



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ISABELLE DE LIMA BRITO

**OTIMIZAÇÃO DE BISCOITO TIPO *COOKIE* A BASE DE
QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) UTILIZANDO
PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA**

JOÃO PESSOA–PB

2013

ISABELLE DE LIMA BRITO

**OTIMIZAÇÃO DE BISCOITO TIPO *COOKIE* A BASE DE
QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) UTILIZANDO
PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA**

JOÃO PESSOA–PB

2013

ISABELLE DE LIMA BRITO

**OTIMIZAÇÃO DE BISCOITO TIPO *COOKIE* A BASE DE
QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) UTILIZANDO
PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dra. Marciane Magnani

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Yamashita

JOÃO PESSOA–PB

2013

B862o Brito, Isabelle de Lima.

Otimização de biscoito tipo cookie à base de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) utilizando planejamento experimental de mistura / Isabelle de Lima Brito.- João Pessoa, 2013.

64f. : il.

Orientador: Marciane Magnani

Co-orientador: Fábio Yamashita

ISABELLE DE LIMA BRITO

OTIMIZAÇÃO DE BISCOITO TIPO *COOKIE* A BASE DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) UTILIZANDO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA

Dissertação APROVADA em 13/ Fevereiro /2013.

BANCA EXAMINADORA

1. Prof. Dra. Marciane Magnani – PPGCTA/CT/UFPB
Coordenador da Banca Examinadora

2. Prof. Dr. Evandro Leite Souza– PPGCTA/CT/UFPB
Examinador Interno

3. Prof. Dra. Tatiane Santí Gadelha –DBM/ CCEN/UFPB
Examinador Externo

Dedico esta conquista

*Aos meus Pais, **Antonio e Sônia***

*As minhas filhas, **Ana Beatriz e Maria Letícia***

*Aos meus irmãos **Christian, Júnior, Lais e Livia** e a minha mãe do coração **Lúcia***

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelas inúmeras bênçãos concedidas;

Aos meus pais, meus ídolos e mestres, meu verdadeiro alicerce;

As minhas filhas, pela compreensão nas ausências, pela torcida em cada etapa e por ser o motivo maior da minha força, luta e esperança de um mundo melhor;

A Lúcia, minha mãe do coração, que Deus colocou sabiamente no meu caminho;

Aos meus irmãos, Christian, Júnior, Lais e Livia, que são parte de mim, com quem eu posso contar sempre e que me incentivaram e caminharam junto comigo a todo instante;

Ao meu esposo pela compreensão e apoio;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade;

A minha orientadora, Marciane Magnani, pela presteza, dedicação e participação efetiva no trabalho;

Ao meu co-orientador Fábio Yamashita pela disponibilidade, empenho e dedicação ao trabalho;

Ao professor Evandro Leite pelas considerações na qualificação, pelo auxílio e disponibilidade na confecção e submissão do artigo;

À Universidade Estadual de Londrina (UEL) pelo apoio no desenvolvimento do trabalho;

Ao professor Raul Hernan Castro Gomez pela disponibilidade e ajuda nas análises de fibras;

Aos meus amigos da Pós-Graduação que sempre fizeram a diferença nessa minha caminhada, em especial a Jacinete Lima, Lô Ruama Marques, Gerciane Silva, Luciana Brasil Lucivânia Oliveira;

A Suênia Félix pela execução nas análises instrumentais;

À Kassandra Gadelha pelo incentivo e ajuda na execução de várias etapas do trabalho;

A todos voluntários que participaram da análise sensorial;

A CAPES pela bolsa de estudo cedida;

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desse trabalho;

“ Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mais lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas graças
a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é um pseudocereal de origem andina, designado como alimento funcional. A adição de quinoa como ingrediente de produtos de panificação afeta positivamente as características reológicas das massas devido a propriedades tecnológicas de suas sementes como solubilidade, capacidade de retenção de água, de geleificação e de emulsificação. O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de formular um biscoito tipo *cookie* a base de quinoa isento de glúten, com valor nutricional agregado e boa aceitação sensorial. A partir de um planejamento experimental de misturas completo, foram desenvolvidas 14 formulações com diferentes proporções da mistura ternária, composta por farinha de quinoa (FQ), flocos de quinoa (FL) e amido de milho (CS), a qual correspondeu a 55,7% do total em cada formulação. A receita base (açúcar, sal, água, fermento, óleo e ovo desidratado) foi mantida constante em todos os ensaios. As formulações foram caracterizadas quanto aos parâmetros físicos de cor, dureza e volume específico (variáveis dependentes) e a partir das análises dos efeitos de cada ingrediente da mistura, foram geradas equações de modelos cúbicos completos que se ajustaram aos dados experimentais ($R^2 \geq 0,94$). O CS apresentou efeito positivo na luminosidade dos biscoitos, porém proporções aumentadas de FQ e FLQ resultaram em *cookies* mais escuros. FQ apresentou efeito negativo no volume específico dos biscoitos a medida que suas concentrações aumentaram na mistura, em relação FLQ e CS. No entanto, FQ e FLQ tiveram efeito sinérgico positivo na dureza dos *cookies*. Com base nos modelos gerados e no perfil de desejabilidade, foi desenhada uma formulação otimizada para os parâmetros analisados, composta por 30% de FQ, 25% de FLQ e 45% de CS. As análises da formulação otimizada caracterizaram o *cookie* de quinoa como um produto rico em fibra alimentar (11%), fonte de aminoácidos essenciais, ácido linolênico e minerais. O *cookie* a base de quinoa isento de glúten formulado foi bem aceito pelos provadores com aceitação (7,0) revelando seu potencial de consumo. Considerando as características nutricionais do biscoito de quinoa otimizado, com destaque na sua composição de ácidos graxos, teor de fibras, minerais e perfil aminoacídico, os resultados deste estudo indicam a quinoa como um importante ingrediente promissor para enriquecimento nutricional de produtos de panificação, em especial biscoitos do tipo *cookies*.

Palavras-chaves: produtos de panificação, quinoa, planejamento de misturas, otimização

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is a pseudocereal of Andean origin, designated as functional food. The addition of quinoa as a food ingredient in bakery products positively affects the rheological characteristics of the mass due to the technological properties of seeds such as solubility, water holding capacity, gelation and emulsification. The present study was aimed at formulating a *cookie* with gluten-free quinoa with added nutritional value and good acceptability. From an experimental design of full mixtures, 14 formulations were developed with different proportions of ternary mixture composed of quinoa flour (QF), quinoa flake (QFL) and corn starch (CS), which corresponded to 55.7% of the total amount in each formulation. The basic receipt (sugar, salt, water, yeast, oil and egg powder) was kept constant in all tests. The formulations were characterized as to the physical parameters of color, hardness and specific volume (dependent variables) and from the analyses of the effects of each ingredient of the mixture, complete cubic model equations that fit to the experimental data were generated ($R^2 \geq 0.94$). CS had a positive effect on the brightness of *cookies*; however, increased QF and QFL proportions resulted in darker *cookies*. QF showed negative effect on the specific volume of *cookies* as its concentration increased in the mixture, compared to QFL and CS. However, QF and QFL had a positive synergistic effect on the hardness of *cookies*. Based on the models generated and on the desirability profile, an optimized formulation was developed, composed of 30% QF, 25% QFL and 45% CS. The analyses of the optimized formulation characterized the quinoa-based *cookie* as a product rich in dietary fiber (11%) and source of essential amino acids, linolenic acid and minerals. The gluten-free quinoa-based *cookie* was well accepted by judges with acceptance (7.0), revealing its consumption potential. Considering the nutritional characteristics of quinoa biscuit optimized, with emphasis in composition of fatty acids, fiber, minerals and amino acid profile, the results of this study showed that quinoa is an important and promising ingredient for the nutritional enrichment of bakery products, especially *cookie*-type biscuits.

Keywords: bakery products, quinoa, mixture planning, optimization

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação esquemática do corte longitudinal do grão de quinoa onde E: endosperma, Pe: pericarpo, P: perisperma, R: radícula, F: funículo, C: cotilédones, T: testa (PREGO et al. 1998)

Artigo 1: Optimisation of a gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)-based cookie using an experimental mixture design

Figure 1. Contour curves relating the lightness (L^*) of the *cookies* produced from a ternary mixture of corn starch (CS), quinoa flour (QF) and quinoa flakes (QFL)

Figure 2. Contour curves relating the hardness (N) of the *cookies* produced from a ternary mixture of corn starch (CS), quinoa flour (QF) and quinoa flakes (QFL)

Figure 3. Contour curves relating the specific volume ($\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$) of the *cookies* produced from a ternary mixture of corn starch (CS), quinoa flour (QF) and quinoa flakes (QFL)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação base para o biscoito tipo *cookie* utilizando farinha e flocos de quinoa.

Tabela 2. Planejamento de mistura tipo simplex lattice para formulação de biscoito tipo *cookie*.

Artigo 1: Optimisation of a gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)-based *cookie* using an experimental mixture design

Table 1. Experimental design of a simplex-type lattice mixture for the formulation of *cookies* in actual proportions of the ingredients and pseudocomponents in the mixture and average values of the variables of colour, hardness and specific volume.

Table 2. Regression coefficients and mathematical equation models of response variables.

Table 3. Nutritional assessment of quinoa-based gluten-free *cookie* formulations.

Table 4. Fatty acid profile of quinoa-based gluten-free *cookies*.

Table 5. Amino acid profile of quinoa-based gluten-free *cookies*.

LISTA DE ABREVIATURAS

AACC - American Association of Cereal Chemists

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ANOVA – Análise de Variância

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

A_w – Atividade de água

CIE-Lab - Commission Internationale d'Éclairage

CLAE- Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

CS – Amido de Milho

DRI - Dietary Reference Intakes

FAO- “Food and Agricultural Organization” (Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas)

FLQ – Flocos de quinoa

FQ - Farinha de Quinoa

FDA – Food and Drug Administration

LDL-c - Low-Density-Lipoprotein cholesterol

OMS – Organização Mundial da Saúde

pH - potencial hidrogeniônico

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

UFC – Unidade Formadora de Colônia

WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 QUINOA.....	12
2.1.1 Grãos, flocos e farinha de quinoa	12
2.1.2 Importância e compostos bioativos	14
2.2 BISCOITOS: DESTAQUE PARA O TIPO <i>COOKIE</i>	17
2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 FORMULAÇÃO DO BISCOITO.....	21
3.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA	21
3.3 MATÉRIA PRIMA E PRODUÇÃO DOS BISCOITOS	23
3.4 VARIÁVEIS DEPENDENTES DO DELINEAMENTO INICIAL	23
3.4.1 Textura	23
3.4.2 Cor.....	23
3.4.3 Volume específico.....	24
3.5 PERFIL DE DESEJABILIDADE	24
3.6 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	24
3.6.1 Composição centesimal, pH, Aw e fibra alimentar	24
3.6.2 Valor Calórico	25
3.6.3 Análise de minerais.....	25
3.6.4 Perfil de aminoácido	25
3.6.5 Perfil de ácidos graxos.....	25
3.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	26
3.8 TESTE DE ACEITAÇÃO	26
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
5 RESULTADOS	36
5.1 ARTIGO 1	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
7 ANEXO	64

1 INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é um pseudocereal de origem andina, pertencente à família das Chenopodeaceas, de elevado valor nutricional. No Brasil, seu cultivo foi introduzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na última década, com o objetivo de adaptá-la ao novo clima.

Possuidora de notáveis propriedades nutricionais, a quinoa apresenta proteínas de elevado valor biológico de qualidade comparável a caseína do leite. É também classificada como um vegetal adequado à nutrição humana por ser considerada fonte de vitaminas, minerais, de interessantes proporção de ácidos graxos essenciais como linolêico e linolênico e também vitamina E, além de conter na sua composição compostos antioxidantes como polifenóis, fitoesteróis, flavonóides com possíveis benefícios nutracêuticos.

Embora a quinoa apresente em sua composição, fatores antinutricionais como saponinas, ácido fítico, taninos e inibidores de tripsina, presentes em maior concentração nas camadas externas do grão, estes são, geralmente removidos no processo de beneficiamento durante as lavagens com água fria ou na sua tostagem e abrasão. Desta forma, a farinha e os flocos de quinoa podem ser consumidos pela adição em alimentos, sendo também uma interessante alternativa para formulações de alimentos isentos de glúten, destinados a celíacos.

Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de agregar valor nutricional a produtos de panificação como pães, bolos e biscoitos pela adição de quinoa. Isto ocorre devido a possibilidade de utilização do amido presente na quinoa de forma semelhante ao amido presente nos cereais, podendo ser usada como substituinte parcial ou total de produtos amiláceos em diversas formulações. Entretanto, as formulações geralmente utilizam uma menor proporção de farinha de trigo com o intuito de melhorar ou manter as características estruturais das massas. Dentre os produtos de panificação, o biscoito tipo *cookie* destaca-se pelo paladar adocicado e aceitabilidade por indivíduos de todas as idades, além de apresentar ampla vida de prateleira, mostrando-se uma formulação promissora para adição de ingredientes que possam agregar valores nutricionais, como a quinoa.

Neste contexto, o presente estudo propôs avaliar o potencial do uso da quinoa no desenvolvimento de biscoito tipo *cookie*, sem adição de farinha de trigo, variando as concentrações de farinha de quinoa, flocos de quinoa e amido de milho em formulações propostas por um delineamento experimental de misturas. Dessa forma, o objetivo do trabalho

foi otimizar a formulação de biscoito tipo *cookie* isento de glúten a base de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) utilizando planejamento experimental de misturas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. QUINOA

2.1.1 Sementes, flocos e farinha de quinoa

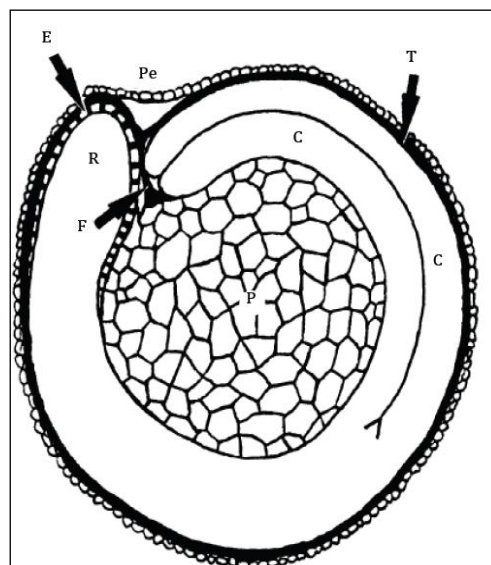
A quinoa é referida como um pseudocereal ou pseudogrão devido à possibilidade de utilização do amido de suas sementes de forma semelhante à cultura dos cereais. A semente é comercializada na forma integral, de farinhas, flocos ou *snacks* expandidos. Pode ser consumido cozido, adicionado a preparações, na formulação de café, cereais e álcool, enquanto a farinha e flocos são utilizados no preparo de biscoitos, pães e alimentos processados (BHARGAVA, 2005).

Cultivada tradicionalmente na região Andina há milhares de anos, a quinoa apresenta cultura bem adaptada a diversas condições climáticas desfavoráveis (JACOBSEN, 2011) como a baixo índices pluviométricos, baixa salinidade e qualidade do solo (RAZZAGHI et al., 2012). Sua composição em relação aos teores de minerais, vitaminas e polifenóis podem variar de acordo com o solo, adubação, irrigação, características ambientais, climáticas e a variedade estudada (HIROSE et al., 2010).

As sementes de quinoa são altamente nutritivas, devido à sua qualidade protéica, rica em aminoácidos essenciais e grande variedade de minerais e vitaminas. Possui propriedades tecnológicas importantes como solubilidade, capacidade de retenção de água, capacidade de geleificação, de emulsificação e formação de espuma, o que lhe permite uso diversificado (ABUGOCH et al., 2008).

O nome quinoa se refere tanto a planta quanto a semente. É um fruto tipo arquênio que apresenta a forma cilíndrica achatada (Figura 1) e tamanho variando de 2 a 2,5 mm de diâmetro e 1,2 a 1,6 mm de largura (SPEHAR, 2002). A estrutura de sua semente é dividida em pericarpo, episperma (testa), perisperma e embrião. O perisperma é o local de armazenamento do amido, sendo portanto, o tecido de reserva nutricional da semente. Sua cor é resultante da combinação da coloração do pericarpo e do episperma (BORGES et al., 2010).

Figura 1. Representação esquemática do corte longitudinal do grão de quinoa onde E: endosperma, Pe: pericarpo, P: perisperma, R: radícula, F: funículo, C: cotilédones, T: testa. **Fonte:** PREGO et al.,1998.



Apesar das sementes, flocos e farinha terem a mesma origem, cada um passa por processo de beneficiamento específico, tais como lavagem, moagem e peneiragem. A forma de preparo confere diferenças na composição físico-química e teores de fibras destes produtos (SPEHAR, 2006). As farinhas e os flocos devem ser fabricados a partir de matérias primas limpas, isentas de matéria terrosa e parasitos. Não podem estar úmidas, fermentadas ou rançosas e recebem o nome farinha ou flocos seguidos do nome do vegetal de origem (BORGES et al., 2010).

Os flocos de quinoa são obtidos através do amassamento do grão, sem submetê-lo a qualquer processo tecnológico complexo ou adição de formulações elaboradas, (DEGÁSPARI, 2010). Já a farinha pode ser obtida através da secagem da semente após a retirada de suas sujidades, com posterior secagem e moagem (LOPES et al., 2010).

Nutricionalmente, as farinhas de quinoa têm boa qualidade proteica são “isentas de glúten” (CASTRO et al., 2007). Conforme Almeida et al. (2008) podem ser adicionadas para fortificar produtos como os biscoitos, tornando sua proteína mais balanceada, desde que, essa adição seja em proporções possíveis em relação ao ponto de vista tecnológico.

Harra et al. (2011) relataram que a utilização da farinha de quinoa em substituição total (100%) e parcial (50%) da farinha de trigo em *cookies* pode melhorar a qualidade nutricional, além de influenciar positivamente a aceitação sensorial. Por sua vez, Castro et al. (2007) estudaram a aceitação de preparações destinadas a pacientes celíacos e desenvolveram biscoito de queijo, bolo de farinha de milho e tareco de fubá adicionados de flocos de quinoa

e não observaram diferença na aceitação em relação as formulações controle e as isentas de glúten enriquecidas com quinoa. Nesse contexto, Stikic et al. (2012) avaliaram a adição de semente da quinoa como ingrediente na formulação de pão de trigo em até 20% e constataram efeito positivo sobre as características reológicas da massa, além do aumento do teor de proteína do pão que foram avaliados com melhor índice de aceitação do que o controle.

Nas camadas externas das sementes de quinoa, são encontrados em maiores concentrações, compostos antinutricionais como saponinas, fitatos, taninos e inibidores de proteases, além de oxalato de cálcio (COMAI, 2007; GÓMEZ-CARAVACA et al., 2011). Estes compostos são removidos com alguns processos como limpeza e lavagem. Ruales; Nair (2003) constataram que através de processos térmicos o nível de saponinas nas sementes de quinoa pode cair de 31% a 0% do peso seco. Quanto ao teor de ácido fítico nas sementes (cerca de 1% da matéria seca), é reduzido em 30% após a lavagem e geralmente perdido após processamento das sementes de quinoa.

2.1.2 Importância e compostos bioativos

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é um pseudocereal e tem sido recentemente designada como alimento funcional devido ao seu importante equilíbrio aminoacídico, presença de polifenóis e notável teor de vitamina E; além disso, é considerada como fonte de cálcio, ferro, zinco e vitaminas (JAMES, 2009; REPOCARRASCO et al., 2003; SCHOENLECHNER et al., 2010; JACOBSEN et al., 2011).

A qualidade proteica da quinoa é superior a dos cereais devido ao seu elevado teor de lisina, metionina e treonina, sendo a digestibilidade dessas proteínas (83%) comparada a qualidade proteica e digestibilidade da caseína do leite (91%) (RUALES; NAIR, 1993; SCHOENLECHNER et al., 2010). Em relação aos grãos de cereais, a quinoa se destaca quanto ao teor total de proteína em base seca (16,3%) sendo maior do que o da cevada (11%), arroz (7,5%) e milho (13,4%), comparável ao trigo (15,4%) e menor apenas, quando comparadas às sementes de leguminosas (RUALES E NAIR, 1993; WRIGHT et al., 2002; ABUGOCH et al., 2008). Conforme Jancurová et al. (2009), albuminas e globulinas compõem a maior parte da proteína da semente da quinoa (44-47%).

Outra característica da quinoa que vêm aumentando o interesse pela sua utilização na alimentação humana é a sua composição lipídica variando de 5 a 7%, sendo constituída por ácidos graxos insaturados, como linoléico e α -linolênico, considerados benéficos à saúde humana (NG et al., 2007). Além da qualidade nutricional, os ácidos graxos da quinoa são

consideráveis estáveis quanto a oxidação lipídica, provavelmente devido aos elevados teores de vitamina E presente na semente, atuando como antioxidante natural e garantindo maior tempo de conservação (REPOCARRASCO et al., 2003; ALVAREZ-JUBETE et al., 2010; STICK et al., 2012).

Nesse contexto, pesquisas recentes indicam que a sociedade moderna mostra crescente preocupação com o impacto dos alimentos na saúde humana, provavelmente devido ao maior conhecimento da população e a busca por alimentos que propoçionem benefícios adicionais ao organismo, além da nutrição base. Desta forma, os consumidores tendem a preferir alimentos que trazem, de forma clara, algum benefício à saúde (BITZIOS et al., 2011; FALGUERA et al. 2012).

Annunziata e Vecchio (2011) relatam que o poder de percepção, por parte da população, em reconhecer alimentos intrinsecamente saudáveis, é determinante na hora da aquisição dos produtos. Estes alimentos são designados funcionais quando, além de fornecerem a nutrição básica, promovem saúde por meio de mecanismos não previstos pela nutrição convencional (SANDERS, 1998).

Portanto, avanços na tecnologia de alimentos e ingredientes de formulações, como a quinoa, estão associados a um melhor entendimento das propriedades de nutrientes específicos, o que tem impulsionado mundialmente as indústrias de alimentos funcionais (FALGUERA et al., 2012). Dessa forma, estudos vêm sendo realizados utilizando a quinoa com o objetivo de investigar os possíveis benefícios que o seu consumo pode trazer à saúde humana.

De acordo com Quideau et al. (2011) os polifenóis presentes na quinoa, podem apresentar-se como fator de proteção contra o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, tais como função endotelial, agregação plaquetária e estado de oxidação lipídica do plasma sanguíneo diminuindo a probabilidade de se desenvolver dislipidemias. Ainda, podem atuar na proteção contra o câncer reduzindo danos no DNA (JAMES, 2009).

Para Fardet et al. (2011), os fitoquímicos presentes na quinoa, quando consumidos, são capazes de prevenir o acúmulo de gordura no fígado, impedindo ou limitando a deposição dessa gordura, acelerando a sua remoção através da lipoxidação e/ou reduzindo a síntese de ácidos graxos e de triglicerídeos. Kumpun et al.(2011) avaliaram a presença de ecdisteróides, fitoquímicos naturais existente na quinoa e sua estabilidade térmica. Sua função na planta é de proteção contra insetos herbívoros e se mantém mesmo depois da cocção da semente, o que mostra uma estabilidade durante o processamento de alimentos. Nos humanos, os ecdisteróides quando consumidos, apresentam propriedades medicinais como redução da

glicemia de pacientes diabéticos, redução dos níveis séricos de colesterol e possivelmente prevenção da osteoporose (GAO et al., 2008; SEIDLOVA-WUTTKE et al., 2010).

Segundo Cordeiro et al. (2012) a quinoa apresenta ainda na sua composição, um polissacarídeos com atividade gastroprotetora nas mucosas gástricas de ratos lesionadas através do uso de etanol.

Outro composto relevante da quinoa é o seu teor de fibras. Conforme a American Association of Cereal Chemists (AACC) (2001) “Fibra alimentar é a parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado com fermentação completa ou parcial no intestino grosso e inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas. Esta fibra promove efeitos fisiológicos benéficos incluindo laxativo e/ou atenuação da hipercolesterolemia e /ou atenuação da hiperglicemia.”

A quinoa apresenta cerca de 7% a 9,7% da sua massa seca composta por fibras totais (JAMES, 2009), tornando-se um alimento com boa fonte de fibras, já que a Organização Mundial da Saúde / OMS recomenda uma ingestão diária de 25 a 30g. Nesse contexto, Gewehr (2010) realizou estudo com objetivo de avaliar a quantidade de fibras alimentares totais e suas frações, existentes na semente, na farinha e nos flocos de quinoa (Quadro 1). Os flocos de quinoa apresentaram uma maior distribuição entre as frações de fibras solúveis e insolúveis, enquanto na farinha predominou a concentração de fibras insolúveis.

ComposiçãoFibras Quinoa (% peso seco)	Flocos de Quinoa¹	Grão de Quinoa²	Farinha de Quinoa³
Fibras totais	9,82	1,1 – 10,7	9,65
Fibra Solúvel	5,45	ND	1,3
Fibra Insolúvel	4,37	ND	8,35

Quadro 1 - Comparação entre a composição de fibras entre os flocos, a farinha e o grão de quinoa.

Fonte: Gewehr (2010); Leon e Rossel (2007); Ranhota *et al* (1993).

ND: Não determinado

Para Repo-Carrasco et al. (2003) a fibra alimentar, existente na quinoa, auxilia na proteção contra o desenvolvimento de doenças crônicas, provavelmente devido a interação dos bioativos com a microbiota intestinal humana, por exemplo. Esta interação contribui para o aumento do número das bifidobactérias e dos lactobacilos, que desempenham um papel

importante na saúde, interferindo benéficamente no funcionamento do intestino e na absorção dos nutrientes pelo indivíduo (WU et al., 2011, TUOHY et al., 2012).

Dessa forma, relatos envolvendo a elaboração e consumo de alimentos formulados a partir de sementes de quinoa e seus subprodutos com propriedades funcionais, têm demonstrado resultados promissores. Schumacher et al. (2010) elaboraram chocolates meio amargos enriquecido com diferentes concentrações de quinoa. Observaram aumento de vitamina E em 9% e do teor de proteínas totais em 36,8%, quando comparado ao chocolate padrão e obtiveram um índice de aceitabilidade acima de 70%, com aprovação de 92% dos provadores.

Farinazzi-Machado et al. (2010) inseriram durante trinta dias, quinoa em forma de barras de cereais, na alimentação de estudantes de 18 a 45 anos, e verificaram redução significativa nos valores de colesterol total, triglicerídeos e LDL-c do grupo experimental.

Joye et al. (2011) elaboraram cereais matinais enriquecidos com farinha de quinoa e correlacionaram o consumo diário de 30 gramas do produto com efeito hipotensor em humano, devido a presença de um neurotransmissor relacionado com a diminuição da tensão arterial em pacientes hipertensos.

Já Meneguetti et al. (2011) suplementaram a dieta de ratos, com extrato hidrolisado da quinoa por 30 dias e verificaram diminuição no ganho de peso, da deposição da gordura abdominal, e dos níveis de triacilgliceróis nos ratos sedentários e exercitados.

2.2. BISCOITOS: DESTAQUE PARA O TIPO *COOKIE*

De acordo com a ANVISA (1978), biscoito ou bolacha consiste num “produto obtido pelo amassamento e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, amidos, féculas fermentadas, ou não, e outras substâncias alimentícias. O produto é designado de acordo com o componente que o caracteriza ou por nomes consagrados no mercado”. Para Bassinello et al. (2011) biscoitos são produtos de panificação com grande interesse comercial, desde as suas características de produção, comercialização e consumo. Tem grande aceitação e vida útil relativamente longa. Estes produtos têm sido enriquecidos para acrescentar às formulações nutrientes como fibras e proteínas.

Apesar do biscoito não ser compreendido como alimento básico como o pão, é um produto muito aceito por indivíduos de todas as idades e distribuído em grande escala devido a sua longa vida de prateleira. Contemplam de vários atrativos, os quais vão desde suas características organolépticas, durabilidade e propriedades nutricionais agregadas. Por isso, há

uma tendência ao enriquecimento de formulações de *cookies* com fibra ou proteína, devido ao forte apelo nutricional, além de ser considerado como um alimento amplamente consumido no mundo (GUTKOSKI et al., 2003).

Nos últimos anos, diversos estudos têm sido desenvolvidos com intuito de formular novos produtos que atendam às necessidades e tragam um diferencial aos consumidores com alimentos que possuam valor nutricional agregado (ANNUNZIATA; VECCHIO, 2011). Dessa forma, os biscoitos tipo *cookie* têm sido desenvolvidos e classificados com bons índices de aceitação contendo os mais variados ingredientes na sua composição em substituição total ou parcial à farinha de trigo, tais como amaranto (CAPRILES, 2006), abóbora Kabutiá (FERREIRA et al., 2007), café na forma de: bebida tipo expresso, café solúvel e café torrado/moído (RODRIGUES, 2007), farinhas de sabugo de milho e casca de banana (RIBEIRO et al., 2010), de feijão, lentilha e ervilhas de diferentes variedades (ZUCCO et al., 2011), de arroz e farinha de trigo mourisco (TORBICA et al., 2012).

Nesse contexto, Bassinello et al. (2011) utilizaram farinha extrusada de subprodutos indústrias de arroz e feijão preto na formulação de *cookies* observando a viabilidade de se obter produtos enriquecidos e aceitáveis utilizando co-produtos gerados pelas indústrias de processamento. Já Gupta et al., (2011) enriqueceram *cookies* com a adição de cevada em diferentes proporções em substituição parcial à farinha de trigo obtendo produtos com elevados teores de minerais, fibras e antioxidantes. Agama-Acevedo et al. (2012) avaliaram a digestibilidade *in vitro* de *cookies* enriquecido com banana verde, os quais representavam menores teores de proteínas, maiores quantidades de fibra alimentar além de conter amido de baixo índice glicêmico, dessa forma, importante no tratamento de diabetes e obesidade, por exemplo.

2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DE MISTURA

O delineamento de misturas pode ser entendido como um caso especial da metodologia do cálculo de superfícies de resposta, a qual utiliza ferramentas estatísticas e matemáticas para modelar, simular e otimizar uma determinada propriedade de uma mistura em função de seus componentes (MYERS et al., 2002). A modelagem de uma dada propriedade usando essa metodologia de otimização é muito comum em diversas áreas (CORREIA et al. 2004) e tem permitido, em todos os casos relatados, obter uma maior confiança nos resultados e eficiência em termos de racionalização de custo.

A consideração básica é que a propriedade considerada depende exclusivamente das frações dos componentes na mistura (x_i , que variam entre 0 e 1 e cuja soma é igual à unidade), e não da quantidade da mistura (a propriedade é intensiva). Ou seja, o valor da propriedade (ou sua resposta) é função das proporções desses componentes e é inteiramente determinado por elas. A função resposta (superfície) pode geralmente ser expressa, na forma canônica, como um polinômio de primeiro, segundo ou terceiro grau (CORNELL, 2002), e é calculada por regressão a partir de valores da propriedade, obtidos experimentalmente, para misturas selecionadas.

A partir de um planejamento de misturas, a resposta ou propriedade muda somente quando são feitas alterações nas proporções dos componentes que fazem parte dessa mistura, ou seja, não é possível variar um ingrediente ou componente enquanto se mantém todos os demais constantes. Portanto a finalidade principal de se utilizar essa metodologia é verificar como as respostas ou propriedades de interesse são afetadas pela variação das proporções dos componentes de mistura. Nesse caso, as proporções dos componentes (X_i – equação 1) não são independentes, pois a soma de todas elas sempre tem que totalizar 100% (BARROS NETO, 1996).

O estudo de planejamento de misturas tem encontrado larga aplicação na ciência, na tecnologia e particularmente na indústria, como uma tecnologia de qualidade para atingir a excelência de um produto, otimizando produtos e processos, em termos de racionalização de custos e aceleração do ciclo de desenvolvimento, inclusive na indústria de alimentos (BARROS NETO et al., 1996; SCHABBACH et al., 2003).

$$X_i > 0, X_1 + X_2 + X_3 + + X_q = 1,0 \quad \text{(Equação. 1)}$$

Diversas pesquisas em alimentos têm sido desenvolvidas utilizando ferramentas estatísticas para produção, desenvolvimento e otimização de formulações para produtos alimentícios. Sciarin et al. (2010) avaliaram o efeito de diferentes farinhas sem glúten e suas misturas nas propriedades físicas da massa de pão. Os autores relataram que os pães contendo proporções da mistura de farinhas de arroz, milho e soja apresentaram atributos de qualidade para o volume, aparência, textura, e durabilidade dos pães, mesmo com a ausência do glúten. Já Mastromatteo et al. (2011) otimizaram formulação de espaguete sem glúten a partir de um planejamento experimental de mistura composto por quinoa, soja e milho e observaram maior influência do milho pré-gelatinizado nas características reológicas da massa dentre os

componentes da mistura. Souza, Menezes (2008) utilizaram planejamento de mistura para formular misturas com castanha do Brasil e farinha de mandioca e processa-las por extrusão, visando a obtenção de produtos ricos em proteína vegetal, prontos para o consumo e de boa aceitação.

Ainda nesse contexto, Maretti et al. (2010) desenvolveram formulações de biscoitos otimizando a mistura ternária composta por farelo de aveia, farinha desengordurada de soja e maltodextrina em substituição parcial à farinha de trigo, concluíram que é possível desenvolver formulações de biscoitos com bom índice de aceitação utilizando até 70,7% de substituição da farinha de trigo pela mistura ternária estudada, em diferentes proporções. Do mesmo modo que Monaco et al. (2010) otimizaram chips produzidos a base de castanha e os efeitos da mistura de lípidos, xarope de glucose e albumina com o objetivo de avaliar o produto através do teste de aceitação que apresentou-se próxima do ideal quanto ao aspecto de cor, doçura e crocância. Battaiotto et al (2012) utilizaram a metodologia de superfície de resposta como ferramenta para otimizar uma formulação de biscoito recheado obtendo um produto com características aceitáveis para as respostas investigadas de atividade de água e vários parâmetros de textura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. FORMULAÇÃO DO BISCOITO

O experimento foi executado utilizando a formulação base apresentada na Tabela 1 desenvolvida por Pessanha (2009) com adaptações. A formulação base do biscoito composta por farinha de quinoa (FQ), flocos de quinoa (FLQ) e amido de milho (CS) tiveram suas proporções variadas em cada ensaio, de acordo com o planejamento experimental sempre perfazendo total de 100%, enquanto os demais componentes da fórmula foram mantidos constantes.

Tabela 1. Formulação base para o biscoito tipo *cookie* utilizando farinha e flocos de quinoa.

Ingrediente	Quantidade (g)	Quantidade (%)
Flocos de quinoa (FL)*	62	55,7
Farinha de quinoa (FQ)*	70	
Amido de milho (CS)*	120	
Fermento químico (bicarbonato de sódio)	2,5	44,3
Ovo integral em pó	12	
Óleo de milho	60	
Sal	4	
Água	60	
Açúcar	62	

*Componentes da mistura ternária, onde $x_1+x_2+x_3=1$.

3.2 PLANEJAMENTO DE MISTURA

No planejamento experimental da mistura foi empregado um delineamento fatorial completo Simplex Lattice com pontos internos e centróide global composto por três variáveis independentes, totalizando 14 experimentos (BARROS NETO et al.,1996). O modelo cúbico completo foi calculado de acordo com a fórmula descrita na Equação 1 para a mistura ternária sem restrições para os níveis mínimos e máximos. A ordem de execução dos ensaios foi

estabelecida por sorteio, sendo as variáveis dependentes analisadas em cada ensaio: dureza, cor e volume específico.

$$y = b_1*x_1 + b_2*x_2 + b_3*x_3 + b_{12}*x_1*x_2 + b_{13}*x_1*x_3 + b_{23}*x_2*x_3 + d_{12}*x_1*x_2*(x_1 - x_2) + d_{13}*x_1*x_3*(x_1 - x_3) + d_{23}*x_2*x_3*(x_2 - x_3) + b_{123}*x_1*x_2*x_3 \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

y = variável dependente ou resposta; b = coeficientes da equação; x = variáveis independentes

Tabela 2. Planejamento de mistura tipo simplex lattice para formulação de biscoito tipo *cookie*.

Formulação	Farinha de Quinoa (%)	Flocos de Quinoa (%)	Amido de Milho (%)	Total (%)
1	100	0	0	
2	0	100	0	
3	0	0	100	
4	33	67	0	
5	33	0	67	
6	0	33	67	
7	67	33	0	100
8	67	0	33	
9	0	67	33	
10	33,3	33,3	33,4	
11	67	16,5	16,5	
12	16,5	67	16,5	
13	16,5	16,5	67	
14	33,3	33,3	33,4	

3.3 MATÉRIA PRIMA E PRODUÇÃO DOS BISCOITOS

A farinha e flocos de quinoa (FQ) foram adquiridas da empresa Quinoa Real (São Paulo -Brasil). Os ovos desidratados em pó foram cedidos pela empresa S.Traiano Aromas & Ingredientes (Recife – Brasil). Os demais ingredientes foram adquiridos em comércio local.

Os ingredientes foram pesados separadamente, iniciando pela pesagem dos ingredientes sólidos e posteriormente dos líquidos. Após a pesagem, os ingredientes foram todos misturados até obter uma massa homogênea que foi fracionada em porções de 15 g e os *cookies*, moldados com diâmetro de 6 cm, distribuídos em forma untada e assados a 180°C por 30 minutos. Após resfriamento a temperatura ambiente, os biscoitos foram submetidos as análises de cor, textura e volume específico.

3.4 VARIÁVEIS DEPENDENTES DO DELINEAMENTO INICIAL

3.4.1 Textura

A determinação de dureza dos biscoitos foi realizada em texturômetro TA-XT2 plus (Inglaterra) e os dados obtidos analisados pelo software Stable Micro System S® TE 32L versão 4.0. Cada amostra foi disposta horizontalmente numa plataforma e cortada ao meio com “probe” em forma de lâmina (HDP/3PB), com velocidade pré-teste de 1 mm/s de teste 3 mm/s e pós-teste de 10 mm/s, força do *trigger* de 50 g e 5,0 mm de distância, registrando-se a força de ruptura ou de quebra (dureza). Foram realizadas cinco repetições leituras para cada formulação.

3.4.2 Cor

Os parâmetros de cor foram determinados utilizando um colorímetro digital Minolta CR-300 (Osaka,Japão). Foram determinados os parâmetros L* (Luminosidade), a* (intensidade de vermelho / verde) e b* (intensidade de amarelo / azul) do sistema CIE-Lab (Comission Internacionale d’le Ecleraige, 1986), utilizando iluminante D65, ângulo de visão 8°, ângulo padrão do observador 10°, especular incluída. As análises foram realizadas em triplicata.

3.4.3 Volume específico

O volume da amostra foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço em proveta graduada de 1000 mL e a massa foi determinada em balança analítica. O volume específico foi expresso em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ (Gutkosky et al. 2007), sendo sua determinação em cada ensaio realizada em triplicata.

Para obtenção do planejamento experimental de mistura, análise dos dados e construção dos modelos e dos gráficos, utilizou-se o módulo “Mixture designs and triangular surfaces” do programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2004). Os modelos matemáticos ajustados a cada resposta foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar a significância do modelo de regressão em nível de 5% (teste F) e o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado). Para estudo da significância dos efeitos individuais na variável resposta, as variáveis dependentes foram ajustadas em nível de 5% ($p \leq 0,05$).

3.5 PERFIL DE DESEJABILIDADE

A maximização, a minimização, o desenho das equações e o perfil de desejabilidade foram gerados no programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2004). O perfil de desejabilidade é a função de otimização do programa que permite obter os valores ótimos dos parâmetros investigados. Visando possibilitar uma comparação com os *cookies* de quinoa, biscoitos de marca comercial, isentos de glúten foram analisados quantos a dureza, cor e volume específico gerando um modelo ideal para estes parâmetros.

Já o processo de otimização dos ingredientes da mistura ternária a partir das 14 formulações foi desenhado pelo perfil de desejabilidade para a produção de um biscoito com características que apresentassem suas respostas dentro da região ótima encontrada pelo biscoito comercial. Os resultados nas análises das 14 formulações contrastados com os resultados encontrados em *cookies* de marca comercial, gerou a formulação otimizada.

3.6 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.6.1 Composição centesimal, pH, A_w e fibra alimentar

A determinação da composição centesimal e A_w foram realizadas conforme as metodologias da AOAC (2005) para umidade (925.09), gordura (2000.18), proteínas (939.02),

cinzas (930.30) e Aw (978.18) e fibra alimentar (985.29). Os carboidratos totais foram quantificados pelo método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al. 1956) com 6% de fenol e leitura a 490 nm utilizando glicose como padrão. Os valores de pH foram mensurados utilizando higrômetro (Decagon Devices, modelo AQUALAB CX-2, Washington, EUA).

3.6.2 Valor Calórico

O valor energético foi calculado utilizando a fórmula Atwater (FAO / WHO / UNO 1985) através dos fatores de conversão de 4 kcal.g⁻¹ para carboidratos e proteínas e de 9 kcal.g⁻¹ para lipídios, sendo o resultado expresso em kcal.g⁻¹.

3.6.3 Análises de minerais

A determinação de minerais foi realizada através do método de fotometria de chama para K, enquanto P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados pela técnica da espectrofotometria de absorção atômica em aparelho espectrofômetro Varian, modelo Spectr AA-200 VARIAN- (AOAC, 2005) na Universidade Federal de Viçosa.

3.6.4 Perfil de Aminoácidos

A análise do perfil de aminoácidos seguiu a metodologia descrita por White (1986), que constitui uma hidrólise ácida de ácido clorídico com fenol a 1%, seguida de derivatização com o reagente Fenilisotiocianato (PITC). Os aminoácidos foram separados, identificados e quantificados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – CLAE (VARIAN, Water 2690, Califórnia, USA) e a detecção foi realizada em comprimento de onda de 254nm, à temperatura de 35°C e fluxo de 1mL/min.

3.6.5 Perfil de Ácidos Graxos

A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foram realizadas utilizando-se um cromatografo gasoso (VARIAN 430-GC, California, EUA), acoplado com coluna capilar de sílica fundida (CP WAX 52 CB, VARIAN, Califórnia, EUA). Foi utilizado o hélio como gás de arraste (vazão de 1mL/min). A temperatura inicial do forno foi de 100°C,

com programação para atingir 240°C, aumentando 2,5°C por minuto, permanecendo por 20 minutos, totalizando 76 minutos de corrida. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19-Kit (*Fatty Acid Methyl Esters C6-C22*). Os resultados dos ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e expressos em percentual de área.

As análises para a composição centesimal, pH, atividade de água foram realizadas em triplicata para obtenção da média dos resultados.

3.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Para avaliação microbiológica dos biscoitos foram realizados os controles microbiológicos preconizados pela legislação para biscoito segundo RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) que aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos de biscoitos para contagens de coliformes totais e termotolerantes, bactérias aeróbias mesófilas, *Staphylococcus* coagulase-positiva, e verificação da presença de *Salmonella* spp. segundo metodologia preconizada pela *American Public Health Association* (APHA, 2001).

Para a contagem de bolores e leveduras utilizou-se a técnica *spread plate*, onde 0,1 mL de cada diluição foram espalhadas com auxílio de alça de Drigalsky na superfície de placas de Petri contendo Agar Sabouraud, seguido de incubação a 25 °C por 3-5 dias segundo. Após a incubação, efetuou-se a contagem das colônias, sendo os resultados expressos em UFC/g.

3.8 TESTE DE ACEITAÇÃO

O Teste de aceitação global foi conduzido com 80 voluntários não treinados, que previamente foram submetidos a um questionário com dados pessoais. Posteriormente, foram servidos os biscoito codificados (o de quinoa e um biscoito similar, sem glúten, de marca comercial) e avaliados quanto a aceitação global e intenção de compra. Foi orientado a ingestão de água entre a degustação de cada biscoito com o intuito de retirar o sabor residual e a não interferência na avaliação do biscoito seguinte. Os julgadores eram estudantes, funcionários e professores da Faculdade Maurício de Nassau (João Pessoa), sendo 34,7% do gênero masculino e 65,3% do sexo feminino, no qual 83% estavam compreendidos na faixa

etária de 18 a 40 anos enquanto 17% apresentavam-se acima de 40 anos. Esse teste foi conduzido no laboratório da mesma instituição, na qual os participantes pertenciam.

Os atributos foram avaliados utilizando uma escala hedônica de 9 pontos para a aceitação global, que contém os termos definidos entre “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo” contendo ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei” de (STONE; SIDEL, 1985). Para a intenção de compra, os participantes responderam uma escala de 5 pontos que expressa a vontade em consumir, adquirir ou comprar, um produto que lhe é oferecido onde os termos eram definidos entre “provavelmente compraria” a “provavelmente não compraria” e, no ponto intermediário “talvez compraria”. Os resultados foram obtidos através da média dos valores.

Os testes de aceitação foram realizados após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba, com a referência 0168/11.

4. REFERÊNCIAS

ABUGOCH, L. et al. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) protein isolates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 12, p. 4745; 4750, 2008.

AGAMA-ACEVEDO, E. et al. Starch digestibility and glycemic index of *cookies* partially substituted with unripe banana flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 46, p. 177-182, 2012.

ALMEIDA, P. L. et al. Prevalence of celiac disease among first degree relatives of Brazilian celiac patients. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 1, p. 69-72, 2008.

ALVAREZ-JUBETE, L. et al. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, v. 119, p. 770–778, 2010.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. The definition of dietary fiber. A report. **Cereal Foods World**, v. 3, p. 112-129, 2001.

ANNUNZIATA, A.; VECCHIO, R. Functional foods development in the European market: a consumer perspective. **Journal of Functional Foods**, p. 223-228, 2011.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist** (15th ed.). Washington. DC USA, 1990.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist** (18th ed.). Washington. DC USA, 2005.

APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. (4th ed.) Washington DC. American public health association, 2001.

ASSOCIATION of Official Analytical Chemists - AOAC. **Official methods of analysis**. Washington: AOAC, 2000.

BATTAIOTTO, L. L.; LUPANO, C. E.; BEVILACQUA, A. E. Optimization of Basic Ingredient Combination for Sandwich *Cookie* Filling Using Response Surface Methodology. **Food Bioprocess Technology**. DOI 10.1007/s11947-012-0853-2, 2012.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* - an Indian perspective. Division of Genetics and Plant Breeding. **National Botanical Research Institute**. Índia: Lucknow, 2005.

BARROS NETO. B.; SCARMINIO, I. E.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Unicamp, v. 2, 1996.

_____. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Unicamp. p.390-392, 2007.

BASSINELLO, P. Z. et al. Characterization of *cookies* formulated with rice and black bean extruded flours. **Procedia food science**, v. 1, p. 1645 - 1652, 2011.

BITZIOS, M.; FRASER, I.; HADDOCK-FRASER, J. Functional ingredients and food choice: results from a dual-mode study employing means-end-chain analysis and a choice experiment. **Food Policy**, v. 36, p. 715-725, 2011.

BORGES, J. T. et al. Características físico-químicas, nutricionais e (Chenopodium quinoa Willd.) **Temas Agrários**, v. 15, p. 9 – 23, 2010.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – CNNPA**. n. 12, de 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 17 de out. 2012.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – CNNPA**. n. 12, de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_biscoitos.htm>. Acesso em: 23 de abr. 2011.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – CNNPA** Resolução n 360, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <<http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059>> Acesso em: 30 de mai. 2011.

BRUNS, D. M. Tobacco-related diseases. **Seminars in Oncology Nursing**. 19, 2003.

CALDERELLI, A. V. S. et al. Quinoa and Flaxseed : Potential Ingredients Production of Bread with Functional Quality in the. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 53, p. 981-986, 2010.

CAPRILES, V. D. et al. Efeito da adição de amaranto na composição e na aceitabilidade do biscoito tipo *cookie* e do pão de forma. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, p. 269-274, 2006.

CARVALHO JÚNIOR, D. **Tecnologia de biscoitos, qualidade de farinhas e função dos ingredientes**. São Paulo: Granotec do Brasil. Núcleo de Desenvolvimento e Tecnologia, 2001.

CASTRO, L. I. A. et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): digestibilidade *in vitro*, desenvolvimento e análise sensorial de preparações destinadas a pacientes celíacos. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, p. 413-419, 2007.

COMAI, S. et al. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal lours. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1350-1355, 2007.

COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ECLAIRAGE (CIE): "Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms". Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15, **Colorimetry**, Bureau Central de la CIE, Paris, 1978.

CORDEIRO, L. M. C. et al. Arabinan and arabinan-rich pectic polysaccharides from quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: structure and gastroprotective activity. **Food Chemistry**, v. 130, p. 937-944, 2012.

CORNELL, J. A. **Experiments with mixtures**: designs, models and the analysis of mixture data. 3. ed. New York: John Wiley and Sons, 2002.

CORREIA, S. L. et al. Using statistical techniques to model the flexural strength of dried triaxial ceramic bodies. **Journal of the European Ceramic Society**, 2004.

DANELLI, D. et al. Avaliação biológica da funcionalidade de pão de fôrma com adição de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Brazilian Journal Food Technology**, Rio Grande do Sul, 2010.

DEGÁSPARI, C. H.; MORGAN, M. Desenvolvimento de aplicações tecnológicas para grãos de Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd). Desenvolvimento de aplicações tecnológicas para grãos. **Tuiuti: ciência e cultura**, v. 43, p. 61-72, Curitiba, 2010.

DESHPANDE, R. P. ã.; CHINNAN, M. S.; MCWATTERS, K. H. Optimization of a chocolate-flavored , peanut – soy beverage using response surface methodology (RSM) as applied to consumer acceptability data. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 1485-1492, 2008.

DUBOIS, K. A. M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo da quinoa**. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/noticia_completa/203/> acesso em janeiro 2013.

FALGUERA, V.; ALIGUER, N.; FALGUERA, M. An integrated approach to current trends in food consumption: moving toward functional and organic products? **Food Control**, v. 26, p. 274-281, 2012.

FAO/WHO. 1985. Energy and protein requirements: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. **WHO Technical Report** , Series 724. Geneva.

FARDET, A.; CHARDIGNY, J. Journal of Food Composition and Analysis Lipotropic capacity of raw plant-based foods : a new index that reflects their lipotrope density profile. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 895-915, 2011.

FARINAZZI-MACHADO, F. M. V. et al. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, p. 239–244, 2012.

FASOLIN, L. H. et al. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 3, 2007.

FAVA, F.; DANESE, S. Intestinal microbiota in inflammatory bowel disease: friend of foe? **World Journal Gastroenterology**, v. 17, p. 557-566, 2011.

FERREIRA, J. F. et al. **Biscoito de abóbora kabutiá com casca e bolo de banana caturra com casca**: elaboração e análise sensorial. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007.

GAO, L.; CAI, G.; SHI, X. β -Ecdysterone induces osteogenic differentiation in mouse mesenchymal stem cells and relieves osteoporosis. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 31, p. 2245-2249, 2008.

GEWEHR, M. F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa**. 2010. N. de folhas (ex. 120f.). Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GORINSTEIN, S. et al. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 629-637, 2008.

GÓMEZ-CARAVACA, A. M. et al. Simultaneous Determination of Phenolic Compounds and Saponins in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) by a Liquid Chromatography-Diode Array Detection-Electrospray Ionization-Time-of-Flight Mass Spectrometry Methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. 10815-10825, 2011.

GUPTA, M.; SINGH, A.; ABU-GHANNAM, N. Food and Bioproducts Processing Effect of barley flour and freeze – thaw cycles on textural. **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, p. 520–527, 2011.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M. L.; JACOBSEN NETO, R. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p. 91–97, 2003.

GUTKOSKI, L. C.; PAGNUSSATT, F. A.; SPIER, F.; PEDÓ, I. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros Effect of damaged starch in the production of sugar-snap cookie type. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 119–124, 2007.

HARRA, N. M. et al. Quinoa Flour Is an Acceptable Replacement for All Purpose Flour in a Peanut Butter Cookie. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 111, p. A 45, 2011.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-476, 1973.

HIROSE, Y. et al. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1300-1306, 2010.

JACOBSEN, S.-E. The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 197, p. 390-399, 2011.

JAMES, L. E. A. Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, p. 1-31, 2009.

JANCUROVÁ, M.; MINAROVICOVÁ, L.; DANDÁR, A. Quinoa: *a review*. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 2, p. 71-79, 2009.

JOYE, I. J. et al. In situ production of γ -aminobutyric acid in breakfast cereals. **Food Chemistry**, v. 129, p. 395-401, 2011.

KARAMAN, S.; YILMAZ, M. T.; KAYACIER, A. Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: an optimization study based on the sensory properties. **Food Hydrocolloids**, v. 5, p. 1319-1326, 2011.

KOZIOL, M. J. Chemical composition and nutritional value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of food composition and analysis**, v. 5, p. 35-68, 1992.

KUMPUN, S. et al. Ecdysteroids from *Chenopodium quinoa* Willd, an ancient Andean crop of high nutritional value. **Food Chemistry**, v. 125, p. 1226-1234, 2011.

LOPES, C. O.; DESSIMONI, G. V.; SILVA, M. C.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. D. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*CHENOPODIUM QUINOA*)*. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, p. 669-675, 2009.

LORENZ, K.; COULTER, L.; JOHNSON, D. Functional and sensory characteristics of quinoa in foods. **Food Flavors: generation, analysis and process influence**, p. 1031-1041, 1995.

LORENZ, K. et al. Functional and sensory characteristics of quinoa in foods. **Department of Food Science and Human Nutrition**. Colorado: State University Fort Collins, 2007.

MARAFON, A. P. et al. Optimization of the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with milk proteins. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 511-519, 2011.

MARETI, M. C., GROSSMANN, M. V. E.; BENASSI, M. T. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 4, n. 30, p. 878-883, 2010.

MASTROMATTEO, M. et al. Formulation optimisation of gluten-free functional spaghetti based on quinoa, maize and soy flours. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 6, p. 1201-1208, 2011.

MENEGUETTI, Q. A. et al. Biological Effects of Hydrolyzed Quinoa Extract from Seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. 1. **Journal of Medicinal Food**, v. 14, p. 653-657, 2011.

MONACO, R. DI. et al. New chestnut-based chips optimization: effects of ingredients. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 126-132, 2010.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. New York: John Wiley and Sons, 2002.

NG, S. et al. Food Chemistry Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Food Chemistry**, v. 101, p. 185-192, 2007.

NSIMBA, R. Y.; KIKUZAKI, H.; KONISHI, Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus*. **Food Chemistry**, v. 106, p. 760-766, 2008.

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**, v.82, p.481-488, 1998.

QUIDEAU, S. et al. **Plant polyphenols**: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 50, p. 586-621, 2011.

RAZZAGHI, F. et al. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. **Agricultural Water Management**, v. 109, p. 20-29, 2012.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. et al. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). **Food Chemistry**, v. 120, p. 128-133, 2010.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S.-E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Research International**, v. 19, p. 179–189, 2003.

RIBEIRO, R. D.; FINZER, J. R. D. Desenvolvimento de biscoito tipo *cookie* com aproveitamento de Farinha de sabugo de milho e casca de banana. **Revista Uberaba**, p. 120-124, 2010.

RODRIGUES, M. A. A.; LOPES, G. S.; FRANÇA, A. S.; MOTTA, S. Desenvolvimento de formulações de biscoitos tipo *cookie* contendo café. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 162-169, 2007.

RUALES, J; NAIR, B. M. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa seeds. **Lund**, 2003.

RUALES, J. E.; NAIR, B. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Food Chemistry**, v. 48, p. 131-136, 1993.

SANDERS, M. E. Overview of functional foods: emphasis on Probiotic Bacteria. **International Dairy Journal**, v. 8, p. 341-347, 1998.

SCHABBACH, L. M. et al. Seven-component lead-free frit formulation. **American Ceramic Society Bulletin**, p. 47-50, 2003.

SCHOENLECHNER, R. et al. Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple foods. **Journal of Cereal Science**, v. 52, p. 475-479, 2010.

SCHUMACHER, A. B.; BRANDELLI, A.; MACEDO, F. C. et al. Chemical and sensory evaluation of dark chocolate with addition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 202-206, 2010.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Influence of Gluten-free Flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality. **Food Bioprocess Technology**, v. 3, 577–585, 2010.

SEIDLOVA-WUTTKE, D.; EHRHARDT, C.; WUTTKE, W. Metabolic effects of 20-OHecdysone in ovariectomized rats. **Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology**, v. 119, p. 121–126, 2010.

SILVA, L. M. R. et al. Processamento de bolo com farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): estudo de aceitabilidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, p. 125-132, 2010 .

SILVA, F. D. et al. Elaboração de uma barra de cereal de quinoa e suas propriedades sensoriais e nutricionais. **Alimentos e nutrição - Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 22, p. 63-69, 2011.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. L. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 28, p. 49-55, 1977.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 451-462, 2008.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. **Quinoa BRS Piabiru**: alternative para diversificar os sistemas de produção de grãos. Brasília, 2002.

SPHEAR, C. R. **Adaptação da quinoa para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil**. Brasília, 2006.

STATSOFT. Inc. **Statistica**: data analysis software system. Disponível em: <www.statsoft.com> Version 7.0, 2004.

STIKIC, R. et al. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) as an ingredient in bread formulations. **Journal of Cereal Science**, v. 55, p. 132-138, 2012.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Affective testing. **In Sensory evaluation practices**. p. 227–252. Florida, USA: Academic Press, 1985.

TUOHY, K. M. et al. Up-regulating the human intestinal microbiome using whole plant foods – polyphenols and/or fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 8776-8782, 2012.

TORBICA, A.; HADNADEV, M.; HADNADEV, T. D. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to *cookie* quality. **FRIN**, v. 48, p. 277-283, 2012.

ZUCCO, F.; BORSUK, Y.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional evaluation of wheat *cookies* supplemented with pulse flours of different particle sizes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 2070-2076, 2011.

WHITE, K.L. An overview of immunotoxicology and carcinogenic polycyclic aromatic-hydrocarbons in the environmental. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 4, p. 163-202, 1986.

WRIGHT, K. et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 1383-1385, 2002.

WU, G. D. et al. Linking Long-Term Dietary Patterns with Gut Microbial Enterotypes. **Science**, v.334, p. 105-108, 2011.

5. RESULTADOS

Os resultados estão apresentados na forma de artigo intitulado “Otimização de *cookie* isento de glúten a base de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) utilizando planejamento experimental de mistura”, que foi submetido à revista **LWT - Food Science and Technology**, classificada na área de Ciência de Alimentos da CAPES como A₂.

OBS. O artigo está formatado nas normas da revista escolhida.

5. 1 ARTIGO 1

Optimisation of a gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)-based cookie using an experimental mixture design

Running title: Quality of gluten-free and quinoa-based cookies

Isabelle de Lima Brito¹, Marta Suely Madruga¹, Evandro Leite de Souza², Raul Hernan Castro Gomez³, Fábio Yamashita³ and Marciane Magnani^{1*}

¹*Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil (Department of Food Engineering, Technology Center, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil)*

²*Departamento de Nutrição, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil (Department of Nutrition, Center of Health Sciences, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brazil).*

³*Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina (UEL), 86051-980, Londrina - Paraná, Brasil (Department of Food Science and Technology, Center for Agricultural Sciences, Londrina State University (UEL), 86051-980, Londrina - Paraná, Brazil).*

*Corresponding author: Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, 58051-900, Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba, Brasil (Department of Food Engineering, Federal University of Paraíba, Campus I, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brazil). Phone: +55 83 3216 7417; E-mail: magnani2@gmail.com

Abstract

A formulation of a gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)-based *cookie* was developed from experimental data generated from formulations containing different proportions of quinoa flour (QF), quinoa flakes (QFL) and corn starch (CS) optimised for parameters of hardness, colour and specific volume (dependent variables). CS had a positive effect on the lightness of the *cookies*, but increases in the amounts of QF and QFL in the mixture resulted in darker *cookies*. QF showed a negative effect on the specific volume, producing less bulky *cookies*, and QF and QFL had a positive synergistic effect on the hardness of the *cookies*. The optimised formulation composed of 30% QF, 25% QFL and 45% CS showed nutritional features that characterised the gluten-free quinoa-based *cookie* as a product rich in dietary fibre (11%) and a good source of essential amino acids, linolenic acid and minerals; the formulation also presented a good acceptance rate and purchase intention.

Keywords: bakery products, quinoa, mixture design, optimisation

1. Introduction

The increasing consumer demand for foods that combine additional benefits in addition to nutrients imposes on the food industry a need for advances in ingredients and formulations, particularly for the production of functional foods (Falguera et al. 2012). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is a gluten-free pseudo-cereal that contains a high amount of fibre, high biological-value proteins, essential fatty acids (ω -3 and ω -6), vitamins, and minerals (James, 2009). Consumed *in natura* or processed as flakes, flour, or *snacks*, quinoa can also be used in the baking industry because the starch present in the seeds has properties similar to those found in wheat (Gómez-Caravaca et al. 2011). In addition to augmenting the nutritional value, the addition of quinoa has shown positive effects on the rheological characteristics of baking products (Stick et al. 2011; Calderelli et al. 2010; Chillo et al. 2009).

Among bakery products, *cookie*-type biscuits are highlighted due to their long shelf life and wide acceptance by consumers of all ages (Chevallier et al. 2000), making these items attractive in the development of alternative products, such as gluten-free foods. In the design of new products, parameters such as texture, colour and volume, which directly influence consumer acceptance, should be considered. Within this context, the experimental design of mixtures is a tool that allows modelling by simulating and optimising certain properties of the ingredients in a formulation, thus decreasing the production time and cost (Dutcosky et al. 2006; Schabbach et al. 2003).

Considering these aspects, the present study used the experimental design of mixtures aimed to optimise a formulation of gluten-free quinoa-based *cookies*. The effects and interactions of the components of the ternary mixture composed of quinoa flour, quinoa flakes and corn starch and their effects on the texture, colour, and specific volume of the prepared

cookies were considered. In addition, the *cookies* obtained using the optimised formulation were characterised with regard to their nutritional and sensory aspects.

2. Material and Methods

2.1. Experimental design of mixtures

A full Simplex Lattice factorial was implemented for the experimental design of the mixtures, with internal points and global centroid and without restrictions for minimum and maximum levels, using the Statistica 7.0 software (Statsoft, 2004) (Table 1). The quinoa flour (QF), quinoa flakes (QFL) and corn starch (CS) concentrations ranged in each assay, amounting to 100% for the equivalent of 55.7% of the formulation, whereas the remaining components remained constant (Pessanha et al. 2009).

The order of execution of the assays was randomised, and the dependent variables analysed in each test were the hardness, colour and specific volume of the *cookies*. For each dependent variable, a complete cubic model was generated according to Equation 1 (Cornell, 1981), which, after adjustment, is as follows:

$$y = b_1.x_1 + b_2.x_2 + b_3.x_3 + b_{12}.x_1.x_2 + b_{13}.x_1.x_3 + b_{23}.x_2.x_3 + d_{12}.x_1.x_2.(x_1 - x_2) + d_{13}.x_1.x_3.(x_1 - x_3) + d_{23}.x_2.x_3.(x_2 - x_3) + b_{123}.x_1.x_2.x_3 \quad \text{Equation (1)}$$

where

y = the dependent variable or response; b = the equation coefficients and x = the independent variables.

2.2. *Raw-material and production of cookies*

QF and QFL were obtained from Quinoa Real Company (São Paulo, Brazil), pasteurised egg powder was obtained from S. Trajano Aromas & Ingredientes Company (Recife, Brazil), and the other ingredients (sugar, salt, baker's yeast and soy oil) used for the preparation of the *cookies* were obtained from local supermarkets in the city of João Pessoa (Paraíba, Brazil).

For the production of the *cookies*, after individual weighing, the solid and liquid ingredients were manually mixed to obtain a homogeneous dough, which was fractionated into 15 g portions and shaped as 6 cm diameter biscuits. The biscuits were baked at 180°C for 30 minutes, cooled to room temperature and subjected to laboratory analyses.

2.3. *Cookies hardness*

The determination of the *cookie* hardness was performed using a TA-XT2 plus texturometer, and the results were analysed using Stable Micro System TE 32 L S® Version 4.0 software. Each sample was placed horizontally on a specific platform and cut in half with a "probe" in a plate shape (HDP/3PB) at a pre-test speed of 1 mm/s, test speed of 3 mm/s and post-test speed of 10 mm/s, with a trigger force of 50 g and 5.0 mm of distance. Five reading replicates were performed for each *cookie* formulation.

2.4. *Cookie colour*

The colour analyses were performed using a Minolta CR-300 (Japan) digital colorimeter. The parameters of L* (lightness), a* (red/green intensity) and b* (yellow/blue intensity) of the CIE-Lab system (Comission Internationale d'le Ecleraige, 1986) were

determined using illuminant D65, a viewing angle of 8° and standard observer angle of 10°, with a specular included. The analyses were performed in triplicate (CIE, 1978).

2.5. *Cookie specific volume*

The sample volume was determined by the displacement of millet seeds in a 1000 mL graduated test tube, and the dough was determined using an analytical balance (Hsieh, Huff & Lue, 1991). The specific volume was expressed in $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$, and its determination in each assay was performed in triplicate.

2.6. *Cookie desirability profile*

The maximisation, minimisation, design of equations and desirability profile were generated using Statistica 7.0 software (Statsoft, 2004). The optimisation process of the ternary mixture of the ingredients was designed from the desirability profile to produce a biscuit possessing features of texture, colour, and specific volume within an optimal region. The results of the analysis of the 14 formulations were compared with the results for commercial gluten-free *cookies* for the same parameters, thus generating the optimised formulation.

2.7. *Nutritional characterisation of the optimised formulation*

The optimised formulation, generated after the analysis of the desirability profile, were subjected to moisture (925.09), total fat (920.39A), crude protein ($\text{N} \times 5.83$) (990.03), ash (930.30), dietary fibre (992.16), A_w (978.18) and pH analyses (947.05) according to AOAC (2005). Carbohydrates were quantified using the phenol-sulphuric method (Dubois et al. 1956) with 6% of phenol (p/v); the absorbance at 490 nm was measured using glucose as a standard. The minerals in the sample were quantified by the method of flame photometry for

K; P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometry using a Varian Spectr AA-200 model VARIAN spectrophotometer (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990). The energy value was calculated using the Atwater formula (FAO/WHO/UNO, 1985) with the conversion factors of 4 kcal.g⁻¹ for carbohydrates and proteins and 9 kcal.g⁻¹ for lipids; the results are expressed in kcal. g⁻¹.

The amino acids were separated, identified and quantified by high-performance liquid chromatography – HPLC (VARIAN, Water 2690, California, USA) according the method described by White (1986). Detection was performed at wavelength of 254 nm at 35°C and a flow rate of 1 mL/min.

2.8. Sensory evaluation

A panel of 85 tasters was used, composed of panelists aged 18 to 65 years of both sexes, for the analysis of global acceptance and purchase intent test (Meilgaard et al. 1987) of the optimised quinoa *cookies* and commercial gluten-free *cookies*. Prior to the sensory analysis, the *cookies* were subjected to a microbiological analysis using methods recommended by the American Public Health Association (APHA, 2001) to ensure their sanitary quality. In each session, samples coded with three random digits were served on white dishes with the evaluation form and a glass of water to cleanse the palate between samples. The panelists were instructed to evaluate, in general, the acceptability of each sample using a 9-point hedonic scale in which 1 corresponded to entirely disliked, 5 to neither liked nor disliked and 9 to entirely liked. A global test of purchase intent was conducted simultaneously with the acceptance test using a 5-point scale in which the terms were defined from "surely I would buy" to "most likely I would not buy", with "maybe I would buy" at the midpoint.

2.9. Statistical analysis

The independent and dependent variables were adjusted to a third-order model equation and examined for quality of the adjustment. An analysis of variance was performed to determine the lack of fit, and the significance of the effects and interactions of the independent variables on each response (Table 2), considering each formulation with the Fisher test, was also applied. The significance was evaluated by determining the degree of probability considering a significance level less than 5%. The statistical analyses were performed using Statistica 7.0 software (Statsoft, 2004). The physicochemical analyses were performed in triplicate, and the experimental data are presented as average values.

3. Results and Discussion

3.1. Colour

The lightness (L^* values) ranged from 58 to 90 in the fourteen evaluated *cookie* formulations (Table 1). The determination coefficient (R^2) of the model generated for this parameter was 0.94, showing adjustment to the experimental data (Table 2 and Figure 1). The highest values for lightness were observed for the formulations that contained a higher amount of CS than QFL and QF in the mixture (Figure 1). A relationship between lightness and the type of flour used in the formulation has been described for *cookies* (Zucco et al. 2011), which was observed in the present study because QF and QFL have a larger grain size than CS (Table 2). Moreover, the high protein content of formulations with higher proportions of QF and QFL may have contributed to decrease the lightness values of the *cookies* (Table 2), most likely due to the increase of amino acids available for the Maillard reaction, with a consequent increase of melanoidin formation, resulting in a darkening of the

product (Singh & Mohamed, 2007; Secchi et al. 2011; Zucco et al. 2011; Bassinello et al. 2011).

The colour of the quinoa *cookies* may also have been influenced by the phenolic compounds present in QF and QFL (data not shown). When phenolic compounds are present in flours used as wheat flour substitutes in the preparation of bakery products, these compounds can interfere with the colour of the final product (Takata et al. 2007), most likely due to the oxidation and consequent formation of dark pigments (Adelakun et al. 2012).

The a^* and b^* values, corresponding to red/green and yellow/blue intensities, respectively, ranged among the *cookie* formulations, but these variations were not significant, indicating an absence of correlation between the a^* and b^* parameters and the CS, FLQ and FQ proportions in the mixture.

3.2. Hardness

Values between 8.7 N and 75.7 N were found for the measurement of *cookie* hardness (Table 1), and the R^2 of the model generated for the experimental data was 0.94 (Table 2 and Figure 2). The FQ and FLQ concentrations presented positive effects on the hardness of the *cookies*, and the *cookies* prepared with higher amounts of CS showed the lowest hardness values. Additionally, an increase in the hardness of the formulations was observed because the effect of the interaction between FQ and FLQ or FQ and CS. However, when the amount of FQ was lower or equal to FLQ or CS in the mixture, the *cookie* hardness decreased. Previous studies reported that the inclusion of flour with an increased fibre content in *cookies* resulted in increased hardness (Brennan & Samyue 2004; Sudha et al. 2007), although other studies related these results of increased hardness of bakery products to an increased protein concentration in the formulation (McWatters et al. 2003; Pareyt et al. 2010). Considering that

the fibre content of FLQ is 9.82% and of FQ is 9.65%, both the increase in the amount of fibre and protein might have influenced the hardness of the quinoa *cookies*.

3.3. Volume

For the *cookie* volume, the model also showed a good adjustment with the experimental data, with an R^2 of 0.96 (Table 2 and Figure 3) and values ranging from 0.76 to 2.27 cm³.g⁻¹ (Table 1). FLQ and CS had the greatest positive effect on the volume of the assessed *cookies*. In formulations with higher amounts of FQ in relation to FLQ and CS, the *cookies* volume was lower, showing a negative interaction between FQ and FLQ or FQ and CS (Table 2). In contrast, the interaction between FLQ and CS had positive effects when the amount of FLQ was smaller than CS (F6 and F13), with the volume being greater. The effect was the opposite (Figure 3) for the *cookies* prepared with FLQ in amounts larger than CS (F4, F7, F12). The expansion of *cookies* is a primarily physical process controlled by the ability of the ingredients to retain water (Kissel et al., 1975), thus an increase in the ingredients possessing this property, for example, FLQ, causes a competition for the free water present in the *cookies*, limiting the expansion rate. In addition, a correlation between an increase in the protein content and a decrease in the expansion rate of *cookies* has been reported (Zucco et al. 2,011; Gupta et al. 2,010), which would explain the effect of decreased volume in the *cookies* in the present study.

3.4. Desirability profile

In the analysis performed with the commercial gluten-free *cookies*, values of $L^* = 53.66$, hardness = 56.99 and volume = 1.49 were found. After superposition of the contour curves generated in the analysis of the fourteen *cookie* formulations developed in this study, the desirability profile generated by Statistica 7.0 showed that the best response (optimal) was

generated by the formulation containing 30% FQ, 25% FLQ, and 45% CS. The formulation indicated (optimised *cookie*) values of $L^* = 71.26$, hardness = 53.17 and specific volume = 1.2, validating the optimisation of the mixture composed of FQ, CS and FLQ designed by the analysis of the experimental data.

3.5. Characterisation of the optimised cookie

Each 100 g of gluten-free quinoa *cookies* presented 7.09 g of protein and a caloric value of 56.13 kcal unit. The optimised *cookie* was characterised as fibre-rich product due to its high content of dietary fibre, which was 11 g/100 g. Considering the recommended fibre intake (25 to 30 g of fibre per day) by FAO/WHO for adults to assist in the prevention of diet-related chronic diseases, the consumption of four quinoa *cookies* (as prepared) would supply approximately 22% of the minimum daily recommended intake of fibre. The Aw and moisture values for the *cookies* were 0.37 and 3.33 g 100g⁻¹, respectively, indicating a product with good storage stability. The moisture values in the optimised quinoa *cookies* were below those reported in other studies involving *cookies* enriched with barley (Gupta et al., 2011), unripe banana flour (Agama-Acevedo et al. 2012) and black bean and rice flour (Bassinello et al. 2011). Low moisture is a positive parameter related to crispness, an important desirable attribute in such *cookies* (Pareyt, B. & Delcour J.A., 2008) as those formulated in the present study. From the identification of the minerals present in the quinoa *cookies* (Table 3), the consumption of 100 g of biscuits supplies the daily requirement of Zn, Mn and Fe at 21.88%, 18.25% and 40%, respectively, according to RDI (2002). These minerals have important roles in the maintenance of health, cell growth and proliferation, metabolism, development and immunological functions (Sandstead et al. 2008; Legrand et al. 2006).

Of the total fatty acids identified in the quinoa *cookies*, 60.53% were of polyunsaturated fatty acids, 23.41% were monounsaturated fatty acids, and 17.45% were

saturated fatty acids. The average content of desirable total fatty acids calculated for the quinoa *cookies* corresponded to 87% of its lipid content (Table 4). The levels of polyunsaturated fatty acids found in the optimised *cookies* were higher than those found (56.14%) for quinoa grains (Calderelli et al. 2010). Importantly, the heat applied during the processing of the evaluated *cookies* might have significantly decreased the amount of fatty acids in the final product; however, quinoa presents oxidative stability even at high temperatures, most likely due to the high vitamin E content (Ng et al. 2007).

In the amino acid profile analysis of the optimised quinoa *cookies*, twelve different amino acids were identified, including the essential amino acids valine, methionine, isoleucine, threonine and phenylalanine (Table 5). The same amino acids have been described for wholegrain quinoa (Stikic et al. 2012; James, 2009) in amounts similar to those found in the *cookies* assessed in the present study, indicating that these amino acids were retained in the *cookies* even after the heat applied during their processing.

3.6. Sensory analysis

The average acceptance rate obtained for the quinoa-based gluten-free *cookies* was 6.8, whereas the average acceptance was 7.6 for the gluten-free commercial *cookies*. The specific features of products made with quinoa, such as a fibrous consistency and an aftertaste, may have influenced the assignment of lower values to the quinoa *cookies* compared to the gluten-free commercial *cookies*. However, for those tasters who are consumers of wholegrain products, this fact could have less affected the acceptance of the product. With regard to purchase intention, the average value of 4 revealed that the panelists would most likely buy the quinoa *cookies*.

4. Conclusions

Based on the optimisation of the ternary mixture of FQ, FLQ and CS using experimental mixtures for the analysis of the parameters of hardness, colour and specific volume, the quinoa-based gluten-free *cookies* were found to be a good source of fibre, amino acids, essential fatty acids and minerals. The prepared *cookies* showed an interesting acceptance and satisfactory purchase intention, revealing their potential for consumption by the general population and as a particularly interesting option for individuals with celiac disease. Additionally, from the results obtained in this study, it could be inferred that quinoa can serve as an important ingredient for the enrichment of gluten-free *cookies*, improving their nutritional quality and functionality.

Acknowledgements

Thanks to National Counsel of Technological and Scientific Development-Brazil (CNPq), for financial support in the form of scholarship for B.I.L.

References

- Adelakun, O.E; Kudanga, T; Parker, A; Green, I.R; le Roes-Hill, M., & Burton, SG. (2012). Laccase-catalyzed dimerization of ferulic acid amplifies antioxidant activity. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 7, 29-35.
- Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J J., Pacheco-Vargas, G., Osorio-Díaz, P., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Starch digestibility and glycemic index of *cookies* partially substituted with unripe banana flour. *LWT - Food Science and Technology*, 46, 177-182.
- APHA. (1984). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. (2th ed.). Washington, D.C.

- APHA (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. (4th ed.) Washington DC. American public health association.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist* (18th ed.). Washington. DC USA.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist* (15th ed.). Washington. DC USA.
- Bassinello, P.Z., Freitas, D.G.C., Ascheri, J.L., Takeiti, C.Y., Carvalho, R. N., Koakuzu, S.N., & Carvalho, A.V. (2011). Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. *Procedia Food Science*, 1, 1645 – 1652.
- Brennan, C. S., & Samyue, E. (2004). Evaluation of starch degradation and textural characteristics of dietary fiber enriched biscuits. *International Journal of Food Properties*, 7, 647– 657.
- Calderelli, A. V. S., Benassi, M. D. T., Visentainer, J. V., & Matioli, G. (2010). Quinoa and Flaxseed : Potential Ingredients Production of Bread with Functional Quality in the. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53, 981–986.
- Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G., & Lourdin, D. (2000). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31, 241–252.
- Chillo, S., Civica, V., Iannetti, M., Suriano, N., Mastromatteo, M., & Nobile, M. A. D. (2009). Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. *Carbohydrate Polymers*, 78, 932–937.
- Commission International De L'Eclairage (CIE): "Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms" (1978). *Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15, Colorimetry*, Bureau Central de la CIE, Paris.
- Cornell, J. A. (1981). *Experiments with mixtures: Designs, models, and the analysis of mixture data*. New York, USA: John Wiley & Sons.

- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers P. A. & Fred SMITH. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemist*, 28.
- Dutcosky, S. D., Grossmann, V. M. E., Silva, R. S. S. F., & Welsch, A. K. (2006). Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. *Food Chemistry*, 98, 630–638.
- Falguera, V., Aliguer, N. & Falguera, M. (2012). An integrated approach to current trends in food consumption: moving toward functional and organic products? *Food Control*, 26, 274-281.
- Gómez-Caravaca, A. M., Segura-carretero, A., Fern, A., & Caboni, M. F. (2011). Simultaneous Determination of Phenolic Compounds and Saponins in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) by a Liquid Chromatography-Diode Array Detection-Electrospray Ionization-Time-of-Flight Mass Spectrometry Methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 10815–10825.
- Gupta, M., Singh, A., & Abu-ghannam, N. (2010). Food and Bioproducts Processing Effect of barley flour and freeze – thaw cycles on textural. *Food and Bioproducts Processing*, 89, 520–527.
- Hartman, L.; Lago, R.C.A (1973). Rapid preparation of fatty acids methyl esters. *Laboratory Practice*, 22, 475-476.
- Hsieh, F.; Huff, H. E., & Lue, S. (1991) Twin-screw extrusion of sugar beet fiber and corn meal. *LWT - Food Science and Technology*, 24, 495-500.
- Institute of Medicine of the National Academy (2002). Dietary References Intakes (DRI) for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. Washington, DC: *Food and Nutrition Board*. The National Academies Press.
- Jacobsen, S.-E. (2011). The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197, 390–399.
- James, L.E.A. (2009). Quinoa: Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31.

- Karaman, S., Yilmaz, M. T., & Kayacier, A. (2011). Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties. *Food Hydrocolloids*, 25, 1319–1326.
- Kissel, L. T.; Prentice, N., & Yamazaki, W. T. (1975). Protein enrichment of *cookie* flours with wheat gluten and soy flour derivatives. *Cereal Chemistry*, 52, 638–649.
- Legrand D., Ellass E., Carpentier M., & Mazurier J. (2006). Interactions of lactoferrin with cells involved in immune function. *Biochemistry and Cell Biology*, 84, 282-90.
- McWatters, K. H., Ouedraogo, J. B., Resurreccion, V. A., Hung, Y. C., & Phillips, R. D. (2003). Physical and sensory characteristics of sugar *cookies* containing a mixture of fonio (*Digitaria exilis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 403–410.
- Meilgaard, M.; Civille, G.V.; Carr, B.T. (1987). *Sensory evaluation techniques*. Florida: CRC Press, 2, 158p.
- Pareyt, B., Goovaerts, M., Broekaert, W. F., & Delcour, J. A. (2011). Arabinoxylan oligosaccharides (AXOS) as a potential sucrose replacer in sugar-snap *cookies*. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 725–728.
- Pareyt, B. & Delcour J.A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap *cookies* - *Critical reviews in food science and nutrition*, 48, 824-839.
- Pérez, S., Matta, E., Carlos Osella, C., Torre, M.de La., & Sánchez, H.D. (2013). Effect of soy flour and whey protein concentrate on *cookie* color. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 120–125.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J.-M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120, 128–133.

- Sandstead H.H., Prasad, A.S., Penland, J.G., Beck, F.W., Kaplan, J., Egger, N.G., N. W. Alcock, R. M. Carroll, Ramanujam, V.M.S., Dayal, H. H., Rocco, C. D., Plotkin, R. A. & Zavaleta, A. N. (2008). Zinc deficiency in Mexican American children: influence of zinc and other micronutrients on T cells, cytokines, and antiinflammatory plasma proteins. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88, 1067-73.
- Schabbach. L.M., Oliveira, A.P.N., Fredel, M.C. & Hotza, D. (2003). Seven-component lead-free frit formulation. *American Ceramic Society Bulletin*, 82, 47–50.
- Secchi, N., Stara, G., Anedda, R., Campus, M., Piga, A., Roggio, T., & Catzeddu, P. (2011). LWT - Food Science and Technology Effectiveness of sweet ovine whey powder in increasing the shelf life of Amaretti cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1073–1078.
- Singh, M., & Mohamed, A. (2007). Influence of gluten-soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. *Food Science and Technology*, 40, 353-360.
- Statsoft. Inc (2004). STATISTICA (data analysis software system). version 7.0. www.statsoft.com
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-radovic, B., & Jovanovic, Z. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55, 132–138.
- Sudha, M. L., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. (2007). Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 100, 1365–1370.
- Takata, K., Yanaka, M., Fujita, Y., & Ishikawa, N. (2007). Evaluation of the grain and flour quality in near-isogenic wheat lines with waxy and double-null Wx proteins. *Breeding Science*, 57, 79–83.
- White, K.L. (1986) .An overview of immunotoxicology and carcinogenic polycyclic aromatic-hydrocarbons in the environmental. *Journal of Environmental Science and Health*, 4, 163-202,

- WHO. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. Geneva. World Health Organization Technical Report Series, 916, 1-149.
- Zucco, F., Borsuk, Y., & Arntfield, S. D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat *cookies* supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 2070–2076.

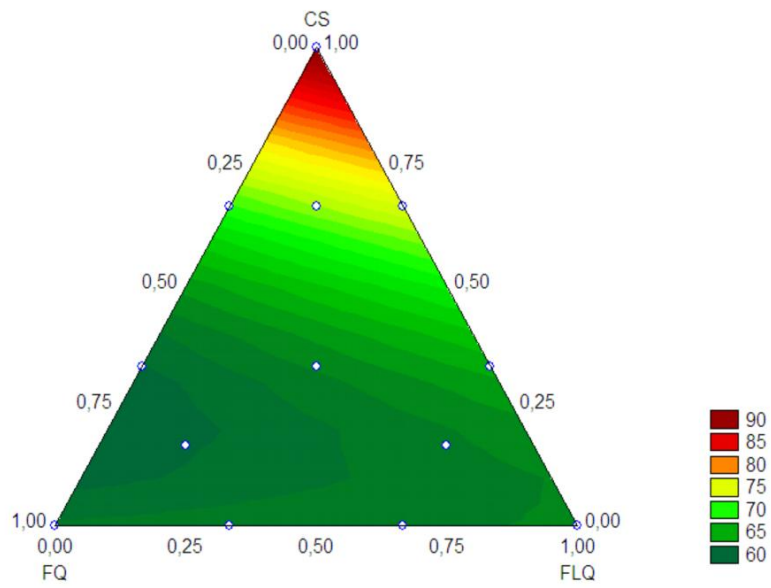


Figure 1. Contour curves relating the lightness (L^*) of the *cookies* produced from a ternary mixture of corn starch (CS), quinoa flour (QF) and quinoa flakes (QFL)

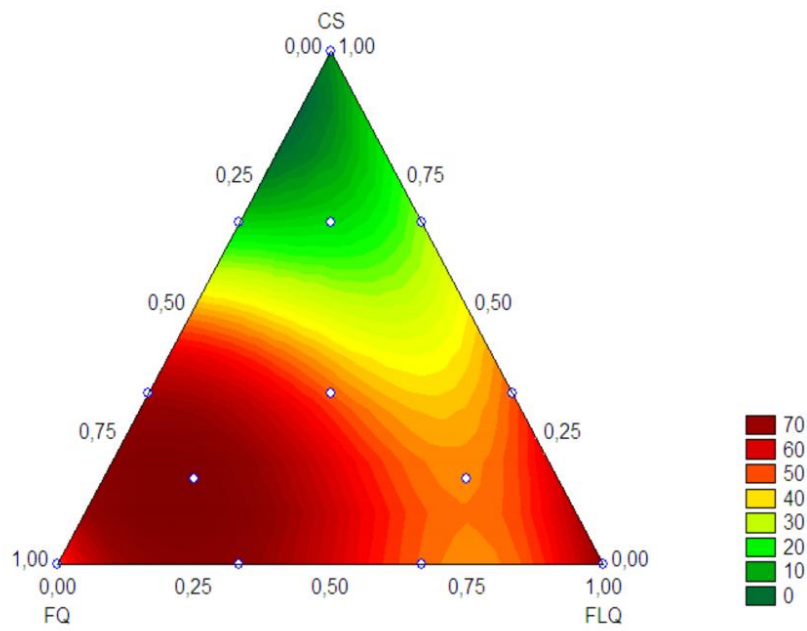


Figure 2. Contour curves relating the hardness (N) of the *cookies* produced from a ternary mixture of corn starch (CS), quinoa flour (QF) and quinoa flakes (QFL)

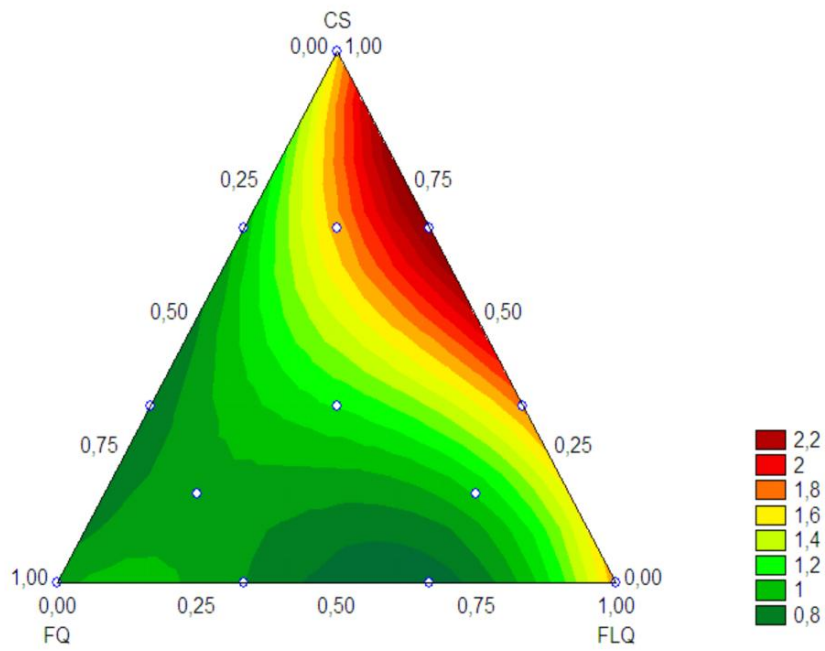


Figure 3. Contour curves relating the specific volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) of the cookies produced from a ternary mixture of corn starch (CS), quinoa flour (QF) and quinoa flakes (QFL)

Table 1

Experimental design of a simplex-type lattice mixture for the formulation of *cookies* in actual proportions of the ingredients and pseudocomponents in the mixture and average values of the variables of colour, hardness and specific volume.

F	Proportion of ingredients in the mixture						Response				
	Percentage of added ingredients			Amount of ingredients (g)			Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
	QF (x ₁)	QFL (x ₂)	CS (x ₃)	QF (x ₁)	QFL (x ₂)	CS (x ₃)				(N)	(cm ³ .g ⁻¹)
1	1	0	0	252.00	-	-	4.65	32.27	61.54	51.11	0.80
2	0	1	0	-	252.00	-	4.66	30.55	60.66	70.14	1.63
3	0	0	1	-	-	252.00	-3.33	23.22	89.76	8.67	1.57
4	0.33	0.67	0	83.16	168.84	-	5.48	34.49	64.59	44.05	0.76
5	0.33	0	0.67	83.16	-	168.84	4.99	31.81	70.61	9.56	0.85
6	0	0.33	0.67	-	83.16	168.84	1.55	27.97	75.65	19.67	2.27
7	0.67	0.33	0	168.84	83.16	-	8.61	32.94	59.10	75.74	0.81
8	0.67	0	0.33	168.84	-	83.16	8.54	33.61	60.98	70.40	0.83
9	0	0.67	0.33	-	168.84	83.16	7.07	32.28	64.13	50.92	1.88
10	0.33	0.33	0.34	83.92	83.92	84.17	10.02	34.10	58.02	59.83	0.98
11	0.67	0.17	0.17	168.84	41.58	41.58	4.64	31.41	61.23	66.68	0.92
12	0.17	0.67	0.17	41.58	168.84	41.58	4.36	33.54	64.72	42.57	0.90
13	0.17	0.17	0.67	41.58	41.58	168.84	4.38	30.50	72.58	13.38	1.83
14	0.33	0.33	0.33	83.92	83.92	84.17	4.57	34.06	58.98	54.94	0.97

F, Formulations generated by the experimental design of mixtures; QF, quinoa flour; QFL, quinoa flakes; CS, Corn starch; Y1 colour a*, Y2 colour b*, Y3 colour L*, Y4 hardness, Y5 specific volume

Table 2

Regression coefficients and mathematical equation models of response variables.

Parameter	Model equations	R ²	Adjusted R ²
Y ₁	L* = 61.17*A + 62.13*B + 90.72*C – 50.38*A*C – 32.82*B*C	0.94	0.92
Y ₂	H = 49.8*A + 70.05*B + 4.94*C + 60.34*A*C + 213.93*A*B*(A-B) + 259.77*A*C*(A-C)	0.94	0.90
Y ₃	S _{pecific} = 0.86*A + 1.67*B + 1.58*C – 2.47*A*B – 1.78*A*C + 1.84*B*C + 2.96*A*B*(A-B) – 4.29*B*C*(B-C)	0.96	0.90

Table 3Nutritional assessment of quinoa-based gluten-free *cookie* formulations.

Analysis	Mean value*
Proteins (g 100 g ⁻¹)	7.09 ± 0.19
Carbohydrates (g 100 g ⁻¹)	63.11± 4.28
Lipids (g 100 g ⁻¹)	18.69 ± 0.22
Ash (g 100 g ⁻¹)	2.24 ± 0.02
Moisture	3.33 ± 0.06
Fibre (g 100 g ⁻¹)	11± 0.01
pH	6.4 ± 0.04
Aw	0.37 ± 0.19
Ca (mg g ⁻¹)	1.7
Mg (mg g ⁻¹)	0.8
K (mg g ⁻¹)	7.3
P (mg g ⁻¹)	2.0
Cu (mg g ⁻¹)	2.60
Zn (mg g ⁻¹)	1.75
Mn (mg g ⁻¹)	0.72
Fe (mg g ⁻¹)	1.5

Table 4Fatty acid profile of quinoa-based gluten-free *cookies*.

Fatty acid	Name	%
C14:0	Myristic acid	0.093
C16:0	Palmitic acid	11.540
C17:0	Margaric acid	0.046
C 18:0	Stearic acid	3.483
C 20:0	Eicosanoic acid	2.292
C16:1	Palmitoleic acid	0.239
C18:1	Oleic acid	22.928
C20:1	Eicosanoic acid	0.244
C18:2	Linoleic acid	53.867
C18:3 (ω -3)	α -Linoleic acid	6.392
CLA-C18:2	Conjugated linoleic acid	0.121
C20:4 (ω -6)	Arachidonic acid	0.094
AGD*		87.43
AI**		0.14

*Desirable fatty acids, as represented by the sum of the proportions of C 18:0 + MUFA + PUFA

**Atherogenicity index (AI) = $c12:0 + (4 * C14:0) + c16:0 / MUFA + PUFA$

Table 5

Amino acid profile of quinoa-based gluten-free *cookies*.

Amino acid*	Quinoa <i>cookie</i>
Aspartic acid	8.87
Glutamic acid	13.61
Serine	5.06
Glycine	4.67
Histidine	9.35
Threonine	9.03
Arginine	0.79
Tyrosine	3.31
Valine	4.85
Methionine	1.72
Isoleucine	6.85
Phenylalanine	1.83

*Amounts in % for each gram of protein

QF quinoa flour, QFL quinoa flakes, QC quinoa *cookies*

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os componentes da mistura ternária (FQ, FLQ e CS) e suas proporções afetaram os parâmetros de dureza, cor e volume específico dos biscoitos obtidos através das 14 formulações desenhadas pelo planejamento de mistura, comprovando sua eficiência na redução de tempo e custo no desenvolvimento do trabalho.

A partir da otimização, foi possível a obtenção de uma nova formulação de *cookie* isento de glúten a base de quinoa com características físicas que se aproximassem do que seria o ideal. Esta apresentou ainda características nutricionais relevantes além de boa aceitação e intenção de compra por parte dos consumidores.

A quinoa mostrou-se como um importante ingrediente para enriquecimento de biscoitos tipo *cookie*, isento de glúten, melhorando sua qualidade nutricional e funcional com relevante potencial de mercado para a população em geral, mas também por apresentar-se como uma opção interessante para indivíduos celíacos.

De modo geral pode-se concluir que a quinoa possui características nutricionais e tecnológicas favoráveis na produção de alimentos diferenciados, podendo ser alvo de futuras pesquisas visando o enriquecimento de alimentos e/ou formulações de novos produtos.

7. ANEXO

ANEXO 1 - Comprovante de submissão do artigo

ANEXO 1

Ms. Ref. No.: LWT-D-13-00124

Title: Optimisation of a gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)-based cookie using an experimental mixture design

LWT - Food Science and Technology

Dear Dr. Marciane Magnani,

Your submission "Optimisation of a gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)-based cookie using an experimental mixture design" has been assigned manuscript number LWT-D-13-00124.

To track the status of your paper, please do the following:

1. Go to this URL: <http://ees.elsevier.com/lwt/>

2. Enter your login details

3. Click [Author Login]

This takes you to the Author Main Menu.

4. Click [Submissions Being Processed]

Thank you for submitting your work to LWT - Food Science and Technology.

Kind regards,

LWT - Food Science and Technology

Please note that the editorial process varies considerably from journal to journal. To view a sample editorial process, please click here:

http://ees.elsevier.com/eeshelp/sample_editorial_process.pdf

For further assistance, please visit our customer support site at

<http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials.

You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.