 5. O percentual de cada uma das variáveis foi calculado em relação à porcentagem de farinha mista. Adicionalmente, foi desenvolvida uma amostra controle sem a adição da FCPD e hidrocolóides para fins de comparação. As respostas analisadas foram os somatórios, razões e índices nutricionais dos ácidos graxos.

Tabela 4 - Níveis das variáveis do delineamento composto central rotacional decodificado.

Variáveis Independentes*	Símbolo	Níveis				
		-1,68	-1	0	+1	+1,68
FCPD ¹	x ₁	1,23	6	13	20	24,77
HPMC ²	x ₂	0	0,51	1,25	2,00	2,51
GOMA XANTANA	x ₃	0	0,51	1,25	2,00	2,51

* Os valores estão apresentados em (%) sobre o total da farinha mista. ¹FCPD: farinha de chia parcialmente desengordurada. ²HPMC: goma hidroxipropilmetilcelulose.

Fonte: Autora.

Os ensaios foram realizados aleatoriamente e em duplicata, seguindo a matriz do planejamento mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Matriz de ensaios para o delineamento composto central rotacional 2^3 com valores codificados e reais % (entre parênteses).

Ensaio	x_1 (FCPD)	x_2 (HPMC)	x_3 (G. XANTANA)
1	-1(6)	-1(0,51)	-1(0,51)
2	+1(20)	-1(0,51)	-1(0,51)
3	-1(6)	+1(2)	-1(0,51)
4	+1(20)	+1(2)	-1(0,51)
5	-1(6)	-1(0,51)	+1(2)
6	+1(20)	-1(0,51)	+1(2)
7	-1(6)	+1(2)	+1(2)
8	+1(20)	+1(2)	+1(2)
9	-1,68(1,23)	0(1,25)	0(1,25)
10	+1,68(24,77)	0(1,25)	0(1,25)
11	0(13)	-1,68(0)	0(1,25)
12	0(13)	+1,68(2,51)	0(1,25)
13	0(13)	0(1,25)	-1,68(0)
14	0(13)	0(1,25)	+1,68(2,51)
15	0(13)	0(1,25)	0(1,25)
16	0(13)	0(1,25)	0(1,25)
17	0(13)	0(1,25)	0(1,25)
18	0(13)	0(1,25)	0(1,25)
19	0(13)	0(1,25)	0(1,25)
20	0(13)	0(1,25)	0(1,25)

Fonte: Autora

4.5 PROCESSAMENTO DAS FORMULAÇÕES

Inicialmente todos os ingredientes foram pesados individualmente em balança semi-analítica. Os ingredientes secos (farinha mista, farinha de chia parcialmente desengordurada, sal, açúcar, goma xantana e HPMC), foram misturados manualmente por 30 segundos, em seguida foram adicionados os líquidos, (ovos, azeite de oliva e água), procedendo a mistura com o uso de batedeira (planetária Black & Decker 400W, Uberaba, Minas Gerais), com o

misturador de massas médias na velocidade 2 por 1 minuto. Foi calculado o Índice de absorção de água (IAA), para cada formulação. Para as formulações adicionadas de FCPD, além da quantidade de água adicionada na formulação controle (50 mL) padronizou-se a adição de mais 30 mL além do IAA, para cada formulação. Em seguida, foi acrescentado o fermento e misturado à massa, com auxílio da batedeira, na velocidade 5, por 2 minutos. Após, a massa foi moldada em fôrmas de alumínio retangulares, previamente untadas com banha de porco, e mantida em ambiente com umidade controlada por 50 minutos, a 37°C e posteriormente procedeu-se a cocção em forno industrial pré-aquecido a 180° C por 25 minutos. Os produtos foram desenformados a frio e acondicionados em embalagens de polietileno e armazenadas em caixas de polipropileno até o momento das análises. As etapas do processamento das formulações podem ser visualizadas na Figura 10.

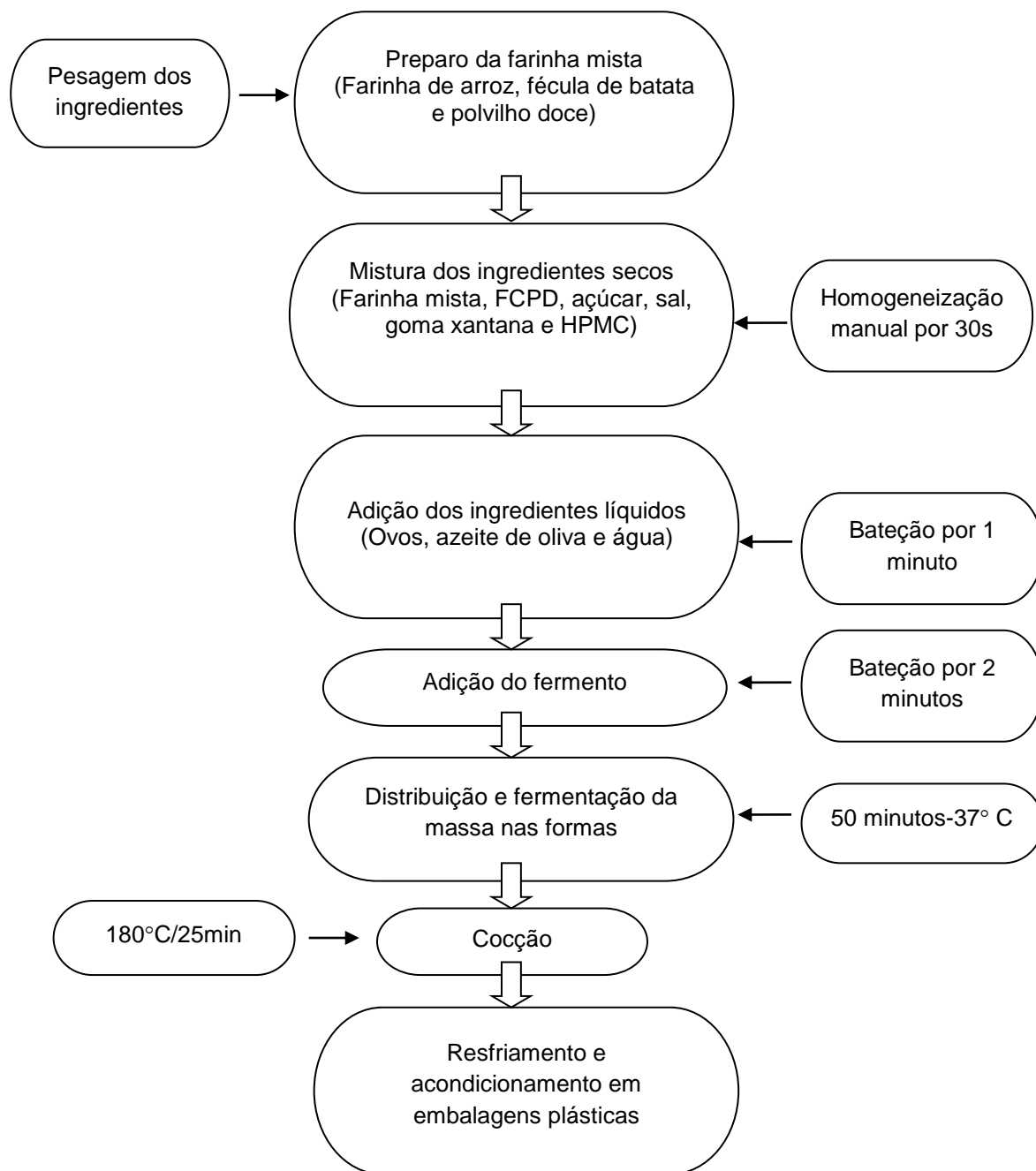


Figura 10 - Fluxograma da elaboração do pão sem glúten enriquecido com FCPD
Fonte: Autora.

4.6 ANÁLISES

4.6.1 Índice de absorção de água (IAA)

O índice de absorção de água foi determinado segundo a metodologia descrita por Anderson et al. (1969). Em tubo de ensaio, com tampa, foram pesadas 1,25 g das amostras (FCPD e farinha mista), adicionados em 15 mL de água destilada, homogeneizados por 10 minutos e posteriormente deixado em repouso por 30 minutos a temperatura ambiente (25°C). Na sequência a amostra foi centrifugada (DANNER/MOD. CD10C série 238) por 30 minutos a 2.600 RPM. O líquido sobrenadante foi recolhido cuidadosamente em cadinhos de porcelana previamente secos, levados a estufa a 105°C por 4 horas. O sedimento que permaneceu no tubo da centrifuga após a separação do sobrenadante, foi pesado e a capacidade de absorção de água (CAA) foi calculada de acordo com a Equação 1.

Equação 1

$$\text{IAA (g g}^{-1}\text{)} = \text{PRC} / \text{PA} - \text{PRE}$$

Onde: PRC = Peso do resíduo da centrifugação (g);

PA = Peso da amostra (g);

PRE: Peso do resíduo da evaporação (g).

4.7 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS PÃES

4.7.1 Volume Específico

O volume específico foi determinado pela técnica de deslocamento de sementes de painço, calculando pela razão entre o volume (mL) e a massa (g) conforme Equação 2. (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). Este procedimento foi realizado após 24 horas de cocção. Duas repetições foram realizadas por tratamento.

Equação 2

$$VE \text{ (mL. g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Volume (mL}^{-1}\text{)}}{\text{Peso(g)}}$$

4.7.2 Força de compressão (firmeza) no miolo dos pães.

A textura é um atributo importante de qualidade, pois avalia propriedades que afetam diretamente produtos de panificação, sendo assim, têm influência direta nos hábitos alimentares, e na preferência dos consumidores.

A determinação da firmeza dos pães foi realizada após 24 h do assamento por teste de compressão do miolo. Foi utilizado o Texturômetro TAXT2i (Stable Micro System, Inglaterra) de acordo com o método da AACC 74-09 (AACC, 1995). Os pães foram fatiados (25 mm de espessura) e as fatias externas de ambas as laterais foram descartadas. As amostras foram comprimidas até 40 % da altura com um probe cilíndrico de 36 mm de

diâmetro, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,0, 1,7 e 10,0 mm/s, respectivamente, força de gatilho 5 g. Para cada pão, foram realizadas 2 (duas) repetições.

O parâmetro de firmeza considerado em gramas (g) foi obtido após submeter as amostras a compressão e a análise da curva obtida pela relação entre força e tempo.

4.7.3 Cor do miolo dos pães

A cor do miolo dos pães foi determinada após 24 horas de assamento. As amostras com espessura de 25 mm foram analisadas com o auxílio de colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-300), logo após o corte, tendo em vista que, o miolo do pão tende a escurecer após exposição excessiva ao ambiente. O modelo CIELab foi utilizado para averiguar a coloração dos miolos dos pães. Este sistema decompõe a cor em três níveis num espaço tridimensional, sendo, luminosidade (brilho) da imagem (L^* , 100 para branco e 0 para preto); e coordenadas de cromaticidade (a^* , (-) para verde e (+) para vermelho; b^* , (-) para azul e (+) para amarelo; com iluminante D65 e 45° de ângulo). Conforme indicado na Figura 11.

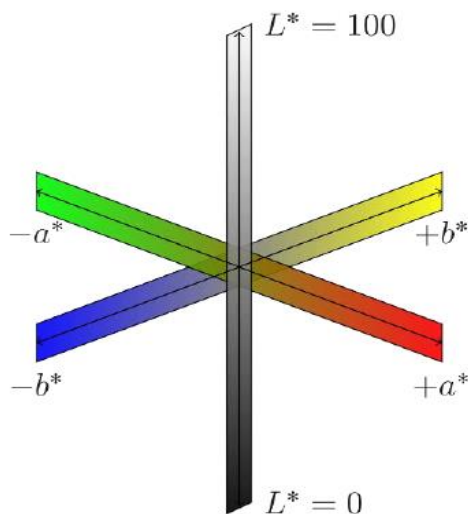


Figura 11 - Representação tridimensional modelo CIELab
 Fonte: Espaço de cores CIELAB, em coordenadas cartesianas (Adaptado de: (VIEIRA, 2014)).

4.7.4 Composição Proximal

As análises foram realizadas na FCPD e nos produtos desenvolvidos conforme técnicas descritas pelo método AOAC (1998) e o teor de lipídios foi determinado segundo Bligh&Dyer (1959), corrigindo o teor de umidade das amostras.

Umidade e voláteis: O teor de umidade foi analisado de acordo com o método nº 925.10, determinado através do método gravimétrico, baseado na perda de peso do material submetido ao aquecimento em estufa a 105°C até peso constante. Os resultados foram utilizados para os cálculos dos demais constituintes em base seca;

Cinzas: O teor de cinzas foi determinado por incineração do material em mufla regulada a 550°C até peso constante seguindo o método nº 923.03;

Proteína: determinada através da determinação do nitrogênio total, segundo o método de micro-Kjeldahl seguindo o método nº 920.87; e conversão em proteína bruta utilizando-se o fator de 6,25;

Carboidratos: O teor de carboidratos totais foi obtido por diferença conforme abaixo.

Equação 3

$\%c \text{ Carb} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteína bruta} + \% \text{ lipídios totais}).$

Lipídios: Os lipídios totais foram extraídos com uma mistura de clorofórmio-metanol (1:1, v/v) segundo Bligh&Dyer (1959), com correção da umidade para 80 %. Foram pesados em torno de 9 g ($\pm 0,1$ mg) de amostra em béquer de 250 mL, adicionados de 15 mL clorofórmio, 30 mL metanol agitados vigorosamente por 5 minutos em agitador magnético (Fisatom, 752A, São Paulo). Depois foi adicionado à mistura, 15 mL de clorofórmio, agitados por 2 minutos, após, 15 mL de água destilada e agitando por 5 minutos. A mistura foi filtrada à vácuo em funil de Büchner com papel de filtro quantitativo. A solução filtrada foi transferida para um funil de separação de 250 mL e o resíduo descartado. Após a separação das fases, a inferior contendo o clorofórmio e a matéria graxa, foi drenada para um balão de fundo chato de 250 mL previamente pesado e o solvente eliminado em evaporador rotatório (Fisatom, 802, São Paulo), sob vácuo com banho (Fisatom, modelo 553 São Paulo,) 45° C. O teor de lipídios foi determinado gravimetricamente.

4.7.5 Composição em ácidos graxos

A composição de ácidos graxos consistiu em utilizar a fração de lipídios extraída da FCPD e dos ensaios do DCCR; estes lipídios foram derivatizados e convertidos em ésteres metílicos de ácidos graxos de acordo com Hartman e Lago (1973). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados em cromatógrafo à gás, com detector de ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida Select FAME (100 m, 0,25 mm e 0,25 μm d.i., Agilent J&W). As

condições cromatográficas para a análise das amostras foram: vazões dos gases de 1,30 mL min⁻¹ para o gás de arraste (He); 45 e 450 mL min⁻¹ para o gás H₂ e para o ar sintético, respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi de 1:50. As injeções foram realizadas em triplicatas e os volumes das injeções foram de 1,0 mL. A identificação dos ácidos graxos foi baseada na comparação dos tempos de retenção com os dos ésteres metílicos da mistura padrão contendo os isômeros geométricos dos ácidos linoléico e alfa-linolênico da Sigma ® (EUA). Os resultados foram expressos como porcentagem relativa dos ácidos graxos identificados.

4.8 AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ACEITAÇÃO

Este estudo seguiu os padrões éticos estabelecidos, sendo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR sob parecer nº 1.017.363. Todos os avaliadores assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes de sua participação na avaliação sensorial.

Foi usada uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (9 representa gostei muitíssimo; 1 representa desgostei muitíssimo) ancoradas em seus extremos, segundo Dutcosky (2013), bem como a escala do Ideal. A avaliação ocorreu no laboratório de análise sensorial da UTFPR – MD, os pães servidos na avaliação foram cortados em fatias de aproximadamente 25 g, as amostras foram avaliadas em relação às seguintes características: cor, sabor, textura, aroma e aceitação global.

Este experimento foi conduzido em delineamento de blocos completos ao acaso. Participaram do teste 116 provadores não treinados, sendo estes alunos e servidores da UTFPR – MD de ambos os sexos e com idade acima de 18 anos.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA E MULTIVARIADA

Os pontos experimentais do planejamento fatorial composto central rotacional, com seis repetições do ponto central foram realizados, sendo que para cada amostra, as análises foram feitas em triplicata e utilizado as médias do DCCR.

Os valores dos efeitos principais, interações e análise de variância (ANOVA) foram obtidas primeiramente. Posteriormente, a normalidade e a homogeneidade de variância dos resíduos foram verificadas. Procedeu-se com a análise de variância (ANOVA entre os grupos) para todas as respostas investigadas. A fim de verificar o efeito das variáveis independentes sobre as respostas, a metodologia de superfície de resposta foi aplicada. O modelo matemático básico para ajustar os dados foi conforme a Equação 4.

Equação 4

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2$$

Para obtenção de uma resposta global foram selecionadas algumas equações, com o intuito de proceder com a otimização do experimento. Através da função de desejabilidade foi realizada a transformação de cada variável resposta (Y_i) estimada para um valor desejável (d_i), em que $0 \leq d_i \leq 1$.

As análises estatísticas e multivariadas foram realizadas no programa software Statistica, versão 8.0, sendo adotado o nível de 5 % ($p < 0,05$) de significância para rejeição da hipótese de nulidade em todas as análises.

REFERÊNCIAS

AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 16 ed. Estados Unidos: AOAC International, 1998.

ARAÚJO, Halina M. C.; ARAÚJO, Wilma M. C. BOTELHO, Raquel B. A. et al. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista Nutrição.**, Campinas, v. 23, n. 3, mai./jun. 2010.

ARAÚJO, Wilma M. C.; MONTEBELLO, Nancy di P.; BOTELHO, Raquel B. A. et al. **Alquimia dos alimentos**. 2. ed. Brasília: SENAC, 2009.

ARENDRT, Elke K.; BELLO, Fabio D. **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**. Academic Press. Jun. 2008.

ASHLAND SPECIALTY INGREDIENTS. **Soluções em ingredientes para alimentos**. Germinar Disponível em: <http://www.ashland.com/Ashland/Static/Documents/ASI/PC_10238-PT_Food_Ingredients_PT.pdf> Acesso em: 10 mar. 2015.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**. v.14, n. 1, p. 44-11,1969.

ASSOCIAÇÃO DOS CELÍACOS DO BRASIL (ACELBRA). **Dados estatísticos: Quais produtos você gostaria de encontrar com facilidade**. Disponível em: <<http://www.ancelbra.org.br/2004/estatisticas.php>> Acesso em: 10 mar. 2015.

BÁRCENAS, María E.; ROSELL, Cristina M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat Bread. **Food Hydrocolloids**. v. 19, n. 6, p.1037-1043, nov. 2005.

BELITZ, H, D.; GROSCH, W. **Química de los Alimentos**. ed. Espanha: Acribia. 2000. 1258 p.

BEMILLER, J. N. **Hydrocolloids**. In: ARENDT, E. K.; DAL BELLO, F. **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**. San Diego: CA: Academic Press, 2008. cap. 9, 203-215 p.

BOBBIO, F. O; BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 478 p.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. 37(8):911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde, novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos**. 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm> Acesso em: 27 fev. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/e62b4c804745968e9e65de3fbc4c6735/lei_10674.pdf?MOD=AJPERES> Acesso em: 10 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria nº 90, de 18 de outubro de 2000**. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisaegis/resol/12_78_pao.htm> Acesso em: 10 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **RDC n.º 18, de 30 de abril de 1999**. Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/815ada0047458a7293e3d73fbc4c6735/RESOLUCAO_18_1999.pdf?MOD=AJPERES> Acesso em: 15 fev. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/630a98804d7065b981>

f1e1c116238c3b/Resolução+RDC+n.+54_2012.pdf?MOD=AJPERES>
Acesso em: 15 mar. 2015.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução CNNPA n. 12 de 1978. Brasília: **Diário Oficial da União**, 24 de Julho de 1978. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **RDCN 12, de 02 de janeiro de 2001 (B)**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Acesso em: 16 de março 2016. Disponível em:
http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES

BRESOLIN, R; MISSIO, P. S.; WALLY-GULARTE, P.A; AROUCHA, M.;
Elaboração de pães com farinha mista em diferentes proporções de xantana.
XVCIC. VIII encontro de pós graduação – UFPEL – RS, 2006.

BUENO, Mirian; DI SAPIO, Osvaldo; BUSILACCHI, Héctor, et al. Análisis de La calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializados em La ciudad de Rosario. **Boletín Latino Americano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Chile, v. 9, n. 3, p. 221-229, may. 2010.

CAPELASSI, Angélica N.; BITTENCOURT, Paulo R. S.; RODRIGUES, Angela C. et al. Disponibilidade de alimentos isentos de glúten em supermercados de Maringá-PR. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**. v. 3, n. 1, p. 05-10, jun/ago, 2013.

CAPPA, Carola; LUCISANO, Mara; MARIOTTI, Manuela. Influence of *Psyllium*, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and Bread quality. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 2, p.1657-1666, nov. 2013.

COELHO, Michele S.; SALAS-MELLADO, Myriam de las M. Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the Bread. **LWT – Food Science and Technology**. v. 60, n. 2, p.729-736, mar. 2015.

COSTANTINI, L.; LUKSIC, L.; MOLINARI, R.; KREFT, I.; BONAFACCIA, G.; MANZI, L.; MERENDINO, N. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**. v.165, p.232-240, dez. 2014.

DUNBAR, B. S.; BOSIRE, R. V.; DECKERLAUM, R. J. Omega 3 and Omega 6 fatty acids in human and animal health: An African perspective. **Molecular and Cellular Endocrinology**. v. 398, n. 1-2, p. 69-77, dez. 2014.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4ªed. Curitiba: Champagnat, p.531, 2013.

FASANO, A. et al. Federation of International Societies of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Consensus Report on Celiac Disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**. v. 47, n. 2, p. 214-219, 2008.

FOOD INGREDIENTS BRASIL - FIB. **Estabilizantes**. Barueri, n. 14, p.42-48, jun/jul. 2010. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/edicoes_materias.php?id_edicao=24> Acesso em: 07 mar. 2015.

FERREIRA, Tânia Rachel Baroni. **Caracterização nutricional e funcional da farinha de chia (*Salvia hispanica*) e sua aplicação no desenvolvimento de pães**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

GAVA, Altanir J.; SILVA, Carlos A. B.; FRIAS, Jenifer R. G. **Tecnologia de Alimentos: Princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GALLAGHER, E; GORMLEY, T.R; ARENDT, E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Food Science and Technology**, v. 15, p. 143-152, 2004.

GIROIL AGROINDÚSTRIA LTDA. **Farinha de Chia Desengordurada**. Disponível em: <<http://www.giroil.com.br/portfolio/farinha-de-chia-desengordurada/>> Acesso em: 08 fev. 2015.

GOHARA, Aline K.; SOUZA, Aloisio H. P.; RODRIGUES, Ângela C. et al. Chemometric methods applied to the mineral content increase in chocolate cakes containing chia and azuki. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. São Paulo, v. 24, n. 5, may. 2013.

GOHARA, A. K. et al. Application of multivariate analysis to assess the incorporation of ω -3 fatty acid in gluten-free cakes. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 27(1):62-69, 2016.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice* **1973**. 22(6):475-476.

HAGER, Anna-Sophie; ARENDT, Elke K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**. v. 32, n. 1, p. 195-203, jul. 2013.

Hidrocolóides: Funções e Aplicabilidade. **Aditivos & Ingredientes**, São Paulo: Insumos, v. 88, p.40-48, mai. 2012.

HOUBEN, A.; HÖCHSTÖTTER, A.; BECKER, T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. **Europe an Food Research and Technology**, v. 235, n. 2, p. 195-208, 2012.

KOTZE, Lorete M. S. Doença celíaca. **JBG, J. bras. gastroenterol.**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 23-34, jan/mar. 2006.

KUS, Mahyara M. M.; MANCINI-FILHO, Jorge. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes: ácidos graxos: eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA)**. v. 17. São Paulo: ILSI Brasil, 2010.

MARTIN, Clayton A.; ALMEIDA, Vanessa V. de; RUIZ, Marcos R. et al. Ácidos graxos poli-insaturados ω -3 e ω -6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista. Nutrição**. Campinas, v. 19, n. 6, nov/dez. 2006.

MAIA, E. L.; RODRIGUEZ- AMAYA, D. B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.53 (1/2), p.27-35, 1993.

MIGLIAVACCA, Rafaela A.; Silva, Tiago R. B.; Vasconcelos, Ana L. S. et al. O Cultivo da Chia no Brasil: Futuro e perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.161-179, 2014.

MORAES, Fernanda P.; COLLA, Luciane M. Alimentos Funcionais e nutracêuticos: Definições, legislação e benefícios à Saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**. v. 3, n. 2, p. 99-112, 2006.

MOHAMMADI, Mehrdad; SADEGHNIA, Nasim; AZIZI, Mohammad-Hossain, et al. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, V.20, P. 1812-1818, July 2014,

MUÑOZ, Loreto A.; COBOS, Angel; DIAZ, Olga et al. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**. v. 108, n. 1, p. 216-224, jan. 2012.

NERY, Tatiana B. Rocha; BRANDÃO, Lílian Vasconcellos; ESPERIDIÃO, Maria C. Azevedo; DRUZIAN, Janice Izabel. Biossíntese da goma xantana a partir da fermentação do soro de leite: rendimento e viscosidade. **Química Nova** v.31 n.8 São Paulo 2008.

OETTERER, Marília; REGITANO-D'ARCE, Marisa A. B.; SPOTO, Marta H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 2006.

OLIVEIRA, Julicristie M.; LUZIA, Liania A.; RONDÓ, Patrícia H. C. Ácidos Graxos Poli-insaturados Ômega-3: saúde cardiovascular e sustentabilidade ambiental. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 19, n.1, p.89-96, 2012.

PEIRETTI, P. G.; GAI, F. Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seed sand plant during growth. **Animal Feed Science and Technology**. v. 148, n. 2-4, p. 267-275, jan. 2009.

PEREIRA, Beatriz S.; PEREIRA, Bianca S.; CARDOSO, Érida S. et al., Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**. Rio de Janeiro, v.8, n. 2, p. 125-136, 2013.

PERINI, João A. L.; STEVANATO, Flávia B.; SARGI, Sheisa C., et al. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Rev. Nutr.** Campinas, v. 23, n. 6, nov/dez. 2010.

PHILIPPI, Sonia T. **Nutrição e técnica dietética**. 2 ed. Barueri: Manole, 2006.

PHILIPPI, Sonia T. **Pirâmide dos alimentos: Fundamentos básicos da nutrição**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2008.

PREICHARDT, Leidi D.; VENDRUSCOLO, Cleire T.; GULARTE, Márcia A. et al. Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Ponta Grossa, v. 3, n.1, p.70-76, 2009.

PIZARRO, Patricia L.; ALMEIDA, Eveline L.; SAMMÁN, Norma C. et al. Evaluation of a whole chia (*Salvia hispânica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. **LWT- Food Science and Technology**. v. 54, n. 1, p.73-79, nov. 2013.

PINTADO, T., HERRERO, A. M., JIMÉNEZ-COLMENERO, F., RUIZ-CAPILLAS, C. Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispânica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. V. 114, p. 75-84, 2016.

ROSELL C.M.; ROJAS, J.A. and BENEDITO de BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**. v.15: p.75-81, 2001.

SANT'ANA, Léia S. Mecanismos bioquímicos envolvidos na digestão, absorção e metabolismo dos ácidos graxos ômega. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**. Fortaleza, v.17, n. 4, p. 211-216, 2014.

SILVA, Tatiana S. G.; FURLANETTO, Tania W. Diagnóstico de doença celíaca em adultos. **Ver. Assoc. Med. Bras**. São Paulo, v. 56, n. 1, p.122-126, 2010.

SIMOPOULOS, Artemis P. The importance of the ratio of Omega-6/Omega-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother**. v. 56, n.8, p. 365-379, out. 2002.

SIMOPOULOS, A.P. The Importance of the Ômega-6/Ômega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. **Experimental Biology and Medicine**. Washington, v. 233. n.6, p. 674-688. 2008.

SOUZA, A. H. P. et al. Effect of the addition of chia's by-product on the composition of fatty acids in hamburgers through chemometric methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 95(5):928-935, 2015.

SVERKER, A.; HENSING, G.; HALLERT, C. Controlled by food – lived experiences of coeliac disease. **J Hum NutrDietet**. v.18, p. 171-180, 2005.

SDEPANIAN, VERA L.; MORAIS, MAURO B.; NETO, ULYSSES F.
Características clínicas e métodos utilizados no diagnóstico de pacientes cadastrados na associação dos celíacos do brasil, jornal de pediatria,v. 77, n. 2, 2001.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevador teor protéico obtida por processo convencional. **Ciência Rural**. v. 43, n.5, p. 908-914, 2013.

TOSCO, Giovanni. Os benefícios da “chia” em humanos e animais. **Atualidades Ornitológicas**, México, n. 119, mai/jun. 2004.

VÁZQUEZ-OVANDO, Alfredo; ROSADO-RUBIO, Gabriel; CHEL-GUERRERO, Luis; BETANCUR-ANCONA, D.A. Procesamiento en seco de harina de chía (*Salvia hispanica L.*): caracterización química de fibra y proteína; Dryprocessing of chía (*Salvia hispanica L.*) flour: chemical characterization of fiber and protein. *CyTA - Journal of Food*, v. 8, n. 2, p. 117-127, 2010.

WANDERLEY, Katharine; OLIVEIRA, Idjane. Determinação da presença de micotoxinas nas sementes de chia (*Salvia hispanica*) e quinoa (*Chenopodium quinoa*) comercializadas no município de Recife-PE. In: **Anais do 12º Congresso Latino Americano de Microbiologia e Higiene de Alimentos – MICROAL 2014**. São Paulo: Editora Blucher, 2014.

ZANQUI, A. B. et al. Elaboração de minipanetone contendo ômega-3 por substituição parcial da farinha de trigo por farinha de linhaça dourada (*Linum usitatissimum L.*). **Revista Virtual da Química**. 6(4):968-976, 2014.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão obtidos estão redigidos na forma de artigos científicos, conforme normas exigidas pela revista.

Artigo I

Submetido a **Revista Virtual da Química**. Norma disponível em:
<http://rvq.sbq.org.br/instrucaoaosautores.pdf>

Artigo II

A ser submetido para a **Revista Ciências e Agrotecnologia** . Norma disponível em: <http://www.editora.ufla.br/index.php/revistas/ciencia-e-agrotecnologia/normas-editoriais#português>

5.1 ARTIGO CIENTÍFICO I:

COMPOSIÇÃO PROXIMAL E DE ÁCIDOS GRAXOS DA FARINHA DE CHIA PARCIALMENTE DESENGORDURADA

EWERLING, M.; STEINMACHER, N. C.; RODRIGUES, A. C.*

Proximate Composition and Fatty Acids from Partially Defatted Chia Flour

Abstract – The partially defatted chia flour (PDCF) is a byproduct obtained from the extraction of chia seed oil (*Salvia hispanica*, L.). Proximal composition and also of fatty acids were carried out to evaluate the nutritional potential of PDCF. High concentrations of proteins (30.15 %) and carbohydrates (41.60 %) were found, and water absorption capacity equal to 10.53 g g⁻¹. The values of omega-3 (8.0 %) and omega-6 (3.1 %) were found elevated, which makes PDCF a source of these fatty acids. Furthermore, the omega-3:omega-6 ratio was found to be 2.5:1, a value within the appropriate range (2-5:1) to the needs of the human body. The characteristics presented make PDCF a product of high nutritional value and advantageous use in the formulation of food products.

Keywords: *Salvia hispanica* L.; alpha linolenic; omega-3.

Resumo – A farinha de chia parcialmente desengordurada (FCPD) é um coproduto obtido da extração do óleo de sementes de chia (*Salvia hispanica*, L.). A composição proximal e também de ácidos graxos foram realizadas com o objetivo de avaliar o potencial nutricional da FCPD. Foram encontrados teores elevados de proteínas (30,15 %) , carboidratos (41,60 %), e capacidade de absorção de água de 10,53 g g⁻¹ de amostra. Os valores encontrados de ômega-3 (8,0 %) e ômega-6, (3,1 %) foram elevados, o que torna a FCPD uma fonte desses ácidos graxos. Ainda, a proporção ômega-3:ômega-6 encontrada foi de 2,5:1, um valor dentro da faixa apropriada (2-5:1) para as necessidades do organismo humano. As características apresentadas fazem da FCPD um

produto de alto valor nutricional e de uso vantajoso na formulação de produtos alimentícios.

Palavras-chave: *Salvia hispanica* L.; alfa linolênico; ômega-3.

* Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Câmpus de Medianeira, 85884-000, Medianeira-PR, Brasil.

angelac@utfpr.edu.br

Composição Proximal e de Ácidos Graxos da Farinha de Chia Parcialmente Desengordurada

Marci Ewerling^{a,*}, Nádia Cristiane Steinmacher^c, Angela Claudia Rodrigues^b,

^a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, CEP 85884-000, Medianeira –PR, Brasil.

^b Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Química, CEP 85884-000, Medianeira –PR, Brasil.

^c Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Alimentos, CEP 85884-000, Medianeira –PR, Brasil.

* marci@utfpr.edu.br

1. Introdução

2. Materiais e Métodos

3. Resultados e Discussão

4. Conclusões

1. Introdução

A chia é uma planta herbácea anual que pertencente à família das Lamináceas, nativa das áreas montanhosas do centro-oeste do México até o norte da Guatemala. Estudos recentes de suas propriedades demonstraram que este grão possui um elevado valor nutricional, alto conteúdo de fibra

alimentar, proteínas, minerais, em especial o cálcio, ferro e potássio, e seu maior atrativo é em relação aos ácidos graxos essenciais.¹ Por ser um alimento com propriedades alimentares desejáveis, muitos estudos, têm sido desenvolvidos a fim de comprovar o enriquecimento nutricional com a sua adição em formulações alimentícias,²⁻⁴ e que poderão auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares, trombose e numa melhor qualidade de vida aos potenciais consumidores.

O grão de chia vem despertando um grande interesse da indústria alimentícia por sua composição nutricional, a qual também valoriza os seus derivados, como é o caso da farinha de chia parcialmente desengordurada. A FCPD é obtida do processo de prensagem a frio da semente de chia para a retirada do óleo bruto. Este coproduto é, certamente, uma opção bastante atrativa para enriquecer alimentos funcionais, proporcionando, ao mesmo tempo, agregar maior valor nutricional a eles e minimizar o desperdício no beneficiamento da semente de chia.⁵

O objetivo deste trabalho foi determinar a composição proximal e de ácidos graxos da FCPD para avaliar suas propriedades funcionais e, desta forma, afirmar a utilidade do coproduto em agregar, com seu uso, valor nutricional aos alimentos.

2. Materiais e Métodos

A FCPD foi adquirida da empresa Giroil Agroindustrial LTDA (Santo Ângelo, RS), que foi obtida após o processo de prensagem a frio para retirada do óleo bruto de chia. Esta farinha é o resíduo resultante deste processo, e posteriormente foi transformada em uma farinha fina de 14-16 mesh com auxílio de moinho de martelo.

Composição proximal

Os teores de umidade e voláteis (método nº 925.10), cinzas (método nº 923.3) e proteína bruta, (método nº 920.87), seguiram as técnicas descritas

pelo método AOAC (1998),⁶ com o fator de 6,25 para converter o conteúdo de nitrogênio em proteína bruta. Os lipídios totais foram extraídos e determinados de acordo com Bligh e Dyer (1959).⁷ Os carboidratos totais foram calculados por diferença.

Índice de Absorção de Água (IAA)

O índice de absorção de água (IAA) foi determinado segundo a metodologia descrita por Anderson et al. (1969).⁸ Em tubo de ensaio com tampa, foi pesado 1,25 g de amostra, adicionado em 15 mL de água destilada, a mistura foi homogeneizada por 10 minutos e deixada em repouso por 30 minutos à temperatura ambiente (25°C). Na sequência a amostra foi centrifugada (DANNER/MOD. CD10C série 238) por 30 minutos a 2.600 rpm. O líquido sobrenadante foi recolhido cuidadosamente em cadinhos de porcelana previamente secos, os quais foram levados para a estufa a 105° C por 4 horas. O sedimento que permaneceu no tubo da centrifuga após a separação do sobrenadante foi pesado, e o índice de absorção de água foi calculado de acordo com a equação a seguir:

$$\text{IAA (g g}^{-1}\text{)} = \text{PRC} / \text{PA} - \text{PRE}$$

(gramas de água por grama de amostra)

Onde: PRC = Peso do resíduo da centrifugação (g);

PA = Peso da amostra (g);

PRE: Peso do resíduo da evaporação (g).

Composição de ácidos graxos

A composição de ácidos graxos consistiu em utilizar a fração de lipídios extraída da FCPD; estes lipídios foram derivatizados e convertidos em ésteres metílicos de ácidos graxos de acordo com Hartman e Lago (1973).⁹ Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados em cromatógrafo a gás, com

detector de ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida Select FAME (100 m, 0,25 mm e 0,25 μm d.i., Agilent J&W). As condições cromatográficas para a análise das amostras foram: vazões dos gases de 1,30 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ para o gás de arraste (He); 45 e 450 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ para o gás H_2 e para o ar sintético, respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi de 1:50. As injeções foram realizadas em triplicatas e o volume das injeções foi de 1,0 μL . A identificação dos ácidos graxos foi baseada na comparação dos tempos de retenção com os dos ésteres metílicos da mistura padrão contendo os isômeros geométricos dos ácidos linoléico e alfa-linolênico da Sigma[®] (EUA). Os ácidos graxos foram quantificados com base na comparação da área dos respectivos picos com a área total dos picos. Os resultados foram expressos como porcentagem relativa de ácidos graxos.

3. Resultados e discussão

Os resultados da composição proximal da FCPD podem ser visualizados na Tabela 1. O limite máximo exigido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (1978),¹⁰ para o teor de umidade em farinhas é 15 %. A FCPD estudada encontra-se em conformidade com a legislação, visto que apresentou percentual inferior.

A composição proximal de um alimento expressa de forma básica o seu valor nutritivo, e a fração de cinzas expressa a quantidade de minerais presentes no alimento. Entretanto, para identificação de quais elementos estão presentes nesta fração, são necessárias análises específicas. Capitani, Nolasco e Tomás (2012)¹¹ identificaram os componentes da fração de cinzas da semente de chia, e detectaram a presença de fósforo, cálcio, magnésio, zinco, ferro e cobre, sendo fósforo, cálcio e magnésio em proporção mais elevada. As concentrações observadas foram mais altas do que aquelas encontradas nas farinhas de trigo bruto, arroz e sorgo.

Tabela 1 - Composição proximal e IAA para a FCPD

Análise	Resultados* (%)
Umidade	7,34
Cinzas	7,65
Proteínas	30,15
Carboidratos	41,60
Lipídios Totais	13,38
IAA	10,53±0,09 g g ⁻¹ de FCPD

Segura-Campos e colaboradores (2013)¹² analisaram a farinha de chia integral e encontraram a seguinte composição proximal: carboidrato 35,85 %, lipídios 34,88 %, proteínas 23,99 %, umidade 6,32 % e cinzas 4,32 %. Semelhantemente à FCPD, o maior teor encontrado foi o de carboidratos. O teor de lipídios foi bastante inferior na farinha desengordurada, como se esperava, havendo redução da fração lipídica em 62 %. Como consequência desta redução, houve aumento na concentração dos demais componentes.

A FCPD apresentou alto teor de proteínas, representando 30,15 % de sua composição. É conhecido que a chia é uma fonte completa de proteínas de alto valor biológico, e que fornece todos os aminoácidos essenciais que o corpo humano necessita.^{5,13} A FCPD apresentou maior teor de proteína quando comparada com a farinha de chia integral (23,99 %).¹²

O IAA encontrado para a FCPD foi de 10,53 g g⁻¹ de amostra, ou seja, um grama de farinha é capaz de absorver cerca de dez gramas de água. Esta característica tecnológica da FCPD é apreciável, visto que valores elevados contribuem para manter a umidade do produto em que possa ser aplicada.¹⁴ ^{apud} ¹⁵ Embora tenha um valor considerável de IAA, a FCPD apresenta metade da capacidade de absorção de água da farinha de chia integral, que é de 20 g g⁻¹ de amostra.¹⁶

Ácidos graxos da FCPD

O cromatograma com os picos de identificação dos ácidos graxos é mostrado na Figura 1. O pico 6 indica a presença de ácido alfa linolênico (ômega-3) e em maior concentração do que os demais ácidos. O pico 5 indica a presença de ácido linolêico (ômega-6), é a segunda maior concentração. Os demais picos referem-se aos ácidos: palmítico (pico 1), esteárico (pico 2), oléico (pico 3) e vacênico (pico 4).

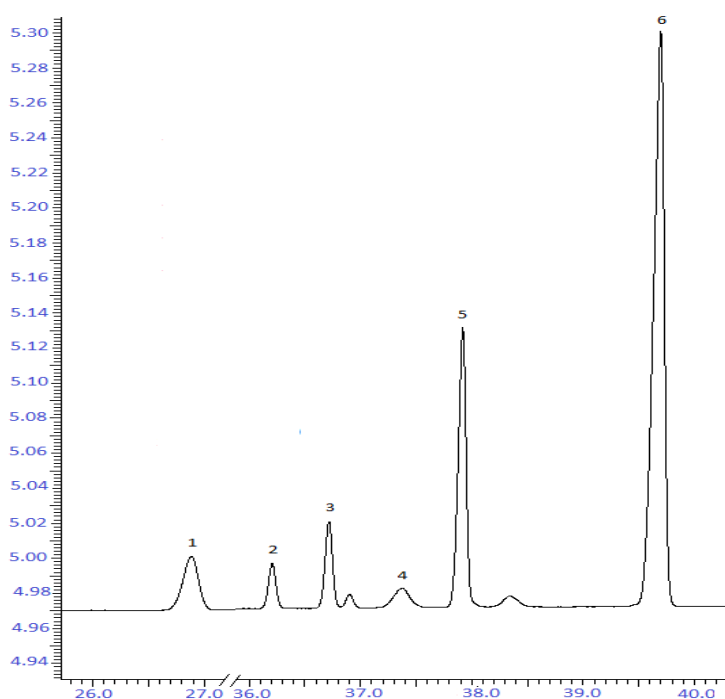


Figura 1 – Cromatograma com identificação dos ácidos graxos majoritários presentes na FCPD. Os números indicam: 1 – ácido palmítico; 2 – ácido esteárico; 3 – ácido oléico; 4 – ácido vacênico; 5 – ácido linoleico; 6 – ácido alfa- linolênico

O resultado do teor de ácidos graxos majoritários nos lipídios extraídos da FCPD encontra-se descrito na Tabela 2. As gorduras poli-insaturadas apresentaram um teor bastante elevado na fração lipídica da farinha parcialmente desengordurada (82,73 %). Coelho e Salas-Mellado (2014)⁵ obtiveram valores muito próximos, cerca de 79,47 % de gorduras poli-insaturadas na fração lipídica da farinha integral de chia.

Tabela 2 – Composição de ácidos graxos majoritários nos lipídios extraídos da farinha de chia parcialmente desengordurada (*Salvia hispânica* L)

	(%)*
Σ Gorduras Saturadas	15,48
Ácido palmítico (16:0)	10,25
Ácido esteárico (18:0)	3,96
Σ Gorduras monoinsaturadas	1,37
Ácido oléico (18:1n-9)	1,15
Σ Gorduras poli-insaturadas	82,73
Ácido linolênico (18:3n-3)	59,45
Ácido linoléico (18:2n-6),	23,28
Σ Gorduras <i>Trans</i>	0,19
Ácido vacênico (18:1n-7t)	0,19
Σ Gorduras insaturadas	84,29

* porcentagem relativa

De acordo com a Tabela 2, a maior parte da fração lipídica da FCPD é composta de ácidos graxos poli-insaturados, com cerca de 60 % de ácido linolênico (ômega-3), e 24 % de ácido linoléico (ômega-6). Conforme observado neste estudo e também segundo Coelho e Sallas-Mellado (2014),⁵ a chia é rica em ácidos poli-insaturados, principalmente ácido linolênico (ômega - 3). O ômega-3 e ômega-6 são essenciais e necessários à manutenção do metabolismo humano, atuando ativamente como anti-inflamatórios tanto nas membranas celulares como nas funções neurológicas, além de atuarem na transferência do oxigênio atmosférico para o plasma sanguíneo, na síntese de hemoglobina e divisão celular.¹⁷

Segundo a ANVISA,¹⁸ para ser considerado fonte de ômega-3 o alimento deve possuir o mínimo de 0,3 g 100 g⁻¹ de amostra no produto e, para ser considerado de alto conteúdo, o mesmo deve apresentar mínimo de 0,6 g 100 g⁻¹ de amostra. Para ser considerada fonte de ômega-6 o mesmo deve possuir o mínimo de 1,5 g 100 g⁻¹ de amostra e, para ser considerado de alto conteúdo, deve apresentar acima de 3,0 g 100 g⁻¹ de amostra.¹⁹ A FCPD pode ser considerada uma fonte de alto conteúdo de ômega-3 e também de ômega-6, pois apresentou teor de ômega-3 de 8,0% (equivalente a 8,0 g 100 g⁻¹ de

FCPD) e de ômega-6 de 3,1 % (equivalente a 3,1 g 100 g⁻¹) de FCPD.

A proporção ômega-3: ômega-6 da FCPD encontrada neste estudo foi de 2,5:1. Segundo Simopoulos (2002)²⁰, as dietas ocidentais são deficientes nos ácidos graxos ômega-3 e possuem quantidades excessivas de ômega-6, ficando a proporção ômega-3: ômega-6 entre 1:15 a 1:17, fator que pode promover doenças cardiovasculares, câncer, doença inflamatória e autoimune, o que pode ser suprimido com o aumento da quantidade de ômega-3. Simopoulos (2008)²¹ afirma que a proporção adequada de consumo para a obtenção de benefícios à saúde é em torno de 2-5:1. A farinha de chia parcialmente desengordurada proporciona quantidades apropriadas dos dois ácidos graxos para a alimentação humana.

4. CONCLUSÕES

A farinha de chia parcialmente desengordurada apresentou elevado teor de proteínas e carboidratos, com teores semelhantes aos apresentados pela farinha integral de chia, e um índice de solubilidade de água considerável, entretanto este valor é metade do valor correspondente à farinha integral. A análise dos ácidos graxos revelou que a FCPD é uma fonte de elevado teor de ômega-3 e ômega-6, e em quantidade apropriada para as necessidades do organismo humano. As características apresentadas fazem da FCPD um produto de alto valor nutricional, tornando vantajoso o seu uso no enriquecimento de formulações alimentícias, além de também ser vantajoso o aproveitamento da farinha enquanto coproduto.

REFERÊNCIAS

¹Barrientos, V. A.; Aguirre A.; Borneo, Rafael. Chia (*Salvia hispanica*) can be used to manufacture sugar-snap cookies with an improved nutritional value. *International Journal of Food Studies* **2012**. v. 1, p.135-143. [[Link](#)]

- ²Zanqui, A. B.; Bastiani, D.; Souza, A. H. P.; Marques, D. R.; Gohara, A. K.; Matsushita, M.; Monteiro, A. R. G. Elaboração de minipañetone contendo ômega-3 por substituição parcial da farinha de trigo por farinha de linhaça dourada (*Linum usitatissimum* L.). *Revista Virtual da Química* **2014**. v. 6(4), p.968-976. [[Link](#)]
- ³Souza, A. H. P. et al. Effect of the addition of chia's by-product on the composition of fatty acids in hamburgers through chemometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **2015**.95(5):928-935. [[PubMed](#)]
- ⁴Gohara, A. K. et al . Application of multivariate analysis to assess the incorporation of ômega-3 fatty acid in gluten-free cakes. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2016**. 27(1):62-69. [[CrossRef](#)]
- ⁵Coelho, M. S.; Sallas-Melhado, M. M. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L) em alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology* **2014**. V. 17, nº 4, p. 259-268. [[Link](#)]
- ⁶AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 16 ed. Estados Unidos: AOAC International, 1998. [[Link](#)]
- ⁷BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- ⁸ Anderson, R. A.; Conway, H. F.; Pfeifer, V. F.; Griffin Junior, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. *Cereal Science Today* **1969**. v.14, n. 1, p. 44-11. [[CrossRef](#)]
- ⁹ HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice* **1973**. 22(6):475-476. [[PubMed](#)]
- ¹¹Capitani, M. I.; Spotorno, V.; Nolasco, S. M.; Tomás, M. C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia Hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology* **2012**, 45, p. 94-102. [[Link](#)]
- ¹³Rupflin, D. I. A. Caracterización de la semilla del chan (*Salvia hispanica* L.) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingrediente. *Revista 23 de la Universidad del Valle de Guatemala* **2011**, 43. [[Link](#)]
- ¹⁴Riaz, M. N. *Soy Applications in Food*. London: Ed Taylor e Francis, 273 p, 2006.
- ¹⁵Silva, L. H. da; Costa, P. F. P. da; Nomiya, G. W.; Souza, I. P. de; Chang, Y. K. Caracterização físico-química e tecnológica da farinha de soja integral

fermentada com *Aspergillusoryzae*. *Brazilian Journal of Food Technology* **2012**. Campinas, v. 15, n. 4, p. 300-306. [[Link](#)]

¹⁶Ramos, S. C. F. Avaliação das propriedades gelificantes da farinha de chia (*SalviaHispanica* L.). *Dissertação de mestrado*, Universidade de Lisboa, 2013. [[Link](#)]

¹⁷Martin, C. A.; Almeida, V. V. de; Ruiz, M. R.; Visentainer, J. E. L.; Matshushita, M.; Souza, N. E.; Visentainer, J. V. Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição de Campinas* **2006**, v. 19, n. 6. [[Link](#)]

¹⁸ BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução CNNPA n. 12 de 1978. Brasília: Diário Oficial da União, 24 de Julho de 1978. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>.

¹⁹BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/630a98804d7065b981f1e1c116238c3b/Resolu%C3%A7%C3%A3o_RDC_n.54_2012.pdf?MOD=AJPERES> Acesso em: 15/03/2015.

²⁰Simopoulos, A. P. The importance of the ratio of Omega-6/Omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother* **2002**. v. 56, n.8, p. 365-379. [[Link](#)]

²¹Simopoulos, A.P. The Importance of the Ômega-6/Ômega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. *Experimental Biology and Medicine* **2008**, v. 233. n.6, p. 674-688. [[PubMed](#)]

5.2 ARTIGO CIENTÍFICO II:

FACTORIAL DESIGN APPLICATION IN GLUTEN-FREE BREAD CONTAINING CHIA DEVELOPMENT AS OMEGA 3 SOURCE

APLICAÇÃO DE DELINEAMENTO FATORIAL NO DESENVOLVIMENTO DE PÃO ISENTO DE GLÚTEN CONTENDO CHIA COMO FONTE DE ÔMEGA 3

Marci Ewerling *

Nádia Steinmacher²

Ângela C. Rodrigues³

Resumo:

O objetivo deste trabalho foi a aplicação de planejamento composto central rotacional (DCCR) no desenvolvimento de pão isento de glúten como fonte de ácido graxo ômega-3 e obter uma melhor formulação através da otimização do experimento. Um planejamento DCCR do tipo 2³ foi realizado para investigar a influência do teor de ômega-3, lipídios totais, proteína bruta e carboidratos totais em pães sem glúten. Todos os efeitos principais foram mantidos nos modelos e os efeitos quadráticos significativos. Os modelos permitiram explicar até 94 % dos fenômenos ocorridos na faixa investigada. A farinha de chia parcialmente desengordurada (FCPD) apresentou a maior contribuição em todas as respostas, com destaque para o modelo do ômega-3. As características físicas e a cor instrumental dos pães foram muito semelhantes ao relatado

na literatura. Com relação a função de desejabilidade o ponto central foi considerado a resposta otimizada através da conveniência dos fatores investigados no delineamento. Através da Análise de Componentes Principais foi possível verificar alta contribuição do atributo textura, do teste de aceitação, na formulação contendo 20 % de farinha de chia parcialmente desengordurada e, este teor utilizado não alterou as características do produto. O uso de chia, das gomas e de ferramentas quimiométricas mostrou-se promissor no desenvolvimento de pão isento de glúten com boas características sensoriais e nutricionais.

Palavras-chave: *Salvia hispanica* L., alfa linolênico, planejamento de experimentos, desejabilidade.

Abstract

The objective of this work was the application of a central composite design (CCRD) in the development of gluten-free bread as fatty acid source of omega-3 and get a better formulation by optimizing the experiment. A CCRD 2^3 was conducted to investigate the influence of omega-3 content, total fat, crude protein and total carbohydrates in bread without gluten. The main effects were kept in the models and the significant quadratic effects. The models allowed to explain 94 % of the phenomena occurring in the investigated range. The chia flour partially defatted (FCPD) had the highest contribution in all responses, particularly the omega-3 model. The physical characteristics and the instrumental color of breads were very similar to that reported in the literature. Regarding the desirability function the central point was considered the

optimum response through the convenience of the factors investigated in the design. Through the Principal Component Analysis was possible to verify high contribution texture attribute, the acceptance test, the formulation containing 20 % of partially defatted chia flour affect did not alter the characteristics of the product. The use of chia, gums and chemometric tools showed promise in the development of gluten-free bread with good sensory and nutritional characteristics.

Keywords: *Salvia hispanica* L., alpha linolenic, design of experiments, desirability.

Introdução

A chia (*Salvia hispanica*, L.), também conhecida como chia mexicana, chia negra ou salvia espanhola, é uma planta da família das lamináceas, e tem recebido, a partir do ano de 2010, grande atenção por suas características nutricionais. Apresenta alto conteúdo de fibra alimentar, proteínas, minerais, com destaque para o cálcio, ferro e potássio, além de ser uma excelente fonte de ácidos graxos estritamente essenciais, como o alfa-linolênico (Reyes-Caudillo et al., 2008; Gohara et al., 2013). Por ser um alimento com ótimas propriedades alimentares, vários estudos (Gohara et al., 2016; Souza et al., 2015; Zaqui et al., 2014), têm sido desenvolvidos a fim de comprovar o enriquecimento nutricional em formulações alimentícias, que poderão auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares, trombose e numa melhor qualidade de vida aos potenciais consumidores.

A incorporação da chia, em especial no preparo de alimentos sem glúten, é promissora devido às características nutricionais mencionadas. Os indivíduos acometidos pela

doença celíaca, em muitos casos, apresentam má absorção de nutrientes e/ou os produtos disponíveis não contêm os nutrientes necessários em qualidade e quantidade, para atingir uma dieta balanceada (Alencar et al., 2012).

Um produto alimentício de grande interesse para os celíacos é o pão, pois faz parte do hábito alimentar o consumo diário. O desenvolvimento de uma formulação equilibrada enriquecida com nutrientes é uma excelente opção para evitar, o aparecimento de outras doenças vinculadas à falta destes via alimentação. Para viabilizar o uso da chia em formulações para pães é interessante obter uma farinha com reduzido teor de óleo, a fim de evitar problemas durante o processamento e balancear o teor lipídico. Conforme Gohara et al. (2016), o uso da farinha parcialmente desengordurada de chia (FPDC), com aproximadamente 10 % de óleo (Gohara et al., 2014) foi o ideal na produção de bolo de chocolate isento de glúten. Neste mesmo trabalho foi aplicada a ferramenta de planejamento fatorial, que possibilitou fazer um número reduzido de experimentos, avaliar várias variáveis simultaneamente, seus efeitos, obter maior confiabilidade nos resultados, num processo iterativo, o que permitiu obter modelos matemáticos que explicasse a região, em foi obtido a melhor formulação do produto (Gohara et al., 2016; Neto, Scarminio, Bruns, 2001).

O objetivo deste trabalho foi a aplicação de um planejamento fatorial numérico para obter a melhor formulação de pão isento de glúten, com chia, devido aos relatos na literatura sobre a presença de compostos benéficos à saúde. Para isso foi investigado a influência de dois tipos de gomas e a farinha parcialmente desengordura de chia, tendo como resposta uma formulação contendo ácidos graxos essenciais e aspectos sensoriais desejáveis.

Experimento

Amostragem

Os ingredientes utilizados na formulação dos pães sem glúten foram a farinha de arroz, polvilho doce, fécula de batata, farinha de chia parcial desengordura (FCPD), açúcar, sal, ovos, azeite de oliva, água, fermento biológico seco, goma xantana, goma hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). A FCPD foi adquirida da empresa Giroil Agroindustrial LTDA (Santo Ângelo, RS), que obtida após o processo de prensagem à frio para retirada do óleo bruto de chia. O resíduo resultante deste processo foi a farinha de chia parcialmente desengordurada, que posteriormente foi transformada em uma farinha fina de 14-16 mesh, depois de ter passado pelo moinho de martelo. Os demais ingredientes foram adquiridos em estabelecimento comercial local na cidade de Medianeira, Paraná, Brasil.

Delineamento experimental

Um delineamento composto central rotacional (DCCR) do tipo 2^3 foi utilizado para avaliar a influência das variáveis sobre o teor de ômega-3, volume específico, textura, cor, proteína, carboidratos, cinzas e lipídios em pães sem glúten, (Tabela 1). O percentual de cada uma das variáveis foi calculado em relação à porcentagem de farinha mista. Adicionalmente, foi desenvolvida uma amostra controle sem a adição da FCPD e gomas para fins de comparação. As respostas analisadas foram os somatórios, razões e índices nutricionais dos ácidos graxos.

Tabela 1 - Níveis das variáveis do delineamento composto central rotacional decodificados.

Variáveis Independentes*	Símbolo	Níveis				
		-1,68	-1	0	+1	+1,68
FCPD ¹	x ₁	1,23	6,00	13,00	20,00	24,77
HPMC ²	x ₂	0,00	0,51	1,25	2,00	2,51
GOMA XANTANA	x ₃	0,00	0,51	1,25	2,00	2,51

* Os valores estão apresentados em (%) sobre o total da farinha mista. ¹FCPD: farinha de chia parcialmente desengordura. ²HPMC: goma hidroxipropilmetilcelulose.

Processamento das formulações

O desenvolvimento da formulação controle foi baseado nas descrições da Associação Celíaca do Brasil (ACELBRA). Testes preliminares foram efetuados para a definição da concentração dos ingredientes com base no total da farinha mista, conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Percentual dos ingredientes utilizados na formulação controle do pão sem glúten.

Ingredientes	(g)	(%)*
Farinha Mista**	145,00	100,00
Açúcar	15,00	10,34
Vinagre	4,00	2,75
Sal	1,50	1,03
Ovos	50,00	34,48
Azeite de Oliva	18,75	12,93
Água	50,00	34,48
Fermento Biológico	2,50	1,72

*Cálculo dos ingredientes com base no total da farinha mista (145g).

**Farinha de arroz (52 %), fécula de batata (36 %) e polvilho doce (12 %).

Inicialmente todos os ingredientes foram pesados individualmente em balança semi-analítica. Os ingredientes secos (farinha mista, farinha de chia parcialmente desengordurada, sal, açúcar, goma xantana e HPMC), foram misturados manualmente por 30 segundos, em seguida foram adicionados os líquidos, (ovos, azeite de oliva e água), procedendo a mistura com o uso de batedeira (Black & Decker 400W, Uberaba,

Minas Gerais), com misturador de massas médias na velocidade 2 por 1 minuto. Para as formulações adicionadas de FCPD, além da quantidade de água utilizada na formulação controle (50 mL) padronizou-se a adição de mais 30 mL. Foi calculado o Índice de absorção de água (IAA), para cada formulação. Em seguida, foi acrescentado o fermento e misturado à massa, com auxílio da batedeira, na velocidade 5, por 2 minutos. Após, a massa foi moldada em fôrmas de alumínio retangulares, previamente untadas com óleo de soja, e mantida em ambiente com umidade controlada por 50 minutos, a 37°C e, posteriormente procedeu-se com a cocção em forno industrial pré-aquecido a 180° C por 25 minutos. Os produtos foram desenformados a frio e acondicionados em embalagens de polietileno e armazenadas em caixas de polipropileno até o momento das análises.

Composição proximal

Os teores de umidade e voláteis (método nº 925.10), cinzas (método nº 923.3) e proteína bruta, (método nº 920.87), seguiram as técnicas descritas pelo método AOAC (1995), com o fator de 6,25 para converter o conteúdo de nitrogênio em proteína bruta. Os lipídios totais foram extraídos e determinados de acordo com Bligh e Dyer (1959). Os carboidratos totais foram calculados por diferença.

Composição em ácidos graxos

A composição de ácidos graxos consistiu em utilizar a fração de lipídios extraída da FCPD e dos ensaios do DCCR; estes lipídios foram derivatizados e convertidos em

ésteres metílicos de ácidos graxos de acordo com Hartman e Lago (1973). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados em cromatógrafo à gás, com detector de ionização em chama e coluna capilar de sílica fundida Select FAME (100 m, 0,25 mm e 0,25 μm d.i., Agilent J&W). As condições cromatográficas para a análise das amostras foram: vazões dos gases de 1,30 mL min^{-1} para o gás de arraste (He); 45 e 450 mL min^{-1} para o gás H_2 e para o ar sintético, respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi de 1:50. As injeções foram realizadas em triplicatas e os volumes das injeções foram de 1,0 μL . A identificação dos ácidos graxos foi baseada na comparação dos tempos de retenção com os dos ésteres metílicos da mistura padrão contendo os isômeros geométricos dos ácidos linoléico e alfa-linolênico da Sigma ® (EUA). Os resultados foram expressos como porcentagem relativa dos ácidos graxos identificados.

Volume específico

O volume específico (mL g^{-1}) dos pães foi obtido pela razão entre o volume (mL^{-1}) e a massa do pão (g), após 24 horas de cocção. Este foi determinado pela técnica de deslocamento de sementes de painço (El-Dash, Camargo, Diaz, 1982).

Força de compressão (firmeza) no miolo dos pães

Utilizou-se o texturômetro TAXT2i (Stable Micro System, Inglaterra), de acordo com o método da AACC 74-09 (AACC, 1995), que consiste em colocar fatias de 25 mm de espessura no centro da plataforma do texturômetro e comprimir com um probe cilíndrico de 36 mm de diâmetro nas seguintes condições de trabalho: velocidade de 1,0

mm s⁻¹ no pré-teste, 1,7 mm s⁻¹ no teste e 10,0 mm s⁻¹ para o pós-teste. A compressão foi 40 % da altura e a força de gatilho 5 g. Esta foi realizada após 24 horas dos pães assados.

Cor instrumental do miolo dos pães

O colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-300) foi utilizado para medir a tendência da cor no miolo dos pães. Este sistema decompõe a cor em três níveis num espaço tridimensional, em luminosidade (brilho) da imagem (L*, 100 para branco e 0 para preto); as coordenadas de cromaticidade a*, (-) para verde e (+) para vermelho e, b*, (-) para azul e (+) para amarelo. Realizou-se com 24 horas após assar os pães.

Análise sensorial e aspectos éticos

Teste de Aceitação foi aplicado para as formulações de pães isentas de glúten, sendo avaliados os atributos aroma, cor, sabor, textura, e aspecto global. Com uma equipe de 116 provadores voluntários, não treinados e possíveis consumidores potenciais do produto avaliaram as amostras, pela escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo a 9 = gostei muitíssimo; DUTCOSKY, 2011). O teste sensorial realizado foi aprovado anteriormente pelo Comitê de Ética envolvendo pesquisas com seres humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sob parecer n° 1.017.363.

Análises estatísticas e multivariadas

Os pontos experimentais do planejamento fatorial composto central rotacional, com seis repetições do ponto central foram realizados, sendo que para cada amostra, as análises foram feitas em triplicata e utilizado as médias no DCCR.

Os valores dos efeitos principais, interações e análise de variância (ANOVA) foram obtidas primeiramente. Posteriormente, a normalidade e a homogeneidade de variância dos resíduos foram verificadas. Procedeu-se com a análise de variância (ANOVA entre os grupos) para todas as respostas investigadas (Tabela 3). A fim de verificar o efeito das variáveis independentes sobre as respostas, a metodologia de superfície de resposta foi aplicada. O modelo matemático básico para ajustar os dados foi (Equação 2):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad (2)$$

Em que: Y_i é a resposta esperada, β_0 é a constante, β_1 , β_2 , β_{11} , β_{22} e β_{12} são os termos de regressão (Souza et al. 2014a).

Para obtenção de uma resposta global foram selecionadas algumas equações, com o intuito de proceder com a otimização do experimento. Através da função de desejabilidade foi realizada a transformação de cada variável resposta (Y_i) estimada para um valor desejável (d_i), em que $0 \leq d_i \leq 1$.

Se o objetivo T na resposta Y_i é o valor máximo (Equação 3):

$$d_i = \begin{cases} 0 & Y_i < L \\ \left(\frac{Y_i - L}{T - L} \right)^r & L \leq Y_i \leq T \\ 1 & Y_i > T \end{cases} \quad (3)$$

Se o objetivo T na resposta Y_i é o valor mínimo (Equação 4):

$$d_i = \begin{cases} 1 & Y_i < T \\ \left(\frac{U - Y_i}{U - T}\right)^r & T \leq Y_i \leq U \\ 0 & Y_i > U \end{cases} \quad (4)$$

Em que, L é o limite inferior e U é o superior.

A função de conveniência é linear quando o peso r é igual a 1. Caso seja escolhido $r > 1$ há mais ênfase no valor próximo ao alvo. Ao preferir $0 < r < 1$ este é menos importante.

Os valores individuais de desejabilidade (d_i) foram combinados através de uma média geométrica para formar uma conveniência global ou geral (D). Este valor único de D [0, 1] fornece a avaliação global da conveniência e os níveis de resposta combinados, e D irá aumentar à medida que o equilíbrio das propriedades torna-se mais favorável (Derringer, Suich et al., 2014).

Análise de Componentes Principais foi aplicada nos dados do teste de Aceitação, com três amostras de pães isentos de glúten, que foram avaliadas por 116 provadores. As notas dos julgadores foram dispostas em linhas (116) e nas colunas, os atributos sensoriais (5), o que resultou numa matriz de dados 116x5. Os procedimentos esta análise multivariada foram os mesmos descritos em Souza et al. (2014b). As análises estatísticas e multivariadas foram realizadas no programa software Statistica, versão 8.0, sendo adotado o nível de 5 % ($p < 0,05$) de significância para rejeição da hipótese de nulidade em todas as análises.

Resultados e discussões

As condições do modelo fatorial DCCR completo, com seis repetições do ponto central (Tabela 3), aplicado no desenvolvimento e processamento do pão sem glúten, e as respostas de lipídios totais, proteína bruta, carboidratos totais e ômega-3 (n-3).

Tabela 3- Planejamento fatorial DCCR completo com as seis repetições do ponto central e as respostas obtidas para os lipídios totais, proteína bruta, carboidratos totais e n-3

			Lipídios			
x_1^1	x_2^1	x_3^1	Totais	Proteína bruta	Carboidratos	n-3
-1	-1	-1	5,71	9,48	41,18	8,46
1	-1	-1	6,58	12,00	34,38	19,49
-1	1	-1	5,85	9,56	42,07	8,51
1	1	-1	6,84	12,18	34,81	19,92
-1	-1	1	6,08	9,92	40,02	8,29
1	-1	1	6,82	12,24	34,04	19,33
-1	1	1	6,20	9,97	41,79	8,64
1	1	1	7,32	12,18	35,08	19,80
-1,68	0	0	6,14	8,70	44,08	6,89
1,68	0	0	7,52	13,44	31,80	24,25
0	-1,68	0	6,12	11,14	36,91	13,37
0	1,68	0	6,24	11,14	38,46	13,30
0	0	-1,68	5,94	10,08	40,62	13,28
0	0	1,68	6,05	9,98	40,85	13,68
0	0	0	6,40	10,14	39,77	13,26
0	0	0	6,50	10,29	38,97	12,79
0	0	0	6,57	11,19	37,42	13,39
0	0	0	6,45	10,67	40,59	13,23
0	0	0	6,60	10,05	40,56	13,24
0	0	0	6,48	10,41	40,63	12,91

¹ x_1 : FCPD - farinha de chia parcialmente desengordura. ² x_2 : HPMC - goma hidroxipropilmetilcelulose.
³ x_3 : goma xantana. n-3: somatório de ácidos graxos da série ômega-3.

Os resíduos apresentaram distribuição aleatória, normalidade e homogeneidade na variância. Esses resultados mostraram que todos os fatores avaliados foram significativos e comprovados pelos valores do teste F (Tabela 4). A falta de ajuste foi não significativa para as respostas avaliadas (Tabela 5). Verificou-se uma alta correlação dos valores previstos pelos valores observados pelo modelo. Isso é comprovado pelo expressivo valor de $R^2_{\text{calculado}}$ que ficou no intervalo de 0,9393, para os carboidratos totais e 0,9967, no caso do n-3, havendo uma diferença mínima com o R^2_{ajustado} (0,9216 a 0,9960) em todos os modelos avaliados (Tabela 6). Este fato permite explicar até 94% dos fenômenos ocorridos dentro da faixa de estudo investigada, no processo de otimização.

Tabela 4- Resultados da ANOVA, teste-F das respostas avaliadas no planejamento DCCR para o pão sem glúten

	Lipídios							
	GL	totais	GL	Proteína bruta	GL	Carboidratos	GL	n-3
x_1	1	480,62	1	129,64	1	101,29	1	7384,67
x_1^2	1	49,33	1	5,81	1	5,72	1	182,42
x_2	1	19,67	1	0,03	1	2,05	1	1,91
x_2^2	1	21,93	1	6,95	1	7,09	-	-
x_3	1	34,80	1	0,35	1	0,06	1	0,17
x_3^2	1	64,23	-	-	-	-	-	-
Erro puro	5	4,21	5		5		5	
Soma dos quadrados								
totais	19		19		19		19	

GL: Graus de liberdade. x_1 : FCPD - farinha de chia parcialmente desengordura. x_2 : HPMC - goma hidroxipropilmetilcelulose. x_3 : goma xantana. n-3: somatório de ácidos graxos da série ômega-3.

Os coeficientes de regressão e os respectivos intervalos de confiança estão listados na Tabela 6. Os efeitos principais (x_1 , x_2 e x_3) podem ser obtidos através da multiplicação por dois dos respectivos coeficientes de regressão. Os efeitos principais x_2 (HPMC) e x_3

(goma xantana) foram não significativos para as respostas proteína bruta, carboidratos totais e alfa-linolênico (n-3), sendo mantidos nos modelos para atender a hierarquia matemática. No modelo adotado para a proteína bruta e os carboidratos totais, em ambas as situações, o efeito x_2^2 quadrático foi considerado significativa (Tabela 5) e explicaram o comportamento da goma hidroxipropilmetilcelulose na elaboração do pão sem glúten. O termo quadrático referente à goma xantana só foi mantido na modelagem dos lipídios totais, devido a sua significância ($p=0.0005$).

Tabela 5- Resultados da ANOVA, somatório quadrático e p-valor das respostas avaliadas no planejamento DCCR para o pão sem glúten

	Lipídios			Proteína			Carboidratos			n-3		
	GL	totais	p	GL	bruta	p	GL		p	GL	n-3	p
x_1	1	2,67	0,00	1	22,79	0,00	1	164,52	0,00	1	399,26	0,00
x_1^2	1	0,27	0,00	1	1,02	0,06	1	9,30	0,06	1	9,86	0,00
x_2	1	0,11	0,01	1	0,00	0,88	1	3,32	0,21	1	0,10	0,23
x_2^2	1	0,12	0,01	1	1,22	0,05	1	11,51	0,04	-	-	-
x_3	1	0,19	0,00	1	0,06	0,58	1	0,09	0,82	1	0,01	0,69
x_3^2	1	0,36	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Falta de ajuste	8	0,19	0,07	9	0,58	0,91	9	3,98	0,96	10	1,02	0,25
Erro puro	5	0,03		5	0,88		5	8,12		5	0,27	
Total SQ	19	4,01		19	26,37		19	199,15		19	410,53	

GL: Graus de liberdade. SQ: Soma dos quadrados. x_1 : FCPD - farinha de chia parcialmente desengordurada. x_2 : HPMC - goma hidroxipropilmetilcelulose. x_3 : goma xantana. n-3: somatório de ácidos graxos da série ômega-3.

As percentagens de contribuição de cada efeito nos modelos foram extraídas da ANOVA (Tabela 5). A FCPD apresentou a maior significância em todas as respostas. Segundo Gohara et al. (2014), a adição de farinha de chia parcialmente desengordurada, contribuiu para aumentar os teores de lipídios totais, proteína bruta e cinzas, em formulações de bolos de chocolate. O mesmo efeito foi encontrado no presente estudo.

No caso do teor de cinzas, o modelo apresentou falta de ajuste ($p=0,01$), mas houve uma tendência de alta contribuição do fator FCPD (Figura 1). O alto teor de cinzas pode pressupor um bom aporte de minerais, como verificado por Gohara et al. (2013).

Tabela 6 . Coeficientes de regressão intervalo de confiança e coeficiente de determinação das respostas avaliadas no DCCR do pão sem glúten

	Lipídios totais	Proteína bruta	Carboidratos	n-3
Significância	6,50 (6,38; 6,61)*	10,36 (10,12; 10,60)*	39,86 (39,16; 40,55)*	13,24 (13,06; 13,42)*
x_1	0,44 (0,36; 0,52)*	1,29 (1,11; 1,48)*	-3,47 (-4,01; -2,93)*	5,41 (5,24; 5,58)*
x_1^2	0,14 (0,06; 0,21)*	0,30 (0,08; 0,44)*	-0,80 (-1,32; -0,28)*	0,82 (0,66; 0,98)*
x_2	0,09 (0,01; 0,16)*	0,02 (-0,17; 0,21)*	0,49 (-0,05; 1,03)*	0,09 (-0,08; 0,26)*
x_2^2	-0,09 (-0,17; -0,02)*	0,29 (0,11; 0,47)*	-0,89 (-1,41; -0,37)*	-
x_3	0,11 (0,04; 0,19)*	0,07 (-0,12; 0,25)*	-0,08 (-0,62; 0,46)*	0,03 (-0,14; 0,20)*
x_3^2	-0,16 (-0,23; -0,08)*	-	-	-
R^2	0,9464	0,9448	0,9393	0,9967

*Intervalo de confiança dos coeficientes a 95 % de confiança. R^2 : coeficiente de determinação. x_1 : FCPD - farinha de chia parcialmente desengordurada. x_2 : HPMC - goma hidroxipropilmetilcelulose. x_3 : goma xantana. n-3: somatório de ácidos graxos da série ômega-3.

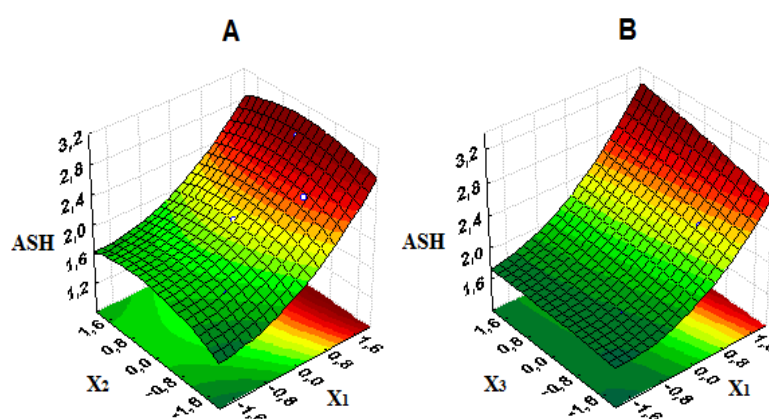


Figura 1- Gráficos representativos da alta contribuição da farinha de chia parcialmente desengordurada, no conteúdo de cinzas (ASH) no pão sem glúten.

A utilização de grãos como fonte de ômega-3 tem demonstrado uma elevada melhora na composição de alimentos, contendo cereais como barra alimentícia (Pagamunici et al.,

2014a), granola (Souza et al. 2014), minipanetone (Zanqui et al., 2014) e biscoito (Pagamunici et al., 2014b), principalmente no total de graxos poli-insaturados, com destaque para o alfa-linolênico. A aplicação da FCPD contribuiu com 97,25 % como efeito principal e 2,40 % como efeito quadrático, para o aumento do teor do ácido alfa-linolênico (Tabela 5). De acordo com Sargi et al. (2013) e Zanqui et al. (2016), a chia contém somente o ácido alfa-linolênico, como ácido graxo pertencente a série ômega-3 e perfaz um total de 62% na composição em ácidos graxos.

As superfícies de resposta para os lipídios totais, proteína bruta, carboidratos totais e n-3 constam na Figura 2. A região contendo o máximo de lipídios totais, proteína bruta e n-3 foi verificado através do nível superior do x_1 (FCPD, Figuras 2A, 2B, 2C, 2D, 2G e 2H), assim como o ponto médio do x_2 (HMPC) e x_3 (Goma xantana), nas mesmas condições.

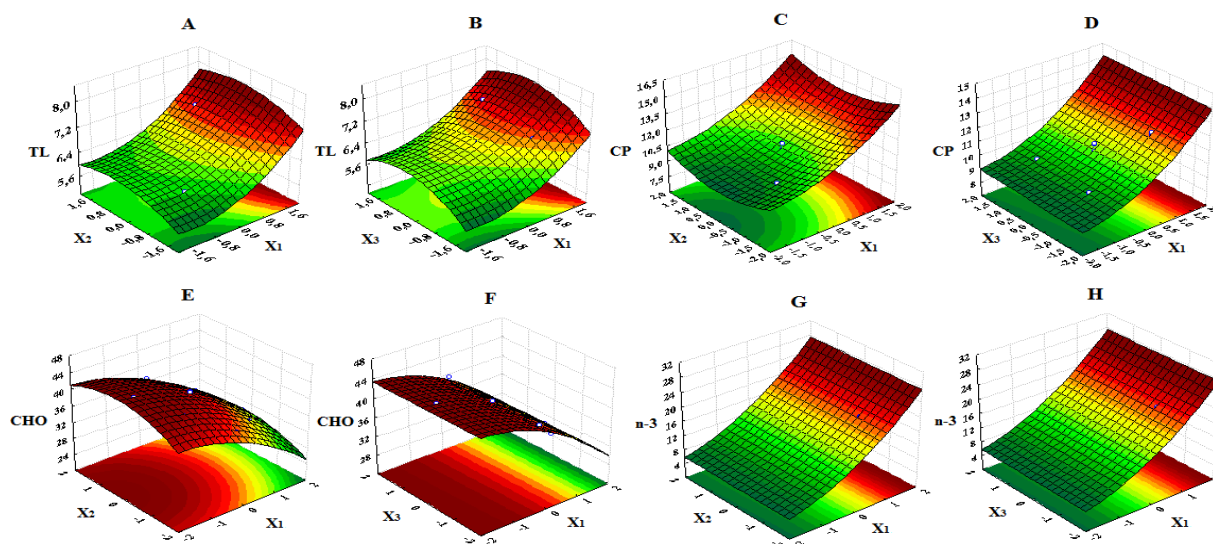


Figura 2- Superfícies de resposta dos lipídios totais (TL) (A e B), proteína bruta (CP) (C e D), carboidratos totais (CHO) (E e F) e do ômega-3 (n-3) (G e H) no planejamento DCCR aplicado para o pão sem glúten. x_1 : FCPD - farinha de chia parcialmente desengordurada. x_2 : HPMC - goma hidroxipropilmetilcelulose. x_3 : goma xantana. n-3: somatório de ácidos graxos da série ômega-3.

Os pães apresentaram volumes específicos entre 1,54 e 2,43 mL g⁻¹ (Tabela 7). A adição de farinha de chia e goma xantana foram responsáveis pela redução do volume

específico do pão, o que, a princípio, não é desejável. Constantini *et al.* (2014) citam que volumes mais elevados de pães são mais atraentes para os consumidores, pois sugerem maior quantidade de produto. Pizarro *et al.* (2013) ao substituírem a farinha de trigo por farinha de chia em bolos houve um menor volume específico. Quanto à firmeza, a substituição de parte da farinha usada na formulação controle pelas variáveis independentes não alterou a firmeza do pão. Este resultado é satisfatório se a intenção for manter a firmeza do produto mesmo com alteração da sua composição.

A cor dos miolos dos pães apresentaram uma luminosidade (L^*) de 43,29 a 75,61, com a média de todos os ensaios foi de 53,95, o que equivale a uma tonalidade que tendeu ao cinza. O aspecto escuro da massa dos pães integrais é desejável, pois é associada pelos consumidores à produtos saudáveis. As formulações contendo FCPD obtiveram menor luminosidade, a mesma tendência foi observada por Puig e Haros (2011), com relação ao escurecimento da massa, ao testar farinha e grãos de chia na formulação de pães. O parâmetro a^* tendeu para o vermelho, nas amostras contendo chia, sendo relatado na literatura o mesmo efeito em pães sem glúten, ao ser incorporada a farinha de chia (Constantini *et al.*, 2014). O termo b^* apresentou a melhor tendência à cor amarela através do nível inferior da FCPD com o ponto médio HPMC (Tabela 7).

Tabela 7 - Média e desvio padrão das cinzas, volume específico, textura e os parâmetros de cor dos pães isentos de glúten.

x_1	x_2	x_3	Cinzas	Volume específico (mL g ⁻¹)	Textura (g)	L*	a*	b*
-1	-1	-1	1,71±0,03	2,43±0,02	1600,73±101,35	55,42±1,00	-2,61±0,06	12,76±0,36
1	-1	-1	2,18±0,05	2,12±0,18	960,58±138,79	46,38±0,66	-0,37±0,06	12,26±0,48
-1	1	-1	1,78±0,04	2,42±0,08	710,48±89,72	59,72±1,42	-2,95±0,19	13,32±0,46
1	1	-1	2,43±0,04	1,89±0,02	2243,48±32,92	48,26±0,95	-0,64±0,23	12,48±0,20
-1	-1	1	1,74±0,02	1,98±0,11	1052,87±26,34	59,49±0,63	-2,70±0,19	14,18±0,68
1	-1	1	2,53±0,05	1,74±0,03	1574,11±94,06	43,29±1,14	-0,42±0,03	10,31±0,59
-1	1	1	1,87±0,02	1,90±0,02	3402,31±321,60	62,48±0,37	-2,94±0,14	14,20±0,16
1	1	1	2,39±0,04	1,64±0,10	2334,12±371,90	47,71±0,67	-0,71±0,07	11,39±0,37
-1,68	0	0	1,71±0,01	1,96±0,01	2818,85±122,58	75,61±0,72	-6,44±0,42	24,38±0,45
1,68	0	0	2,90±0,06	1,58±0,05	3206,35±90,30	47,41±1,33	-0,43±0,14	16,12±0,22
0	-1,68	0	1,90±0,01	1,54±0,01	4181,53±135,90	47,96±1,42	-1,06±0,06	12,05±0,08
0	1,68	0	1,99±0,01	1,77±0,02	3140,44±238,21	50,96±0,64	-1,37±0,14	13,05±0,81
0	0	-1,68	1,96±0,02	1,83±0,03	2932,38±134,09	50,26±1,01	-1,25±0,15	13,10±0,77
0	0	1,68	2,18±0,02	2,01±0,04	2345,54±140,43	56,48±0,44	-1,61±0,34	16,84±0,55
0	0	0	2,08±0,03	1,84±0,10	2127,10±249,01	54,57±0,50	-1,47±0,26	15,60±2,96

x_1 : FCPD - farinha de chia parcialmente desengordurada. x_2 : HPMC - goma hidroxipropilmetilcelulose. x_3 : goma xantana.

A função de desejabilidade teve como objetivo obter a melhor formulação através do teor médio dos lipídios totais, o máximo de proteína bruta e ômega-3 e, o mínimo de carboidratos totais. O pão sem glúten contendo o ponto médio, ou melhor, o ponto central do DCCR, com farinha de chia parcialmente desengordurada (x_1), goma hidroxipropilmetilcelulose (x_2) e goma xantana (x_3) foi a resposta otimizada, conforme a conveniência dos fatores investigados no delineamento (Figura 3).

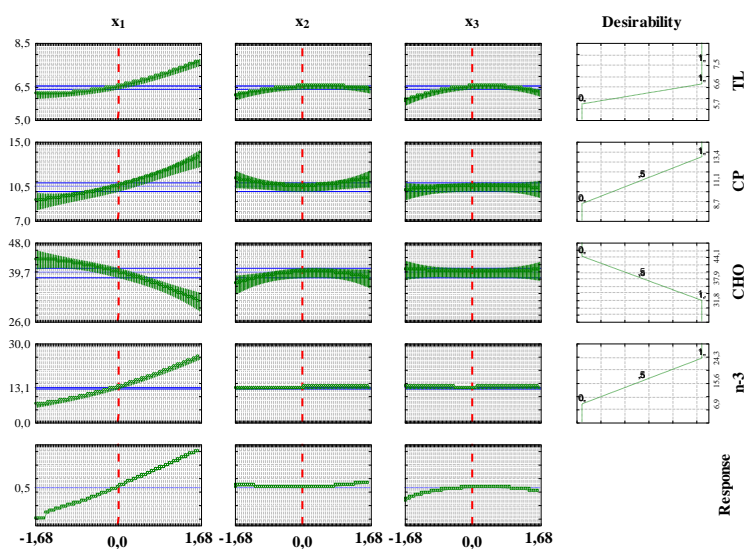


Figura 3- Gráfico da função desejabilidade (*desirability*) do planejamento DCCR para o pão sem glúten. x_1 : FCPD - farinha de chia parcialmente desengordurada. x_2 : HPMC - goma hidroxipropilmetilcelulose. x_3 : goma xantana. TL: lípidio total. CP: proteína bruta. CHO: carboidrato total. n-3: somatório de ácidos graxos da série ômega-3. Linha vertical vermelha representa a conveniência global.

Na Figura 4 (Gráfico aranha) são apresentados os dados dos atributos da análise sensorial. As notas variam entre ‘gostei ligeiramente’ a ‘gostei moderadamente’, o que demonstrou uma boa aceitação de todas as formulações dos pães isentos de glúten, exceto para o atributo textura da formulação A (Controle, Tabela 2), que obteve nota ‘nem gostei/nem desgostei’. Gohara et al. (2014), ao desenvolver formulações de bolos de chocolate isentos de glúten, com o uso de 20 % farinha de chia parcialmente desengordurada obteve notas semelhantes às formulações B e C, que continham a mesma farinha (Figura 4). No presente estudo, as características sensoriais da formulação contendo 20 % da FCPD apresentou médias ligeiramente superiores à formulação controle (C, Tabela 2), nos atributos sabor, aroma, textura e aspecto global. A textura neste tipo de produto está intimamente ligada a qualidade percebida e/ou esperada pelo consumidor. Houve uma relação direta da melhor textura com a maior aceitação global da formulação C (Figura 4, 20 % FPDC).

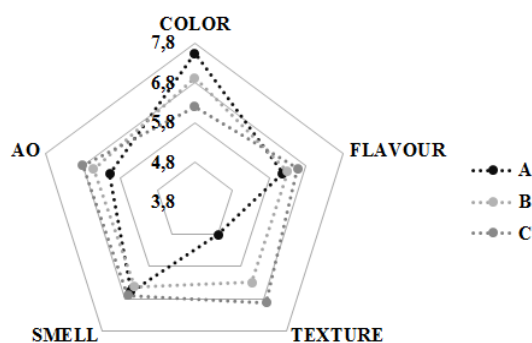


Figura 4- Gráfico aranha contendo as médias dos atributos do teste de Aceitação para as formulações A – controle externo ao DCCR (Tabela 2), B – experimento 6 % farinha de chia parcialmente desengordurada e 0.51 % de hidroxipropilmetilcelulose e de goma xantana e, C – experimento 20 % de farinha de chia parcialmente desengordurada e 0.51 % de hidroxipropilmetilcelulose e de goma xantana. OA: aspecto global.

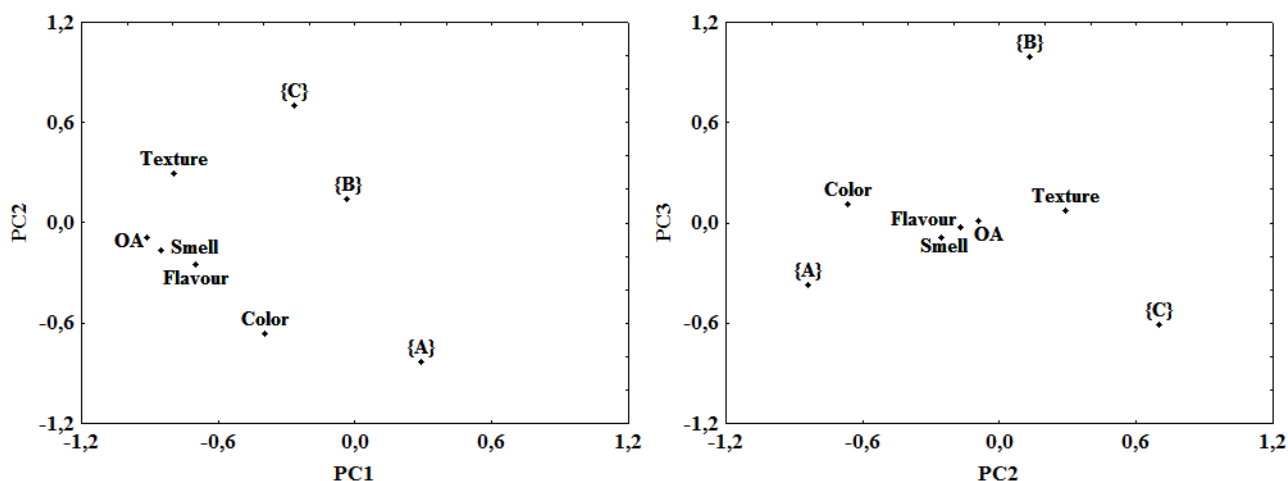


Figura 5- Gráfico bidimensional da Análise de Componentes Principais para os atributos sensoriais de duas formulações do planejamento DCCR (Os experimentos contendo 6 % de FCPD, 0,51 % de hidroxipropilmetilcelulose e de goma xantana (B) e, 20 % FCPD e 0,51 % de hidroxipropilmetilcelulose e de goma xantana (C) e um controle externo (formulação padrão Tabela 2, (A)). OA – Aspecto global.

Na Análise de Componentes Principais foram selecionados os componentes principais 1, 2 e 3 (PC), que foram significativos ($p < 0,05$) e o total da variância dos dados explicada foi de 79,16%. Todos os atributos sensoriais apresentaram maior contribuição para caracterizar as amostras B e C, que continham FCPD (Figura 5). A textura pela PC1xPC2 foi a principal responsável, por distinguir a formulação C (20 % FPDC) das demais. Enquanto que o mesmo ocorreu com o atributo cor no pão controle (A, Tabela 2). No gráfico PC2xPC3 todas as amostras apresentaram-se bem separadas, com os

atributos aroma, sabor e aspecto global contribuindo com pesos semelhantes para todas às amostras, ou seja, esses atributos não obtiveram uma grande variabilidade nos julgamentos dos provadores e os pães apresentaram notas médias muito próximas (Figura 4). Isso demonstra que o uso de até 20 % de FPDC, não há evidência de menor aceitação sensorial em pão isento de glúten.

Conclusão

O planejamento fatorial delineamento composto central rotacional, com três fatores investigados para obter o melhor conteúdo de ômega-3 e composição proximal foi uma estratégia promissora, no desenvolvimento de pão sem glúten. Nos modelos houve uma maior contribuição da farinha de chia parcialmente desengordurada. Através do $R^2_{\text{calculado}}$ foi possível explicar até 94% dos fenômenos ocorridos na faixa investigada. A função de deseabilidade consistiu na restrição das respostas, a fim de obter uma formulação de maior interesse, o que convergiu para o ponto central. Na Análise de Componentes Principais realizada para o teste de aceitação, o atributo textura foi mais bem avaliado para a amostra com maior teor de farinha parcialmente desengordurada de chia e os atributos aroma, sabor e aspecto global não houve uma evidência maior ou menor aceitação sensorial em pão isento de glúten com 20 % de chia. O uso dos fatores chia e gomas no DCCR, função de deseabilidade e análise de componentes principais foi promissor no desenvolvimento de pão isento de glúten com boas características sensoriais e nutricionais.

Agradecimentos

A Capes, CNPq, Fundação Araucária pelo apoio financeiro. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Medianeira e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul *campus* Coxim pela disponibilidade de recursos e tecnologia para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Referências

ALENCAR, A. L. et al. Prevalence of celiac disease among blood donors in São Paul – the most populated city in Brazil. **Clinical Science**. 67(9):1013-1018, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC international**. Washington: AOAC, 16(ed.):1200, 1995.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. 37(8):911-917, 1959.

COSTANTINI, L. et al. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**. 165:232-240, 2014.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, 12(4):214-219, 1980.

EL-DASH A. A., CAMARGO C. R. O., DIAZ N. **Fundamentos de Tecnologia de Panificação**. Série Agro-Industrial, 6, 1982.

GOHARA, A. K. et al. Application of multivariate analysis to assess the incorporation of ômega-3 fatty acid in gluten-free cakes. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 27(1):62-69, 2016.

GOHARA, A. K. et al. Chemometric methods applied to the mineral content increase in chocolate cakes containing chia and azuki. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 24(5):771-776, 2013.

GOHARA, A. K. et al. Chemometric tools applied to the development and proximal and sensory characterization of chocolate cakes containing chia and azuki. **Acta Scientiarum. Technology**. 36(3):537-543, 2014.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**. 22(6):475-476, 1973.

NETO, B. B., SCARMINIO I. S., BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e indústria**, 2 edição. Unicamp, Campinas (2001).

PAGAMUNICI, L. M. et al. Development, characterization and chemometric analysis of a gluten-free food bar containing whole flour from a new cultivar of amaranth. **Ciência e Agrotecnologia**. 38(3):270-277, 2014a.

PAGAMUNICI, L. M. et al. Using chemometric techniques to characterize gluten-free cookies containing the whole flour of a new quinoa cultivar. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 25(2):219-228, 2014b.

PIZARRO, P. L. et al. Evaluation of a whole chia (*Salvia hispanica* L) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. **LWT- Food Science and Technology**. 4(1):73-79, 2013.

PUIG, E. I.; HAROS, M. La chia em Europa: El novo ingredientenproductos de panadería. **ArtículosTécnicos. Alimentaria**, 420:73-77, 2011.

REYES-CAUDILLO, E. et al. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**. 107:656-663, 2008.

SARGI, S. C. et al. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. **Food Science and Technology, Campinas**. 33(3):541-548, 2013.

SOUZA, A. H. P. et al. Effect of the addition of chia's by-product on the composition of fatty acids in hamburgers through chemometric methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 95(5):928-935, 2015.

SOUZA, A. H. P. et al. Optimization conditions of samples saponification for tocopherol analysis. **Food Chemistry**. 158:315-318, 2014a.

SOUZA, N. E. et al. Quantification of minerals and tocopherols isomers in chesnuts approach chemometrics. **Semina: Ciências Agrárias**. 35(5):2427-2636, 2014b.

SOUZA, A. H. P. et al. Development, characterization and chemometric analysis of gluten-free granolas containing whole flour of pseudo-cereals new cultivars. **Acta Scientiarum. Technology**. 36(1):157-163, 2014c.

ZANQUI, A. B. et al. Elaboração de minipanetone contendo ômega-3 por substituição parcial da farinha de trigo por farinha de linhaça dourada (*Linum usitatissimum* L.). **Revista Virtual da Química**. 6(4):968-976, 2014.

ZANQUI, A. B. et al. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil composition varies with changes in temperature and pressure in subcritical extraction with n-propane. **Industrial Crops and Products**. 87:64-70, 2016

6 CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições experimentais do presente estudo, os resultados permitiram concluir que:

- ✓ A farinha de chia parcialmente desengordurada (FCPD) apresenta valores elevados de proteínas, cinzas e ácidos graxos poliinsaturados, em especial ômega-3, podendo ser considerada uma importante fonte nutricional
- ✓ Pães com concentração maior de FCPD, apresentaram níveis mais elevados nos teores dos compostos de interesse avaliados (como, proteína bruta, cinzas, lipídios totais, e ômega-3) e menor valor de carboidratos.
- ✓ Pães elaborados com 20% de FCPD, no teste de aceitação, apresentou médias ligeiramente superiores a formulação controle.
- ✓ A substituição parcial da farinha mista pela FCPD ocasionou a produção de pães mais saudáveis e bem aceitos sensorialmente no teste de aceitação.
- ✓ A combinação da FCPD e das gomas na elaboração dos pães isentos de glúten são promissores no desenvolvimento de pão isento de glúten com boas características sensoriais e nutricionais, oferecendo uma opção de consumo para os indivíduos acometidos da doença celíaca.