

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

ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE PÃES À BASE DE FARINHA DE
INHAME (*Dioscorea cayennensis* Lam.) OBTIDOS POR
FERMENTAÇÃO NATURAL

JOÃO PESSOA – PB

2019

ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE PÃES À BASE DE FARINHA DE
INHAME (*Dioscorea cayennensis* Lam.) OBTIDOS POR
FERMENTAÇÃO NATURAL**

JOÃO PESSOA – PB

2019

ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE PÃES À BASE DE FARINHA DE
INHAME (*Dioscorea cayennensis* Lam.) OBTIDOS POR
FERMENTAÇÃO NATURAL**

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

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto de Almeida Gadelha

**JOÃO PESSOA – PB
2019**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732d Lima, Anna Karoline de Sousa.

Desenvolvimento de pães à base de farinha de inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.) obtidos por fermentação natural / Anna Karoline de Sousa Lima. - João Pessoa, 2019.

73 f.

Orientação: Carlos Alberto de Almeida Gadelha.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Tecnologia dos alimentos. 2. Tubérculos. 3. Fermento natural. 4. Pão livre de glúten. 5. Atividade antioxidante. I. Gadelha, Carlos Alberto de Almeida.
II. Título.

UFPB/BC

CDU 664(043)

ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE PÃES À BASE DE FARINHA DE INHAME (*Dioscorea cayennensis* Lam.) OBTIDOS POR FERMENTAÇÃO NATURAL

Dissertação _____ em ____/____/ 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Almeida Gadelha – PPGCTA/CT/UFPB

Presidente da Banca Examinadora

Prof^a. Dra. Ângela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro – PPGCTA/CT/UFPB

Examinador Interno

Prof^a. Dra. Katya Anaya Jacinto – Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi/ UFRN

Examinador Externo

A Deus
A minha família e amigos por serem minha
força para continuar
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por renovar todos os dias a minha fé e coragem para superar as adversidades e as saudades de casa.

Aos meus pais, pelo apoio e amor incondicionais dedicados a mim. A minha avó Severina, por todo amor, todos os conselhos e força que sempre me passou! A toda minha família, tias, tios, primas, primos por todo incentivo.

Ao meu orientador, Professor Dr. Carlos Alberto Gadelha, pela confiança, amizade, incentivo e ensinamentos partilhados durante o trabalho.

À professora Dra. Tatiane Santi que compartilhou de sabedoria, ajudou no desenvolvimento do projeto e sempre esteve presente em todos os momentos em que precisei.

À minha banca examinadora, a Professora Dra. Ângela Tribuzy e Professora Dra. Katya Anaya por sua disponibilidade e preciosas contribuições.

A Professora Lúcia do Laboratório de Bioquímica e Microbiologia de Alimentos e a Professora Joselma do Laboratório de Engenharia de Alimentos, por terem aberto as portas dos seus laboratórios para realização de análises.

Aos amigos do Laboratório de Proteômica Estrutural e Laboratório de Bioquímica Genética e Radiobiologia, Paula, Eugênia, Raquel e Joelington pelas conversas e bons momentos divididos.

A todos os meus amigos da turma de Pós-graduação. Em especial minhas amigas Gabriela, Thais, Jéssica, Miriane, Darline e Tammyrys, pela amizade de sempre.

Aos maiores presentes que esses últimos dois anos me trouxe, meus amigos Isabel, Júlia, Joanderson, Thaianaly, Graciete e Bianca que compartilharam momentos de dúvidas e também de muita felicidade! Amo vocês!

Aos meus amigos Eugênia, Geovane, Pedro e Cristina que mesmo de longe sempre me apoiaram e por muitas vezes acreditaram mais em mim do que eu mesma!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, a todos os professores que o constituem e a Fernanda, pela competência, dedicação e paciência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa junto ao PPGCTA.

*“Os sonhos de Deus são maiores que os teus, tão grandes que nem
pode imaginar, não desanime, filho, eu vim te consolar, na minha
presença tu vais prosperar”*

Os sonhos de Deus – Preto no Branco

RESUMO

O inhame, tubérculo do gênero *Dioscorea*, é considerado uma cultura de subsistência e tem grande importância socioeconômica nos estados do Nordeste do Brasil. É um tubérculo altamente perecível e uma estratégia para aumentar sua vida de prateleira é a produção de farinha a partir de processos de secagem. Várias pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de substituir a farinha de trigo por farinhas de outras origens para produção de pães, que são considerados alimentos de consumo básico em diversos países. Com o aumento do número de pessoas portadoras da doença celíaca, evidencia-se um aumento no mercado de produtos de panificação sem glúten, entretanto, a ausência do glúten leva a características indesejáveis a esses produtos. Uma das formas de contornar esse problema é o uso de fermentação natural, ou seja, a obtenção de fermentos a partir da fermentação espontânea da mistura de água e farinha de trigo ou a partir de outros substratos como frutas e matrizes amiláceas como a batata. Com isto, o objetivo da pesquisa foi a elaboração de pães com substituição da farinha de trigo por farinha de inhame (*D. cayennensis* Lam.) utilizando dois tipos de fermentos, comercial e natural, este último utilizando batatas como substrato. A farinha de inhame, obtida por dois diferentes métodos de secagem (liofilização e secagem convectiva), e os pães foram analisados quanto aos parâmetros de umidade, pH e acidez, lipídeos, proteínas, Aw, cor e cinzas. A capacidade antioxidante dos pães foi determinada por análises de captura do radical ABTS e DDPH. Análise microbiológica e teste de aceitação por parte dos consumidores também foram realizados com os pães. Os resultados obtidos foram submetidos à ANOVA de dois fatores e as médias comparadas por teste de Tukey ao nível de 5% de significância. A partir da secagem dos tubérculos observou-se que o método de secagem não mostrou diferença significativa para maioria dos parâmetros analisados. Já em relação aos pães obtidos por fermento comercial e natural, os resultados mostraram que quanto maior o nível de substituição da farinha de trigo por farinha de inhame, menores foram os índices de lipídeos (3,88 e 3,43%) e proteínas (3,26% e 2,73%), respectivamente. O alto índice de amido na farinha de inhame (73%) provocou diminuição no nível de açúcares redutores com o aumento de incorporação de farinha de inhame aos pães. Por outro lado, quando considerada a atividade antioxidante, quanto maior o nível de substituição maior o poder antioxidante das amostras, em relação ao radical ABTS, os pães com 100% de farinha de inhame apresentaram capacidade de captura de 30,88 e 31,35 $\mu\text{mol ET/g}$ para os fermentos comercial e natural, respectivamente. Observou-se também que o tipo de fermento influenciou na capacidade antioxidante, pois os pães produzidos a partir de fermentação natural apresentaram um maior percentual de captura em relação ao radical ABTS (80%). Na análise sensorial, os pães controle de fermento comercial e 50% de farinha de inhame de fermentação natural apresentaram os melhores resultados junto aos provadores em todos os parâmetros avaliados. Tais resultados, somados a avaliação da análise sensorial, permitem concluir que a utilização de fermento natural e a substituição de até 50% da farinha de trigo atuaram de forma positiva na obtenção de um pão a base de farinha de inhame.

Palavras – chave: tubérculos; fermento natural; pão livre de glúten; atividade antioxidante

ABSTRACT

Yam, a tuber of the genus *Dioscorea*, is considered a subsistence crop and has great socioeconomic importance in the states of Northeast Brazil. It is a highly perishable tuber and a strategy to increase its shelf life is the production of flour from drying processes. Several studies have been performed in order to replace the wheat flour by flour from other sources for the production of bread, which are considered basic consumer foods in many countries. With the increase in the number of people with celiac disease, there is an increase in the market for gluten-free bakery products, however, the absence of gluten leads to undesirable characteristics of these products. One of the ways to get around this problem is the use of natural fermentation, that is, obtaining yeasts from the spontaneous fermentation of the mixture of water and wheat flour or from other substrates such as fruits and starchy matrices such as potatoes. With this, the objective of the research was to prepare breads with substitution of wheat flour for yam flour (*D. cayennensis* Lam.) Using two types of yeast, commercial and natural, the latter using potatoes as a substrate. The yam flour, obtained by two different drying methods (freeze-drying and convective drying), and the breads were analyzed for moisture, pH and acidity, lipids, proteins, A_w , color and ash parameters. The bread's antioxidant capacity was determined by analysis of the capture of the radical ABTS and DDPH. Microbiological analysis and acceptance test by consumers were also performed with the breads. The results obtained were submitted to two-way ANOVA and the means compared by Tukey's test at the level of 5% of significance. From the drying of the tubers it was observed that the drying method did not show significant difference for most of the analyzed parameters. Regarding the breads obtained by commercial and natural yeast, the results showed that the higher the level of substitution of wheat flour for yam flour, the lower the levels of lipids (3,88 and 3.43%) and proteins (3,26% and 2,73%), respectively. The high starch content in yam flour (73%) caused a decrease in the level of reducing sugars with the increase in the incorporation of yam flour into breads. On the other hand, when considering the antioxidant activity, the higher the level of substitution the greater the antioxidant power of the samples, in relation to the radical ABTS, the breads with 100% of yam flour had a capture capacity of 30,88 and 31,35 $\mu\text{mol TE/g}$ for commercial and natural yeasts, respectively. It was also observed that the type of yeast influenced the antioxidant capacity, since breads produced from natural fermentation had a higher percentage of capture in relation to the radical ABTS (80%). In the sensory analysis, the commercial yeast control breads and 50% of naturally fermented yam flour showed the best results with the tasters in all evaluated parameters. Such results, added to the evaluation of the sensorial analysis, allow to conclude that the use of natural yeast and the substitution of up to 50% of the wheat flour had a positive effect in obtaining a bread based on yam flour.

Keywords: tubers; sourdough; gluten free bread; antioxidant activity

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	<i>Dioscorea cayennensis</i> Lam	16
Figura 2	Fluxograma de processamento para obtenção da farinha de inhame.....	25
Figura 3	Fluxograma para elaboração dos pães de forma pelo método direto	27

ARTIGO

Figure 1	Percentage of capture of the radicals ABTS and DDPH of breads with different contents of yam flour and produced from commercial yeast and natural yeast.....	55
Figure 2	Sensory evaluation of breads with partial and complete replacement of wheat flour with yam flour obtained by commercial and natural fermentation. CC: commercial fermentation control bread; C50: commercial fermentation bread with 50% yam flour; 100C: commercial fermentation bread 100% yam flour; CN: natural fermentation control bread; 50N: natural fermentation bread with 50% yam flour; 100N: natural fermentation bread 100% yam flour.....	57
Figure 3	Purchase intention of breads with partial and complete replacement of wheat flour with yam flour obtained by commercial and natural fermentation. CC: commercial fermentation control bread; C50: commercial fermentation bread with 50% yam flour; 100C: commercial fermentation bread 100% yam flour; CN: natural fermentation control bread; 50N: natural fermentation bread with 50% yam flour; 100N: natural fermentation bread 100% yam flour.....	59
Figure 4	Acceptability index of breads with partial and complete replacement of wheat flour with yam flour obtained by commercial and natural fermentation. CC: commercial fermentation control bread; C50: commercial fermentation bread with 50% yam flour; 100C: commercial fermentation bread 100% yam flour; CN: natural fermentation control bread; 50N: natural fermentation bread with 50% yam flour; 100N: natural fermentation bread 100% yam flour.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição nutricional por 100g de inhame cru	17
Tabela 2	Planejamento de mistura das farinhas de trigo e de inhame	27
Tabela 3	Formulação base para os pães elaborados a partir de fermento comercial e fermento natural de batata	28

ARTIGO

Table 1	Physicochemical parameters of fresh yams and flours obtained from freeze drying and hot air drying oven	46
Table 2	Color analysis of fresh yams and flours obtained from freeze drying and hot air drying.....	48
Table 3	Physicochemical parameters of wheat and yam flour based breads obtained from commercial yeast and natural potato yeast.....	51
Table 4	Color analysis of the breads with partial and total substitution of wheat flour by yam flour obtained by different fermentation methods.....	54
Table 5	Antioxidant capacity of breads by capturing the radicals ABTS and DPPH.....	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 INHAME (<i>Dioscorea</i> spp.)	16
2.2 SECAGEM	18
2.2.1 Liofilização	19
2.2.2 Secagem convectiva	19
2.3 PÃO	20
2.3.1 Produtos de panificação sem glúten.....	21
2.4 FERMENTAÇÃO NATURAL (<i>SOUSDOUGH</i>).....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 MATERIAIS	24
3.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE INHAME.....	24
3.2.1 Desidratação dos tubérculos	24
3.2.2 Caracterização dos tubérculos e das farinhas obtidas	25
3.3 PRODUÇÃO DO FERMENTO NATURAL.....	26
3.4 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DOS PÃES.....	26
3.4.1 Caracterização física e química dos pães:	29
3.5 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE.....	29
3.5.1 Captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila)	29
3.5.2 Captura do radical ABTS (2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) ..	30
3.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	30
3.7 ANÁLISE SENSORIAL	30
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
REFERÊNCIAS.....	33
4 RESULTADOS	39
ARTIGO 1: “Evaluation of quality parameters and antioxidant activity of yam flour based bread (<i>Dioscorea cayennensis</i> Lam.) obtained by natural fermentation” submetido ao periódico “Cereal Chemistry”.	39
5. CONCLUSÕES GERAIS	66
ANEXOS.....	67
APÊNDICES	71

1 INTRODUÇÃO

Muitos países em todo o mundo consomem pão como alimento básico diário e, para sua produção, normalmente, são utilizadas farinhas derivadas de cereais que contém glúten. Reconhecidamente, o glúten é responsável por características únicas das massas como: capacidade de retenção de água, elasticidade, coesividade e viscosidade (NASCIMENTO et al., 2017; MONTHE et al., 2019).

Contudo, apesar do glúten ser de grande importância na panificação, cerca de 1% da população mundial não pode consumi-lo devido a uma doença autoimune chamada de doença celíaca. O tratamento da doença é feito a partir da exclusão do glúten da dieta e para isto, a demanda de produção de pães sem glúten é essencial (TURKUT et al., 2016).

Os pães sem glúten são normalmente desenvolvidos a partir de matrizes complexas de diversos amidos que muitas vezes não conseguem reter o dióxido de carbono liberado durante a fermentação e desenvolver a estrutura adequada durante o forneamento. Com isto, esses produtos apresentam diversos defeitos como baixo volume específico, dureza do miolo, cor mais clara da casca e sabor insatisfatório (CONTE et al., 2018; ENCINA-ZELADA et al., 2018).

Desta forma, é de grande necessidade o estudo de novas matrizes vegetais e novas tecnologias, que possam ser utilizadas na elaboração de produtos de panificação, com o intuito de oferecer produtos com características tecnológicas e sensoriais similares àqueles produtos elaborados com a farinha de trigo.

Pesquisas prévias (TURKUT et al., 2016; NYEMBWE et al., 2018; MONTHE et al., 2019), mostraram que a incorporação de farinhas de outras origens que não o trigo, podem ser utilizadas na fabricação de pães. Ukpabia e Uchechukwu (2001) investigaram o potencial da farinha de inhame chinês (*Dioscorea esculenta*) na produção de pães e observaram que em até 30% de substituição, o pão de farinha mista (trigo/inhame) não apresentou diferença significativa nos parâmetros sensoriais em relação ao pão elaborado apenas com farinha de trigo.

O inhame (*Dioscorea* spp) é uma monocotiledônea, herbácea, pertencente à família Dioscoreaceae, cujo órgão de reserva é conhecido como túbera. O Inhame-da-Costa ou Cará-da-Costa (*Dioscorea cayennensis* Lam.) é a cultivar mais plantada, sendo considerada uma cultura de subsistência e de grande importância socioeconômica para a agricultura familiar da região nordeste do Brasil (SANTOS et al., 2015; COSTA et al., 2017).

A espécie *D. cayennensis* é uma rica fonte de antioxidantes, vitaminas e fitoquímicos. Na alimentação humana, o inhame pode ser usado cozido, assado, frito ou transformado em purê de forma a se adequar aos gostos regionais e aos costumes das pessoas. Uma forma de se agregar valor e tecnologia a este produto é a partir do emprego da secagem de alimentos, uma excelente técnica que permite manter o produto com características adequadas para o consumo por longos períodos, e a partir dela, pode-se obter a farinha para utilização em outros preparos, como por exemplo, a elaboração de pães (CASTRO et al., 2017; WRIGHT et al., 2017).

A fermentação natural tem sido descrita como uma ferramenta útil na melhora dos produtos sem glúten devido aprimorar a qualidade geral do pão, a textura e prolongar a vida de prateleira. O uso de fermentos naturais produz pães com características diferenciadas daqueles produzidos a partir do fermento comercial, com diferenças na textura e no flavor, dando origem a um pão com miolo irregular e casca crocante, além do retardo no envelhecimento do mesmo (APLEVICZ, 2014; CAMPO et al., 2016; GANZLE; RIPARI, 2016).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa a elaboração de pães com substituição total e parcial de farinha de trigo por farinha de inhame comparando os fermentos comercial e natural.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INHAME (*Dioscorea* spp.)

O inhame (Figura 1) é uma planta herbácea, com caules volúveis que produz rizomas isolados ou em feixes, com coloração escura na casca e polpa de cor branca, amarelada ou avermelhada. É uma planta monocotiledônea, herbácea, trepadeira, pertencente ao gênero *Dioscorea*, que contempla cerca de 600 espécies, sendo as mais importantes àquelas que produzem túberas comestíveis: *D. cayennensis*, *D. rotundata*, *D. alata*, *D. trifida* e *D. esculenta* (FRANÇA, 2016).



Figura 1 - *Dioscorea cayennensis* Lam.

Fonte: Abecedário vegetal, 2009.

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2011), é um alimento que apresenta excelente qualidade nutritiva e energética, como mostrado na Tabela 1. É rico em amido e cerca de 70 a 80% da sua constituição é de água e devido seu alto teor de carboidratos, pode ser considerado uma boa fonte de energia (SÁ et al., 2018).

O inhame é amplamente cultivado em todo o trópico, sendo o Brasil segundo maior produtor de inhame da América do Sul, com uma produção de aproximadamente 247.000 t em 2014 (FAO, 2014). A região Nordeste do Brasil apresenta-se como a maior produtora nacional de inhame, destacando-se os estados da Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas, Sergipe e Maranhão, como os maiores produtores (NORONHA, 2014).

Os tubérculos de inhame são consumidos de diferentes formas, principalmente em alimentos tradicionais domésticos, com pouco uso industrial. A maioria dos métodos de cocção domésticos apresentam efeitos na qualidade nutricional dos alimentos, reduzindo

níveis de fatores antinutricionais ao mesmo tempo em que aumentam outros nutrientes (ADEPOJU et al., 2018).

Tabela 1 - Composição nutricional por 100g de inhame cru

Componentes	Quantidade
Umidade (%)	73,3
Calorias (Kcal)	97
Proteína (g)	2,1
Carboidratos (g)	23,2
Lipídeos (g)	0,2
Cálcio (mg)	12,0
Magnésio (mg)	29,0
Fósforo (mg)	65
Potássio (mg)	568
Vitamina B – Tiamina (mg)	0,08
Vitamina B6 – Piridoxina (mg)	0,11
Vitamina C – Ácido ascórbico (mg)	5,6

Fonte: TACO, 2011.

O comércio desse tubérculo é realizado sem qualquer beneficiamento, geralmente apresentando solo e matéria orgânica aderida à superfície, o que leva a perdas no seu valor de mercado e no tempo de vida de prateleira, causados por insetos, contaminação por microrganismos e transporte inadequado (SIMÕES et al., 2016).

Além disto, o inhame cru é um produto difícil de armazenar devido seu alto teor de água e sua susceptibilidade ao escurecimento enzimático que leva a perda na qualidade do produto, devendo seu tempo entre colheita e consumo ser curto, aproximadamente 15 dias. Uma das formas de manter o produto com características adequadas por maiores períodos é a secagem. Atualmente, os chips e farinha de inhame são encontrados no mercado e podem ser facilmente armazenados a longo prazo e convenientemente consumidos nessa forma (CHEN et al., 2017; CASTRO et al., 2017).

Algumas pesquisas vêm sendo realizadas visando outras aplicações para o inhame, entre elas: o consumo como produto minimamente processado, uso da farinha de inhame como emulsificante, na produção de pães e no preparo de massas. Além disto, há também a indicação da utilização do inhame como alimento alternativo para celíacos e na produção de

filmes comestíveis, com grande potencial de aplicação na indústria de alimentos (NORONHA, 2014).

2.2 SECAGEM

A grande maioria dos alimentos sofre deterioração com muita facilidade, e diante desse problema, algumas técnicas de conservação de alimentos surgiram com a finalidade de diminuir as perdas de qualidade. Dentre as tantas técnicas utilizadas, a secagem dos alimentos é uma das mais utilizadas (CORNEJO et al., 2016).

A secagem de alimentos é amplamente utilizada para estabilizar os produtos, a partir da diminuição da quantidade de água do material, levando a redução da atividade de microrganismos e das mudanças físicas e químicas que ocorrem no armazenamento. Diferentemente dos produtos frescos, que só podem ser armazenados durante poucos dias em condições ambientais, os produtos secos podem ser armazenados durante meses sem perda dos seus nutrientes (CORRÊA et al., 2007; SONG et al., 2018).

A secagem tem a finalidade de eliminar um líquido volátil contido num corpo não volátil, através de evaporação, ou seja, a evaporação da água de um determinado material biológico. Para que o processo de secagem aconteça é necessário um fornecimento de calor para evaporar o teor de água do material e também deve haver um sorvedor de água para remover o vapor de água, formado a partir da superfície do material a ser seco (FIOREZE, 2004).

O processo de secagem pode ocorrer por duas formas: a secagem natural e a secagem artificial. A secagem natural, também chamada de secagem em terreiros, consiste em expor a matéria-prima por longos períodos à radiação solar e ao vento. Este método é simples e de baixo custo, entretanto, o produto fica exposto a condições higiênicas inadequadas por estar sujeito à poeira, insetos, roedores, pássaros, podendo causar ou ser precursor de doenças aos consumidores. A secagem artificial é um processo de remoção de umidade, que implica no uso de equipamentos e condicionamento do ar de secagem pelo controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem (ANDRADE et al., 2018; EMBRAPA, 2003).

O processo de secar os alimentos apresenta diversas vantagens, entre as quais se podem citar a melhor conservação do produto, redução do seu peso e consequentemente redução do custo de transporte e armazenamento em relação aos produtos enlatados e

congelados, além do desenvolvimento de novos produtos agregando valor as matérias-primas (CORNEJO et al., 2016).

2.2.1 Liofilização

O processo de liofilização consiste na desidratação sob condições de alto vácuo de um determinado material. É constituído por três etapas: congelamento, desidratação primária e desidratação secundária. Na primeira etapa ocorre a inércia do material a ser liofilizado, causando interrupção das reações químicas e atividades biológicas, sendo assim uma das fases mais críticas do processo. Depois do congelamento, a amostra biológica é desidratada por meio de sublimação, seguindo-se de dessorção (SILVA, 2015).

O processo de liofilização agrega valor ao alimento por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que emprega baixas temperaturas em seu processamento. Em comparação ao processo de secagem convencional, as principais vantagens apresentadas estão relacionadas à manutenção da estrutura do material, boa estabilidade do produto durante a estocagem devido à minimização de reações relacionadas à deterioração e remoção da umidade a baixas temperaturas. É um processo amplamente difundido nas indústrias farmacêuticas, alimentícias e institutos de pesquisa (TADA et al., 2014; SILVA, 2016).

Alimentos liofilizados podem ser reconstituídos em emulsão pela adição de água, como também ser adicionados diretamente em outros alimentos na forma de pó seco, esse tipo de processo pode melhorar a solubilidade, fluidez e estabilidade dos alimentos no armazenamento. Entretanto, é um processo mais caro quando comparado ao processo de secagem convencional, devido ao alto custo do equipamento e o alto gasto energético do processo (MARQUES & COSTA, 2015; WU et al., 2018).

2.2.2 Secagem convectiva

A secagem convectiva é um processo de remoção de umidade, que implica no uso de equipamentos e condicionamento do ar de secagem pelo controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem. A evaporação da água presente no produto ocorre a partir do ar quente, que transporta calor para o alimento a ser desidratado e, em seguida, é liberado para o ambiente (CORNEJO et al., 2016).

Uma diminuição na umidade relativa do ar provoca uma secagem mais eficiente do que o incremento de temperatura considerando a mesma umidade relativa do ar. Normalmente na transferência de calor por convecção para o alimento, são utilizadas baixas umidades relativas do ar quente a uma velocidade de 0,5 a 3 m/s (CELESTINO, 2010).

A secagem por ar quente é um dos mais populares métodos de conservação, devido a sua simplicidade e baixo custo. Para se evitar a degradação de componentes levando a perda de propriedades sensoriais e nutricionais deve-se controlar as condições de secagem, como por exemplo, evitar o uso de temperaturas muito altas por longos períodos (WOJDYLO et al., 2016).

As propriedades do produto seco e a taxa de secagem são dependentes das condições externas do processo, como temperatura do ar, umidade, velocidade e direção do ar de secagem. Além disso, a taxa de secagem também é influenciada por condições internas, tais como a geometria, espessura, forma e estrutura do produto (CASTRO et al., 2018).

Uma grande quantidade de produtos alimentícios pode ser obtida pelo método de secagem a ar quente, como farinhas, chips, frutas secas, entre outros.

2.3 PÃO

Os egípcios, há mais de 6 mil anos, ao observar o processo de fermentação de uma massa feita com farinha de trigo, descobriram que era possível fazer uma massa comestível, o pão. Documentos atestam que, no século 3 a.C., os gregos já tinham pelo menos 72 receitas de pão. Devido a sua praticidade, sua demanda cresceu, servindo para alimentar e abastecer a população em geral, e ainda como oferendas para os deuses em rituais da época (ABIMAPI, 2017).

De acordo com a RDC nº 90, pão é definido como o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes (BRASIL, 2000).

O pão é mundialmente reconhecido como um alimento de primeira necessidade, promovendo uma rica fonte de carboidratos, fibras, vitaminas e minerais que pode ser consumido de diferentes formas. Seu consumo vem aumentando devido ao seu alto valor

nutricional, conveniência de transportar e comer e baixo preço (WU et al., 2017; LIU et al., 2019).

As principais matérias-primas utilizadas na elaboração dos pães são água, farinha, fermento, açúcar, sal e gordura. Pães de textura mais fina podem conter aproximadamente 50% de água, já os pães artesanais, de textura mais grossa, apresentam de 60-75% de água em sua formulação (JIDEANE, 2019).

O processo de fabricação do pão é complexo e envolve quatro estágios: mistura dos ingredientes secos, hidratação, fermentação e cozimento. Na fabricação do pão, o uso de trigo, cevada e farinhas de centeio são comuns, devido às propriedades funcionais das proteínas do glúten (gliadina e glutenina) em relação a sua capacidade de reidratação e de formar uma massa coesa e viscoelástica (WU et. al., 2017).

A possibilidade de introduzir novos ingredientes para fabricação de pães com objetivo de melhorar as características do produto final é de interesse industrial, podendo significar produtos com características de melhor qualidade sensorial e nutricional e economia associada ao processo de fabricação (BRASIL et al., 2014).

No Brasil, os pães de maior consumo são o pão francês e pão de forma. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI), nos últimos anos, o mercado nacional registrou crescimento no consumo e venda de pães. Em 2015, as empresas do segmento de Panificação e Confeitaria do país registraram vendas de R\$ 84,7 bilhões, o que representa um crescimento de 2,7% em relação ao ano anterior (ABIMAPI, 2019; ABITRIGO, 2016).

2.3.1 Produtos de panificação sem glúten

O glúten é uma proteína estrutural abundante e complexa encontrada no trigo, com propriedades funcionais que conferem características únicas a farinha de trigo e aos produtos obtidos a partir dela (SAPONE et al., 2012).

A fração gliadina do glúten pode levar a uma intolerância alimentar, conhecida como doença celíaca. A ingestão do glúten pelos pacientes desencadeia uma resposta imune que leva a atrofia do intestino delgado e subsequente má absorção de nutrientes. A doença pode se apresentar de diversas formas e ocorre desde a forma clássica (diarréia crônica, dor e distensão abdominal, perda de peso, déficit de crescimento e sinais de desnutrição) até as formas atípicas e silenciosas, sem sintomas gastrintestinais, como a baixa estatura, anemia

resistente à ferroterapia oral, osteoporose, hipoplasia do esmalte dentário, entre outros (ESPINOZA-RAMIREZ et al., 2018; OZTURK et al., 2018; SOUZA, 2015).

Produtos específicos são indispensáveis para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes celíacos. Resultados de inquérito realizado pela Associação de Celíacos do Brasil revelaram que 47% dos pacientes gostariam de encontrar pães sem glúten com maior facilidade (ACELBRA, 2017).

Apesar da grande procura de alimentos sem glúten, a indústria enfrenta um desafio para se obter produtos com a textura desejada, vida de prateleira, aparência e volume, já que a rede viscoelástica formada pelo glúten é responsável por essas características não está presente em outros cereais (OZTURK et al., 2018).

Cerealistas ao redor do mundo têm tentado superar os problemas que emanam da exclusão total de glúten de pães e outros produtos de panificação e, ao mesmo tempo, atenderem expectativas dos consumidores celíacos. Como forma de melhorar a qualidade de pães sem glúten, várias abordagens têm sido relatadas, desde o estudo de novas farinhas e amidos, novos aditivos e novas tecnologias (NAQASH et al., 2017; RINALDI et al., 2017).

De acordo com dados da consultoria internacional Euromintor, o mercado de alimentos sem glúten deve prosperar cerca de 32% até 2020, ainda segundo a pesquisa, 55% dos consumidores celíacos gastam 30% ou mais do seu orçamento no supermercado com produtos sem a presença de glúten (Sociedade Nacional de Agricultura, 2017).

2.4 FERMENTAÇÃO NATURAL (*SOURDOUGH*)

O fermento natural ou *sourdough* é obtido a partir de uma mistura de cereais e água que é fermentada devido à metabolização de bactérias ácido lácticas (BAL) e leveduras. Alguns outros microrganismos como bactérias ácido acéticas (BAA) podem estar presentes, sendo adicionadas ou não à cultura *starter*. Outras formas de se obter o fermento natural são utilizando frutas, iogurte, tubérculos e raízes amiláceas (KERREBROECK et al., 2018; STEFANELLO, 2014).

De acordo com os parâmetros tecnológicos de produção, os fermentos naturais podem ser classificados em três tipos. O tipo I, preparado a temperatura ambiente e alimentado continuamente; Tipo II que é obtido a partir de processo industrial utilizando temperaturas de

fermentação mais elevadas, acima de 30 °C, durante um longo período e o Tipo III que é iniciado por culturas *starters* selecionadas (APLEVICZ, 2013).

A utilização de qualquer um desses tipos de fermento natural está relacionada a uma melhora na qualidade do pão em diversos aspectos como volume, palatabilidade, sabor, síntese de exopolissacarídeos, melhora na biodisponibilidade de nutrientes, entre outras (BULTOSA, 2019).

A maioria dos efeitos positivos atribuídos à fermentação são causados pelos metabólitos produzidos, que normalmente são ácidos orgânicos, exopolissacarídeos e enzimas. Os ácidos orgânicos, principais metabólitos, são responsáveis por duas funções significativas: a) prolongar a vida de prateleira, pois a queda no pH da massa leva a melhora da atividade da amilase, retardando a retrogradação do amido e aumentando a atividade antimicrobiana da massa; e b) melhorar a qualidade sensorial devido à proteólise dos ácidos orgânicos, levando ao acúmulo de aminoácidos responsáveis pela formação de aromas no cozimento (SU et al., 2019).

Outro benefício do uso da fermentação natural é a redução do índice glicêmico do pão, reduzindo a digestibilidade do amido, através da formação dos ácidos orgânicos e outros mecanismos complementares. Atualmente, os alimentos são classificados de acordo com o índice glicêmico em baixo ($IG \leq 55$), moderado (IG entre 56 e 69) e elevado ($IG \geq 70$). O índice glicêmico de um pão de trigo branco é de 71 e sua carga glicêmica é 10, considerando uma porção de 30g, esses mesmos índices para um pão de trigo produzido por fermentação natural é de 54 e 8, respectivamente (GOBBETTI et al., 2018).

Nos últimos anos houve um aumento em relação ao uso dos fermentos naturais devido a algumas pesquisas que indicam que o *sourdough* pode suavizar o impacto das proteínas gliadina e glutenina em indivíduos que sofrem de doença celíaca através de clivagem microbiana de domínios ricos em proteínas do glúten que contribuem para a doença (HOU et al., 2013).

O uso de fermentação natural melhora a capacidade de extração de compostos bioativos das matérias-primas ou libera biomoléculas funcionais oriundas do metabolismo de BAL ou das leveduras, e ao se comparar pães obtidos com fermento comercial e fermentação natural, observou-se que a proteólise induzida pelo *sourdough* atrasou o endurecimento desses pães. Além disso, a produção de ácido durante esse tipo de fermentação aumenta a presença de polissacarídeos que podem substituir parcialmente o glúten e melhorar a estrutura dos pães. Logo, vê-se que a fermentação natural abre novas fronteiras para melhorar a qualidade e aceitabilidade dos produtos sem glúten (NAQASH et al., 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As análises descritas a seguir foram realizadas no Laboratório de Proteômica Estrutural (DBM/CCEN), Laboratório de Bioquímica e Microbiologia de Alimentos (DN/CCS), Laboratório de Engenharia de Alimentos (DEA/CT), Laboratório de Bromatologia (DN/CCS) e Laboratório de Análise Sensorial (DEA/CT) todos localizados na Universidade Federal da Paraíba – Campus I.

3.1 MATERIAIS

Os inhames (*Dioscorea cayannensis* Lam.) utilizados nesta pesquisa foram provenientes da cidade de Areia – PB, que está localizada na microrregião do Brejo Paraibano. As batatas inglesas, açúcar, sal, gordura vegetal, fermento comercial, a farinha de trigo, o reforçador de farinha e a enzima α -amilase foram adquiridos em comércio na cidade de João Pessoa.

3.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE INHAME

3.2.1 Desidratação dos tubérculos

Os tubérculos foram desidratados por dois métodos de secagem, seguindo as etapas representadas na Figura 2. Para realização da secagem foram feitos cortes transversais nos tubérculos com aproximadamente 20 mm de espessura.

O processo de liofilização ocorreu em liofilizador a $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 48h. A farinha obtida foi armazenada em embalagem plástica a temperatura ambiente para realização das análises. Por outro lado, o processo de secagem convectiva foi realizado em estufa com circulação forçada de ar a $60 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 6 horas, o binômio tempo-temperatura foi determinado a partir de testes realizados e dados já existentes na literatura (CHEN et al., 2017).

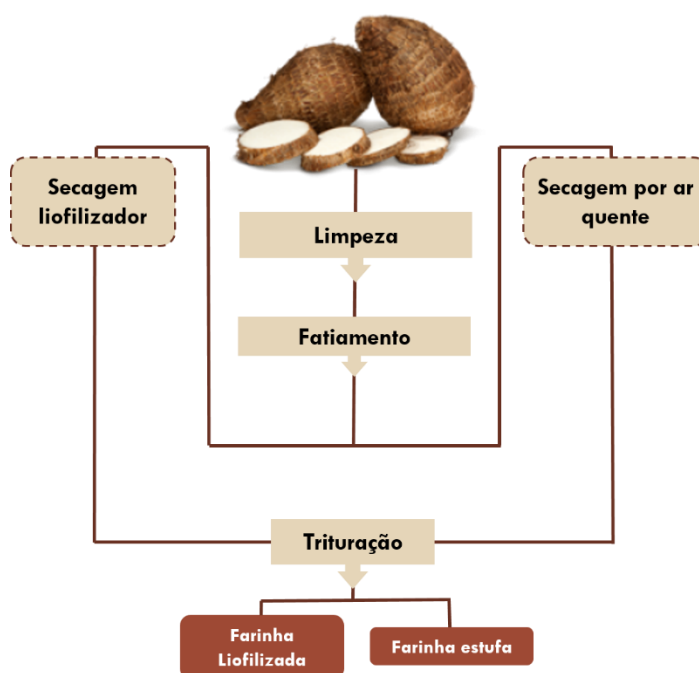


Figura 2 - Fluxograma de processamento para obtenção da farinha de inhame.

Fonte: Autor (2018)

O rendimento das farinhas obtidas foi calculado em porcentagem a partir da relação do peso da amostra seca e da amostra *in natura*, como demonstrado na Equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso amostra seca}}{\text{Peso da amostra } in\ natura} \times 100 \quad (1)$$

3.2.2 Caracterização dos tubérculos e das farinhas obtidas

Com o objetivo de se avaliar a influência do processo de secagem nas características do inhame, foram realizadas em triplicata as análises de umidade (secagem em estufa a 105 °C), cinzas (método gravimétrico em mufla a 550°C), proteínas (Método de Kjeldahl, considerando o fator de correção de 5,75), pH e acidez, seguindo as metodologias da AOAC (2002) tanto no inhame *in natura* como nas farinhas obtidas. O teor lipídico foi mensurado a partir da metodologia de Bligh & Dyer (1959), enquanto o teor de amido pelo método de Lane-Enyon, utilizando o reagente de Fehling. A medida da atividade de água das amostras foi realizada utilizando o equipamento Aqualab® Series 4TEV da marca Decagon.

A análise de cor das amostras foi feita, utilizando o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, no sistema de cor Cielab. Determinando-se os parâmetros de L*: luminosidade; a*: transição da cor verde (-a*) para o vermelho (+a*) e b*: transição da cor

azul (-b*) para a cor amarela (+b*). Considerando a cor do inhame *in natura* o padrão, calculou-se a diferença total de cor (ΔE) a partir da Equação $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)}$.

3.3 PRODUÇÃO DO FERMENTO NATURAL

A preparação e propagação do fermento foram realizadas de acordo com metodologias tradicionais sem a utilização de culturas *starters*, com algumas modificações.

Após a recepção, as batatas foram lavadas para remoção de sujidades e posteriormente descascadas e raladas. As batatas raladas foram misturadas com açúcar, sal e água na proporção de 1:0,2:0,05:1, respectivamente. A mistura foi acondicionada em recipiente de vidro esterilizado e deixada fermentar durante aproximadamente 7 dias a 25 °C em estufa bacteriológica, dando origem ao fermento inicial.

Durante o desenvolvimento do fermento natural, a fermentação foi acompanhada nos dias 1, 3, 5 e 7, a partir das medidas de pH e acidez titulável que foram realizadas seguindo metodologia descrita no manual de normas analíticas do IAL (2008). No 7º dia de fermentação, realizou-se a primeira propagação do fermento, onde, separou-se 50% da fermentação inicial em um novo recipiente e adicionaram-se batatas raladas, açúcar, sal e água na mesma proporção inicial. Após 24h, a propagação estava estável e pronta para produção dos pães.

Os outros 50% da fermentação inicial, ou a massa mãe, foram armazenados sob refrigeração e utilizados nas demais propagações.

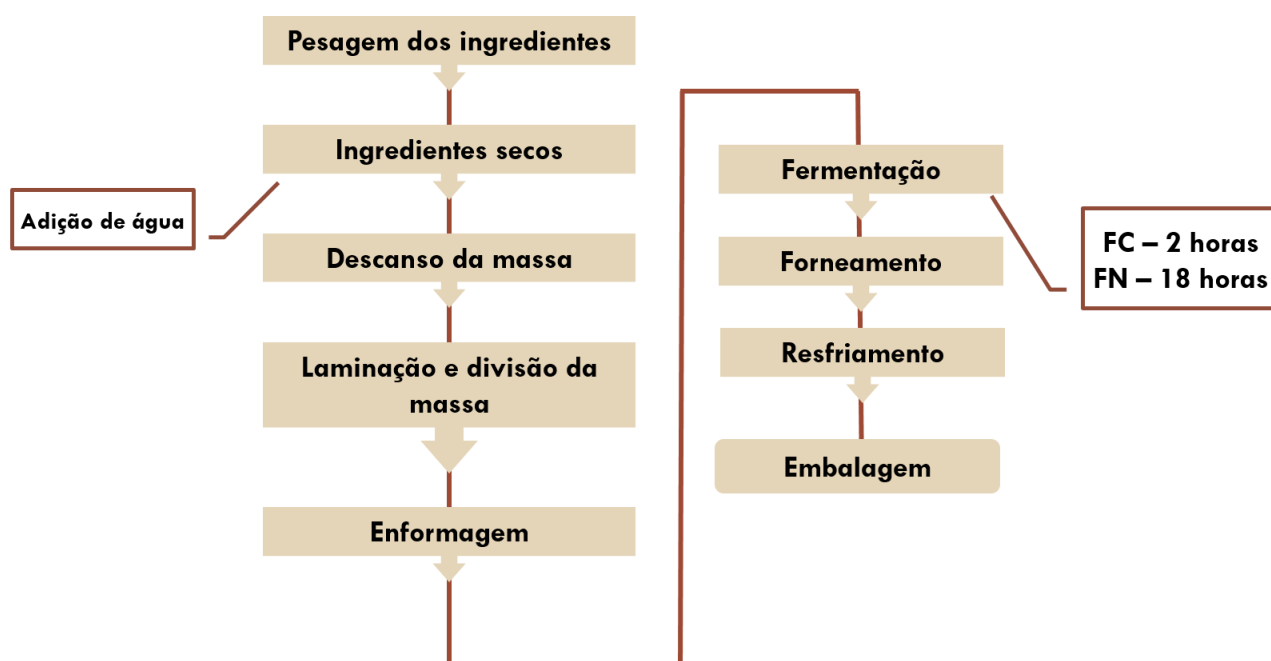
3.4 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DOS PÃES

Para elaboração dos pães foi utilizada a farinha obtida por secagem convectiva, por esta ter apresentado um menor teor de água e consequentemente uma menor atividade de água. O nível de substituição de farinha de trigo pela farinha de inhame foi realizado conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Planejamento de mistura das farinhas de trigo e de inhame.

Amostras	Farinha de trigo (FT)	Farinha de inhame (FI)
	(%)	(%)
01	100	0
02	75	25
03	50	50
04	25	75
05	0	100

A elaboração dos pães seguiu as boas práticas de fabricação através do procedimento de massa direta (Figura 3), que consistiu na mistura de todas as matérias-primas até a obtenção de uma massa lisa e homogênea.

**Figura 3** – Fluxograma para elaboração dos pães de forma pelo método direto

Fonte: Autor (2017).

Os fermentos utilizados para fermentação dos pães foram o fermento biológico seco comercial da marca Fleischmann e o fermento natural de batata. A quantidade de fermento natural utilizada foi estabelecida mediante testes preliminares. A quantidade de cada ingrediente utilizado encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Formulação base para os pães elaborados a partir de fermento comercial e fermento natural de batata

Matéria-prima	FC (%)	FN (%)
Farinha	100	100
Açúcar	12	12
Sal	1,4	1,4
Gordura vegetal	6	6
Fermento biológico comercial	3,2	-
Fermento natural de batata	-	60
α – amilase fúngica	0,0010	0,0010
Reforçador de farinha	1	1
Água	44	44

Onde: FC - Formulação utilizando fermento biológico comercial e FN – Formulação utilizando fermento natural.

Fonte: Senai (2006) com modificações

A partir de testes preliminares, observou-se que os pães com 100% de farinha de inhame não apresentavam fermentação satisfatória quando comparados aos pães com farinha de trigo, devido ao alto teor de amido e baixo teor de açúcares redutores presentes na farinha; com isto, foi necessária a adição da enzima alfa-amilase e de um reforçador em pó para panificação (Uni-Tec® da marca Promix), para que houvesse uma quebra na molécula de amido do inhame e o processo de fermentação fosse mais eficiente.

Devido à diferença no tipo de fermento utilizado, os tempos de fermentação para que os pães apresentassem o dobro do volume inicial foram diferentes para cada um deles. Os pães obtidos a partir do fermento comercial fermentaram durante aproximadamente 2 horas, já para aqueles obtidos por fermentação natural, o período foi de 18 horas.

Após frios, os pães foram embalados em embalagens plásticas e armazenados em temperatura ambiente até serem utilizados para análises.

3.4.1 Caracterização física e química dos pães:

Nas amostras de pães foram realizadas as análises de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, pH e acidez, atividade de água e cor (crosta e miolo), seguindo as metodologias citadas no item 3.2.2.

Além destas, foram realizadas as análises de açúcares totais e redutores a partir do método Lane – Enyon utilizando o reagente de Fehling.

3.5 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Os extratos para determinação da atividade antioxidante foram preparados a partir de metodologia descrita por RUFINO et al. (2007), utilizando 10g de cada amostra, aos quais foram adicionados uma solução de metanol 50% e deixados em repouso por 60 min. Após o repouso, as amostras foram centrifugadas e o sobrenadante reservado. Ao resíduo da primeira extração adicionou-se uma solução de acetona 70% e repetiu-se o mesmo procedimento.

A partir do extrato final obtido, realizou-se a avaliação da capacidade antioxidante pelo sequestro dos radicais DDPH e ABTS.

3.5.1 Captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila)

A capacidade sequestrante do radical 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH), pelos pães foi determinada de acordo com metodologia de RUFINO et al. (2007) com algumas modificações. Alíquotas de 40µl de diferentes diluições do extrato bruto foram misturadas a 1,5 mL de solução de DPPH (60 µmol/L) e a absorbância mensurada a 515 nm, as leituras foram realizadas logo após a mistura e decorridos 30 minutos. A concentração do radical DPPH nas amostras de reação foi calculada a partir de uma curva de calibração, usando Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), um antioxidante sintético análogo à vitamina E, para construção da curva padrão. A atividade sequestrante das amostras foi expressa como a percentagem do efeito do Trolox sobre o radical livre de acordo com a Equação 9.

$$\% \text{ Efeito sequestrante} = [(Abs \text{ branco} - Abs \text{ amostra}) / Abs \text{ branco}] \times 100 \quad (9)$$

O coeficiente de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TEAC) foi calculado dividindo a concentração de Trolox pela curva e a concentração final da amostra em mg/mL.

3.5.2 Captura do radical ABTS (2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico))

A capacidade sequestrante do radical 2,2'-azinobis- (3-ethylbenzothiazoline)-6sulfonic acid (ABTS•+) pelos pães foi determinada de acordo com metodologia de RUFINO et al. (2007) com algumas modificações. A curva padrão foi construída utilizando Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2carboxylic acid), um antioxidante sintético análogo à vitamina E, (1.000 µmol/L). Alíquotas de 30 µL das diferentes diluições do extrato bruto foram misturadas com 3,0 mL da solução do radical ABTS•+ em tubos de ensaio e homogeneizadas em agitador de tubos. Após 6 min a leitura foi realizada a (734 nm). A capacidade de eliminação do radical ABTS•+ foi calculada utilizando a Equação 9.

O coeficiente de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TEAC) foi calculado dividindo a concentração de Trolox pela curva e a concentração final da amostra em mg/mL.

3.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

De acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos para alimentos presentes na RDC nº 12 (BRASIL, 2000), as amostras de pães foram submetidas às análises de coliformes a 45 °C pela avaliação do número mais provável, metodologia descrita pela American Public Health Association (APHA, 2001) e *Salmonella* spp pelo método do Food and Drug Administration (FDA, 2011). Todas as análises foram realizadas em triplicada e 24 horas após o processamento dos pães.

3.7 ANÁLISE SENSORIAL

A avaliação sensorial foi realizada após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (CAAE – 01831018.7.0000.5188), para atender as exigências éticas e científicas dispostas na Resolução 466/ 2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS, 2012)

(ANEXO A). Os julgadores estavam cientes dos objetivos da pesquisa, segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE 1).

Para realização da sensorial, de forma a não fadigar o paladar dos provadores, foram escolhidas as formulações controle (100% farinha de trigo), 50% de farinha de inhame e 100% de farinha de inhame para os dois tipos de fermentos avaliados, sendo assim, um total de 6 amostras.

Foi realizado um teste de aceitação com 80 julgadores não treinados, onde foram avaliados os parâmetros de cor, aroma, textura, sabor e aceitação global, utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (9 “gostei extremamente” e 1 “desgostei extremamente”) (STONE E SIDEL, 1985). Também foi avaliada a intenção de compra desse produto, a partir de um teste de intenção de compra com escores variando de 5 (certamente compraria) a 1 (certamente não compraria). A ficha utilizada para realização do teste encontra-se no Apêndice 2.

Para execução do teste, as amostras foram apresentadas em pratos descartáveis codificados com três números aleatórios, de forma balanceada e em blocos completos. Foi pedido que os provadores avaliassem as amostras da esquerda para direita e fizessem a limpeza do paladar entre as amostras, para isto, foi fornecido um copo com água à temperatura ambiente, o teste foi aplicado em cabines individuais sob luz branca.

Para avaliar a aceitação dos pães, foi realizado o cálculo do Índice de Aceitabilidade (IA) a partir da equação descrita por Bispo et al. (2004).

$$IA (\%) = \left(\frac{\text{nota média}}{\text{maior nota}} \right) \times 100$$

O IA foi considerado com boa repercussão quando apresentou valores iguais ou superiores a 70% ($\geq 70\%$).

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo as análises realizadas em triplicata e os resultados expressos como média e desvio padrão. Todos os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de dois fatores e as médias comparadas entre si a partir do teste de Tukey a um nível de significância de 5%. A análise

estatística dos resultados foi realizada utilizando o software STATISTICA 7.0[®] (STATSOFT Inc., 2007).

REFERÊNCIAS

ABIMAPI - Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-paes-bolos.php>>. Acesso em: Julho/2017.

ABITRIGO – Associação Brasileira da Indústria do Trigo. Disponível em:<<http://www.abitrigo.com.br/noticias-detalle.php?c=MTcz>>. Acesso em: Julho/2017.

ACELBRA – Associação de Celíacos do Brasil. Disponível em: <www.acelbra.org.br>. Acesso em: Agosto/2017.

ADEPOJU, O.T.; BOYEJO, O.; ADENIJI, P.O. Effects of processing methods on nutrient and antinutrient composition of yellow yam (*Dioscorea cayenensis*) products. **Food chemistry**, v. 238, p. 160-165, 2018.

AMANDIKWA, C.; IWE, M. O.; UZOMAH, A.; OLAWUNI, A. I. Physico-chemical properties of wheat-yam flour composite bread. **Nigerian Food Journal**, n.33, v.1, p.12-17, 2015.

ANDRADE, V.C.V.; REZENDE, I.T.F.; CORIOLANO, D.L.; NASCIMENTO, A.G.; FIGUEIREDO, R.T.; ALSINA, O.S. Avaliação do desempenho do secador solar no processo de secagem da manga de manga. In **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. HORWITZ, W. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 17 ed Arlington: AOAC Inc., v.1 e v.2, 2002.

APLEVICZ, K.S. Fermentação natural em pães: ciência ou modismo. **Aditivos & Ingredientes**, v. 105, p. 36-38, 2014.

APLEVICZ, K.S. *Identificação de bactérias lácticas e leveduras em fermento natural obtido a partir de uva e sua aplicação em pães*. 2013. 162 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BISPO, E.S.; SANTANA, L.R.R.; CARVALHO, R.D.S.; LEITE, C.C.; LIMA, M.A.C. Processamento, estabilidade e estabilidade de marinado de vongole (*Anomalocardia brasiliensis*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.24, n.3, p.353-356, 2004.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL, D.; BELO, T.; ZAMBELLI, R.; PONTES, D.; SILVA, M. Desenvolvimento de pães tipo forma adicionado de farinha de berinjela. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Engenharia e Tecnologia de Alimentos**. Florianópolis, 2014.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº12, de 02/01/2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial Da República Federativa Do Brasil, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº. 90 de 17 de outubro de 2000. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78_pao.htm>. Acesso em: Julho/2017.

BULTOSA, G. Traditional African Bread: Physicochemical and Sensory Properties of Fermented Breads, **Encyclopedia of Food Chemistry**, Academic Press, p.81-89, 2019.

CAMPO, E.; DEL ARCO, L.; URTASUN, L.; ORIA, R.; FERRER-MAIRAL, A. Impact of sourdough on sensory properties and consumers' preference of gluten-free breads enriched with teff flour. **Journal of Cereal Science**, v.67, p.75-82, 2016.

CASTRO, A.M.; MAYORGA, E.Y.; MORENO, F. L. Mathematical modelling of convective drying of fruits: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 223, p. 152-167, 2018.

CASTRO, D.S.D.; OLIVEIRA, T.K.B.D.; LEMOS, D.M.; ROCHA, A.P.T.; ALMEIDA, R.D. Effect of temperature on the physicochemical composition and bioactive compounds of taro flour obtained in a spouted bed. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

CELESTINO, S.MC. Princípios de secagem em alimentos. In: **Documentos 276**. Planaltina, 2010.

CHEN, X.; LU, J.; LI, X.; WANG, Y.; MIAO, J.; MAO, X.; GAO, W. Effect of blanching and drying temperatures on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant activities of yam flours. **LWT-Food Science and Technology**, n.82, p.303-310, 2017.

CONTE, P.; DEL CARO, A.; BALESTRA, F.; PIGA, A.; FADDA, C. Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physical-chemical, technological and sensory approach. **LWT**, v.90, p.1-7, 2018

CORNEJO, F.E.P.; NOGUEIRA, R.I.; WILBERG, V.C. Secagem e desidratação. *Árvore do conhecimento – Tecnologia de Alimentos*. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473tokdiw5.html>. Acesso em: Julho/2017.

CORRÊA, P.; C.O., Martinazzo, A. P., Goneli, A. L., & Botelho, F. M. Mathematical modelling for describing the drying process of the edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in thin layers. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.

COSTA, D. P., ABREU, E. F. M., MEISSNER FILHO, P. E., OLIVEIRA, S. Otimização de protocolos para detecção molecular de viroses em inhame. *Magistra*, n.27, v.3, p. 442-451, 2017.

EMBRAPA – Batata-doce (*Ipomeas batatas*). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/origem.html>. Acesso em: Março/ 2016.>. Acesso em: Julho/2017.

ENCINA-ZELADA, C.R.; CADAVEZ, V.; MONTEIRO, F.; TEIXEIRA, J.A.; GONZALES-BARRON, U. Combined effect of xanthan gum and water content on physicochemical and

textural properties of gluten-free batter and bread. **Food research international**, 111, 544-555, 2018.

ESPINOZA-RAMIREZ, J.; G, R.; SALDIVAR, S.O.S.; ROSSEL, C.M. Functional and nutritional replacement of gluten in gluten-free yeast-leavened breads by using β -conglycinin concentrate extracted from soybean flour, **Food Hydrocolloids**, v.84, p.353-360, 2018.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/Agricultural statistic database. Roma. World Agricultural Information Center, 2005. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S> >. Acesso em: Julho/2017.

FIOREZE, R. *Princípios de Secagem de Produtos Biológicos*. João Pessoa: Editora Universitária / UFPB, 2004. 229p.

FRANÇA, G.S. *Potencial de leveduras no controle biológico da podridão verde do inhame*. 2016. 56 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GANZLE, M.; RIPARI, V. Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality. **International journal of food microbiology**, v.239, p.19-25, 2016.

GOBBETTI, M.; ANGELIS, M.; CAGNO, R.; CALASSO, M.; ARCHETTI, G.; RIZZELLO, C.G. Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. **International journal of food microbiology**. Accepted Manuscript, 2018.

HOU, G. G., HSU, Y. H. Comparing fermentation gas production between wheat and apple sourdough starters using the Risograph. **Food Bioscience**, v.3, p.75-81, 2013.

JIDEANI, V.A. Bread Storage and Preservation. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, Elsevier, p. 593-604, ISBN 9780128126882, 2019.

KERREBROECK, S.V., COMASIO, A., HARTH, H., DE VUYST, L. Impact of starter culture, ingredients, and flour type on sourdough bread volatiles as monitored by selected ion flow tube-mass spectrometry. **Food Research International**, 2017.

LIU, X.; LU, K.; YU, J.; COPELAND, L.; WANG, S.; WANG, S. Effect of purple yam flour substitution for wheat flour on in vitro starch digestibility of wheat bread, *Food Chemistry*. Accepted manuscript, 2019.

MARQUES, E.C.; COSTA, S.R.R. Estudo da liofilização pela engenharia de produto no processamento industrial de alimentos. **Acta Tecnológica**, v.10, n.1, p.44-52, 2015.

MONTHE, O.C.; GROSMARE, L.; NGUIMBOU, R.M.; DAHDUGH, L.; RICCI, J.; TRAN, T.; NDJOUENKEU, R. Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. **LWT**, v.101, p.575-582, 2019.

NASCIMENTO, A.B.; FIATES, G.M.R.; TEIXEIRA, E. We want to be normal! Perceptions of a group of Brazilian consumers with coeliac disease on gluten-free bread buns. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v.7, p.27-31, 2017.

NAQASH, F.; GANI, A.; GANI, A.; MASOODI, F.A. Gluten-free baking: Combating the challenges-A review. **Trends in Food Science & Technology**, 66, 98-107, 2017.

NORONHA, M.A. Principais doenças do inhame (*Dioscorea cayennensis*) nos tabuleiros costeiros do Nordeste. In: **Comunicado Técnico 150**. Aracajú, 2014.

NYEMBWE, P. M.; KOCK, H. L.; TAYLOR, J.R. Potential of defatted marama flour-cassava starch composites to produce functional gluten-free bread-type dough. **LWT**, v.92, p.429-434, 2018.

OZTURK, O.K.; MERT, B. The use of microfluidization for the production of xanthan and citrus fiber-based gluten-free corn breads. **LWT**, v. 96, p. 34-41, 2018.

RINALDI, M., PACIULLI, M., CALIGIANI, A., SCAZZINA, F., CHIAVARO, E. Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. **Food chemistry**, v.224, p.144-152, 2017.

RUFINO, M.D.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.D.G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^o+. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

RUFINO, M.D.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.D.G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Comunicado técnico–metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SÁ, A.R.A.; LIMA, M.B.; GARCIA, E.I.; MENDES, M.L.M.; OMENA MESSIAS, C.M.B. Caracterização físico-química e nutricional de farinhas obtidas de inhame (*Dioscorea spp.*) e taro (*Colocasia esculenta*) comercializados em Petrolina-PE. **Saúde**, v.3, n.44, 2018.

SANTOS, A. B. M., TEIXEIRA, W. M., SANTOS, G. O., SANTOS, A. V. Levantamento de *Pratylenchus spp.* E outros nematoides associados à cultura do inhame (*Dioscores spp.*) em áreas produtoras de Rondônia. **Revista Ulbra**, v.1, n.1. 2015.

SAPONE, A., BAI, J. C., CIACCI, C., DOLINSEK, J., GREEN, P. H. R., HADJIVASSILIOU, M. Spectrum of gluten-related disorders: Consensus on new nomenclature and classification. **BMC Medicine**, v.10, n.13, 2012.

SILVA, A.T.A. **Cultivo de kefir em soro de leite e avaliação da viabilidade celular por liofilização**. 2015. 49 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão.

SILVA, M. J. S.; ROCHA, A. P. T.; SANTOS, D.C.; ARAÚJO, A.S; OLIVEIRA, M. N. Caracterização físico-química de blend de abacaxi com acerola obtido pelo método de

liofilização. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, n.11, v.5, p.110-113, 2016.

SIMÕES, A.N.; FREIRE, C.S.; SILVA, E.F., JÚNIOR, A.P.B.; SILVA, S.L.F. Quality of minimally processed yam (*Dioscorea* sp.) stored at two diferente temperatures. **Revista Caatinga**, v.29, n.1, p.25-36, 2016.

Sociedade Nacional de Agricultura. 8º Gluten Free Brasil e a 5ª Expo Funcionais & Nutracêuticos seguem expectativa do mercado. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/8o-gluten-free-brasil-e-5a-expo-funcionais-nutraceuticos-crescem-acompanhando-expectativa-do-mercado/>>. Acesso em: Fevereiro/2019.

SONG, X.; HU, H.; ZHANG, B. Drying characteristics of Chinese Yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) by far-infrared radiation and heat pump. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 3, p. 290-296, 2018.

SOUZA, C.A.N; CARDOSO, I. B.; PUGLIESI, J. L.; SILVA, P. C. A.; SANTOS, S. P. L.; FRAGOSO, M. D. A. C. Doença celíaca: como ampliar o diagnóstico e o tratamento adequado no estado de Alagoas. **Entre Aberta Revista de Extensão**, v. 1, n. 1, 2015.

STATSOFT, STATISTICA for Windows version 7.0. Computer program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007.

STEFANELLO, R. F. *Produção, liofilização e aplicação de fermento natural em pão tipo sourdough*. 2014. 160p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v.28, p.4–34, 1974.

SU X.; WU, F.; ZHANG, Y.; YANG, N.; CHEN, F.; JIN, Z.; XU, X. Effect of organic acids on bread quality improvement, **Food Chemistry**, v.278, p.267-275, 2019.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO. NEPA-UNICAMP, 2011.

TADA, É. F. R.; UMEDA, W. M.; MELO SOBRINHO, M. N.; CAMARGO, S. E.; JUSTOS, A. Avaliação da qualidade de cebola (*Allium cepa* L.) desidratada submetida a diferentes métodos. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, n.16, v.1, 2014.

TURKUT, G.M.; CAKMAK, H.; KUMCUOGLU, S.; TAYMAN, S. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v.69, p.174-181, 2016.

UKPABIA, U.J.; UCHUCHUKWU, N. Potentials of Chinese yam (*Dioscorea esculenta*) flour in bread. In: Proceedings of the Eight Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, African Branch. Ibadan Nigeria. p.219-221, 2001.

WOJDYLO, A.; FIGIEL, A.; LEGUA, P.; LECH, K.; BARRACHINA, A.C.; HERNÁNDEZ, F. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. **Food Chemistry**, v.207, p.170-179, 2016

WRIGHT, S.G.A.; GRAY, W.G.; ASEMOTA, H. Anti-cancer activity of extract from the Jamaican round-leaf yellow yam (RLY²) *Dioscorea cayenensis*. In: PROCEEDINGS OF THE AMERICAN ASSOCIATION FOR CANCER RESEARCH ANNUAL MEETING, 2017, Washington.

WU, H.Y.; SUN, C.B.; LIU, N. Effects of different cryoprotectants on microemulsion freeze-drying. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2018.

WU, T.; TAYLOR, C.; NEBL, T.; NG, K.; BENNETT, L. E. Effects of chemical composition and baking on in vitro digestibility of proteins in breads made from selected gluten-containing and gluten-free flours. **Food Chemistry**, n.233, p.514-524, 2017.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos com a realização desta dissertação permitiram a elaboração de um (01) artigo científico.

ARTIGO 1: “Evaluation of quality parameters and antioxidant activity of yam flour based bread (*Dioscorea cayennensis* Lam.) obtained by natural fermentation” submetido ao periódico “Cereal Chemistry”.

ARTIGO 1**EVALUATION OF QUALITY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF YAM FLOUR
(*Dioscorea cayennensis* Lam.) BASED BREAD OBTAINED BY NATURAL
FERMENTATION**

EVALUATION OF QUALITY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF YAM FLOUR (*Dioscorea cayennensis* Lam.) BASED BREAD OBTAINED BY NATURAL FERMENTATION

Abstract

Yam is a tuber grown mainly in the states of Paraíba and Pernambuco in northeastern Brazil. Due to its high water content it is a perishable product, requiring the application of technologies that increase its shelf life such as drying. The application of new flours in the production of bakery products, such as breads, has been growing and several studies that evaluate the replacement of wheat flour by other starchy sources are being carried out. Due to the absence of gluten, breads have some undesirable characteristics that can be circumvented from various means, including the use of natural fermentation. With this, the objective of the research was to obtain the yam flour using two different drying methods (freeze drying and hot air drying) and to apply the flour in the preparation of breads with substitution of wheat flour for yam flour using natural fermentation. The yam flour and breads were analyzed for physicochemical composition, antioxidant capacity by capturing the radicals ABTS and DPPH and microbiological analysis, the sensory evaluation of the breads was performed based on an acceptance test and purchase intention. The results obtained were submitted to two-way ANOVA and the means compared by Tukey's test at the level of 5% of significance. The data obtained from the physicochemical analysis showed that the drying method had no influence on most of the analyzed parameters. Regarding breads, it was observed that an increase in the level of yam flour led to a decrease in the levels of proteins (3,26% and 2,73%), lipids (3,88 and 3,43% in the breads obtained by commercial and natural yeast respectively) and reducing sugars. However, breads with 100% yam flour and natural fermentation showed a greater antioxidant activity, for the ABTS radical the capture capacity was 31,35 $\mu\text{mol ET/g}$ and for the DDPH radical of 12,75 $\mu\text{mol ET/g}$. The sensorial evaluation showed that the natural fermentation breads with up to 50% of yam flour did not present statistical difference, for the evaluated parameters, in relation to the most accepted sample that was the control with commercial yeast. With this, it was observed that the use of natural fermentation and the replacement of up to 50% of wheat flour were positive in obtaining breads with yam flour.

Keywords: tubers; natural yeast; antioxidant capacity

1. Introduction

The yam belongs to the genus *Dioscorea* and is an important food in several tropical countries. Due to favorable sensory characteristics, ease of storage and socioeconomic importance, yams have a higher economic value than other starch matrices (ABIODUN et al., 2014; PRICE et al., 2018).

The species *Dioscorea cayennensis* is a rich source of antioxidants, vitamins and phytochemicals. In human nutrition, yams can be used cooked, roasted, fried or made into mashed to suit regional tastes and people's customs. (WRIGHT et al., 2017).

In recent years, there has been a significant increase in the consumption of carbohydrate-rich foods as a result of changing lifestyles and eating patterns. Bread is a staple food consumed in different forms in many parts of the world, it is mainly produced from white wheat flour. Due to the growing number of people diagnosed with celiac disease, combined with consumer demand for new products that are perceived as “healthy”, the consumer market for products made from alternative matrices to wheat is growing (MUGGAH et al., 2016; LIU et al., 2019; XU et al., 2019).

However, the production of high quality gluten-free bread is a challenge for the industry, due to the absence of gluten from wheat flour that is responsible for unique viscoelastic characteristics. In order to imitate the properties of gluten and obtain quality bakery products, various ingredients and additives are used (MIR et al., 2016; SKENDI et al., 2018).

The use of sourdough or natural fermentation has been reported as a strategy to overcome defects in gluten-free breads, reducing the need for expensive additives and obtaining greater consumer acceptance (RINALDI et al., 2017).

Sourdough is a mixture usually made of cereals and water that is fermented due to the simultaneous metabolization of lactic acid bacteria (LAB) and yeasts. Sometimes, other groups of microorganisms, such as acetic acid bacteria (AAB) may be present, whether or not they are added to the starter culture. Natural yeast can also be obtained using fruits, yogurt, tubers and starchy roots (STEFANELLO, 2014; KERREBROECK et al., 2018).

Natural fermentation plays an important role in bakery products, improving aroma, texture and increasing shelf life. These benefits have been attributed to the metabolites of lactic acid bacteria during fermentation, including organic acids, volatile compounds and exopolysaccharides (ZHANG et al., 2018)

Another benefit is related to improving the nutritional characteristics of bread to improve the mineral bioavailability, reduce the glycemic response and regulate the accessibility of bioactive compounds (CHINMA et al., 2016).

Therefore, this research aimed to prepare a bread with substitution of wheat flour for yam flour (*Dioscorea cayannensis*) and to evaluate the influence of natural fermentation on physical-chemical parameters, antioxidant activity and sensory acceptance.

2. Material and methods

2.1 Material

The yams (*Dioscorea cayannensis* Lam.) used in this research came from the city of Areia, Paraíba state, Brazil. Potatoes (*Solanum tuberosum*), sugar, salt, vegetable fat, commercial yeast, wheat flour, dough improver and the enzyme α -amylase were purchased in a local commerce in the city of João Pessoa, Brazil.

2.2 Preparation of dry yam flour

The yam tubers were cleaned, peeled and cut transversely into slices (20 mm of thickness). To obtain the flour, two drying methods were tested, freeze drying that occurred at -37°C for approximately 48 hours, and a hot air drying oven at $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ for 6 hours.

2.3 Physicochemical parameters of yam flour

In order to evaluate the influence of the drying process on the characteristics of the yam, moisture analysis (air oven method at 105°C), ash (muffle furnace at 550°C for 4 h), crude protein (Kjeldahl method and the amount of protein calculated considering the correction factor of 5.75), pH, total titratable acidity and starch, following the methodology described in the AOAC analytical standards manual (2002) both in fresh yam and in the flours obtained. The fat content was determined using the Bligh & Dyer method (1959) and the water activity measured using Aqualab equipment (Decagon brand - Series 4TEV).

To evaluate the color parameters, a digital colorimeter (MiniScan HunterLab XE Plus) was used in the Cielab color system. The color components collected were L*: luminosity; a*

(- green to + red) and b^* (- blue to + yellow). Considering the color of fresh yam as standard, the total color difference was calculated by $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)}$.

2.4 Production of natural yeast

The preparation and propagation of yeast were performed according to artisanal methods without using starter cultures, using potatoes as a substrate. The grated potatoes were mixed with sugar, salt and water in the proportion of 1: 0,2: 0,05: 1 respectively. The mixture fermented for approximately 7 days at 25 ° C in a bacteriological oven, giving rise to the initial yeast. Fermentation was monitored on days 1, 3, 5 and 7, based on pH and titratable acidity, measurements were carried out using the AOAC methodology (2002).

2.5 Process of preparation and characterization of breads

The level of substitution of wheat flour for yam flour was carried out from a planning of mixtures between the two flours starting from a control of 100% wheat flour and four other formulations with increasing substitution of wheat flour from yam flour (25, 50, 75 and 100%).

The bread recipe consisted of 100g of each blend, 12 g sugar, 1,4 g salt, 6 g vegetable shortening, 1 g dough improver, 0,001 g α -amylase and 44 g of cold water.

The yeasts used for bread fermentation were commercial dry yeast (Fleischmann®) and natural potato yeast. The amount of yeast used was 3 g for commercial yeast and 60 g for natural potato yeast, established through preliminary tests.

From preliminary tests, it was observed that breads with 100% yam flour did not show satisfactory fermentation when compared to breads with wheat flour, due to the high starch content and low content of reducing sugars present in the flour, with this, it was necessary to add the α -amylase enzyme and a dough improver (Promix - UniTec), so that there was a break in the yam starch molecule and the fermentation process was more efficient.

The bread was made using the direct dough procedure, which consisted of mixing all the ingredients until obtaining a smooth and homogeneous dough. After, the dough was formatted and taken to ferment at room temperature, until the breads had twice the initial volume, the baking was carried out at 240 ° C for 30 min.

Due to the difference in the type of yeast used, the fermentation time for the breads to have twice the initial volume were different for each one, the breads obtained from commercial yeast fermented for approximately 2 hours and those obtained by natural fermentation the period was 18 hours.

After cold, the breads were packed in plastic packages and stored at room temperature until used for analysis.

The breads obtained were characterized according to their physical-chemical characteristics according to the procedures described in topic 2.3.

2.6 Determination of antioxidant capacity

Antioxidant activity of breads was evaluated by DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-azinobis- (3-ethylbenzothiazoline) -6sulfonic acid) radical scavenging according to the methodology of RUFINO et al. (2007). The results were expressed as a Trolox equivalent antioxidant capacity coefficient.

2.7 Microbiological analysis

According to the microbiological standards established for food in Brazil RDC No. 12 (BRAZIL, 2000), bread samples were subjected to coliform analysis at 45 ° C for the most probable number assessment, a methodology described by the American Public Health Association (APHA, 2001) and *Salmonella* spp. using the Food and Drug Administration method (FDA, 2011). All analyzes were performed in triplicate and 24 hours after bread processing.

2.8 Sensory evaluation

An acceptance test was carried out with 80 untrained judges (48 females and 52 males) aged between 18 and 30 years, the parameters of color, aroma, texture, flavor and global acceptance were evaluated, using a structured hedonic scale of 9 points (9 “liked extremely” and 1 “I disliked extremely”) (STONE AND SIDEL, 1985). The purchase intention for this product was also assessed, based on a purchase intention test with scores ranging from 5 (certainly buy) to 1 (certainly not buy). In order not to fatigue the taste buds of the judges, the Control samples (100% wheat flour), 50% yam flour and 100% yam flour were submitted to

sensory analysis, for each yeast used, totaling 6 samples. To assess the acceptance of bread, an Acceptability Index (AI) was calculated using the equation described by Bispo et al. (2004), where, $AI (\%) = \left(\frac{\text{average grade}}{\text{highest grade}} \right) \times 100$ with good repercussion has been considered $\geq 70\%$.

2.9 Statistical analysis

A completely randomized experimental design was used, with the analyzes performed in triplicate and the results expressed as mean and standard deviation, all results were subjected to two-way analysis of variance (ANOVA) and the means compared to each other using the Tukey at a 5% significance level. The statistical analysis of the results was performed using the software STATISTICA 7.0[®] (STATSOFT Inc., 2007).

3. Results and discussion

3.1 Physicochemical characterization of yam flour

The results of the proximate composition and color parameters of the yams and flours obtained from the two drying methods are shown in Tables 1 and 2.

Table 1 – Physicochemical parameters of fresh yams and flours obtained from freeze drying and hot air drying oven

	Fresh yam	HDF	FDF
Moisture (%)	68,26 ± 0,147 ^a	6,85 ± 0,24 ^c	8,93 ± 0,18 ^b
pH	7,05 ± 0,07 ^a	6,49 ± 0,03 ^b	5,80 ± 0,02 ^c
TTA (%)	1,08 ± 0,31 ^a	1,39 ± 0,11 ^a	3,37 ± 0,25 ^b
Starch (%)	21,96 ± 0,27 ^a	73,39 ± 0,62 ^b	69,32 ± 0,48 ^b
Fat (%)	0,14 ± 0,01 ^a	0,28 ± 0,08 ^a	0,26 ± 0,01 ^a
Protein (%)	1,34 ± 0,11 ^a	3,04 ± 0,41 ^b	3,85 ± 0,36 ^b
Ash (%)	0,61 ± 0,04 ^a	2,34 ± 0,01 ^b	3,29 ± 0,26 ^b
Water activity (25 °C)	0,927 ± 0,001 ^a	0,597 ± 0,003 ^c	0,690 ± 0,011 ^b

HDF = Hot air drying flour / FDF = freeze drying flour

TTA = total titratable acidity

Different superscript letter in the same line indicates statistically significant differences (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$).

From the data analysis, it is observed that the fresh yam had a high water content, approximately 68%, with the drying process there was a significant decrease in the moisture of the product, a behavior that was already expected, since the purpose of this processing was to reduce the water present. According to Wahab et al. (2016) food moisture is a perishable index, so the lower the moisture in the flour, the more it is suitable for prolonged storage and industrial processing. Pessoa et al. (2017) found higher moisture value (76,26%) for fresh yam, as well as Sá et al. (2018), (8,8%) for yam flour sold in Petrolina-PE. Wheat flour, which is the most used in bakery products, has a moisture content of 13% according to TACO (2014), which is an important factor that will influence the rheological properties of the dough.

The samples showed a pH close to neutrality, with the exception of freeze dried flour, which had a slightly acid pH, these data were confirmed from the total titratable acidity, where the highest acidity (3,37%) was found in the freeze dried flour. Acidity is an indication of the freshness of the flour, a low index of total titratable acidity points out that the product will have better storage quality, as acidity can prevent or slow the growth of deteriorating microorganisms (OTUNOLA et al., 2018).

Regarding starch, the main component of the flours, it was found that there was no influence of the drying method, since for this parameter no statistical difference was observed between the two flours. Usually roots and tubers are rich in carbohydrates and can be considered food sources of energy. 29,52% starch contents were reported by Adepoju et al. (2017) in raw yam (*Dioscorea cayennensis*), when considering starch in flours, Oyeyinka et al. (2018), when evaluating two types of yams (*Dioscorea dumetorum*), found carbohydrate levels of 78,15 and 77,74% for the white and yellow types, respectively.

The fat content showed no statistical difference between the raw sample and the flours. The lipids in tubers are usually present in low amounts, a fact that, while promoting good health, increases the storage capacity of the yam without deterioration from lipid oxidation (OLATOYE et al., 2019). The levels of fat content found are lower when compared to those reported by Adepoju et al. (2018) for raw yam (0,17%) and higher than those found by Sá et al. (2018) that when evaluating the yam flour sold in Petrolina-PE showed values below (0,08%) of those determined for the flours obtained by freeze drying and hot air drying.

As for the protein content, the flours showed no statistical difference between them, this shows that the time and temperature used in the different drying processes did not influence the protein composition of the final product. In contrast, Chen et al. (2017) when evaluating the influence of bleaching and different drying temperatures on yams (*Dioscorea*

opposita), obtained a protein content of 1,86% under the same drying conditions used in this experiment (60 °C / 6 h), the authors also observed that bleaching led to a greater decrease in protein content, the difference in the amount of protein may be related to the fact that that author used a species different from that used in our study.

Freeze dried flour had a higher ash content (3,29%), however there was no statistical difference when compared to the content of flour obtained by hot air drying (2,34%). According to the Brazilian Food Composition Table (TACO, 2011) the ash content for raw yam is 1,2%, which represents almost double the value found (0,61%). Likewise, when evaluating spray drying of yams Yashiki et al. (2018) obtained 6,45% ash values for yam flour (*Dioscorea* spp.), which is higher than those found for *D. cayennensis* flour ashes obtained by freeze drying and hot air drying.

The water activity in food is related to the water available for enzymatic and microbiological reactions. This parameter is not established by law and according to Silva et. al (2015) foods with low Wa (below 0,6) are considered stable against the attack of microorganisms; the flour obtained by freeze drying showed a higher water activity (0.690) than the flour obtained by hot air drying (0,597), thus, the hot air dried flour can be considered more stable when compared to the freeze dried one.

The color parameters are listed in Table 3, the luminosity (L*) showed no statistical difference for the treatments, however, it can be observed that the flours showed a higher luminosity than the raw tuber. Regarding the intensity of red, the negative value determined (-1.31) shows the predominance of green color. Pessoa et al. (2017) when studying yam sticks submitted to osmotic dehydration also observed negative values (-1.186) for the parameter a* and justified that this can happen according to the stage of maturation in which the tuber was harvested.

Table 2 – Color analysis of fresh yams and flours obtained from freeze drying and hot air drying.

	Fresh yam	HDF	FDF
Luminosity (L*)	46,75 ± 1,18 ^a	49,61 ± 1,17 ^a	48,03 ± 1,91 ^a
a* (- green to + red)	-1,31 ± 0,06 ^a	0,38 ± 0,03 ^b	0,31 ± 0,02 ^b
b* (- blue to + yellow)	8,81 ± 0,67 ^a	3,45 ± 0,12 ^b	4,54 ± 0,52 ^a
ΔE	-	6,41	4,74

HDF = Hot air drying flour / FDF = freeze drying flour / Different superscript letter in the same line indicates statistically significant differences (ANOVA, Tukey test, p < 0,05).

The yellow intensity parameter decreased with the drying of the yam, and all the values found are greater than zero, which shows a predominance of the yellow color. Castro et. al (2017) when evaluating the achievement of taro flour (*Colocasia esculenta*) in spouted bed dryer at different temperatures obtained values close to 2,48 and 3,13 for flours obtained at 80 and 90 ° C, respectively.

The color difference between fresh yam and flours showed that the hot air drying process at 60 °C affected the color more than the freeze drying process. When evaluating this parameter, the closer to zero the value of ΔE the smaller the difference of the product evaluated for its standard, from this, it was observed that both flours underwent changes in their color after the drying process. Before drying, the tubers did not undergo any enzymatic inactivation process, which may have led to some browning during drying.

Finally, after the general analysis of the data, it became evident that the drying method had no influence on the nutritional quality of the flour, since the levels of starch, lipids, proteins and ash did not show statistical difference. Considering the results obtained from the physicochemical analysis of the flours, less water activity was observed and, consequently, greater stability in the flour acquired by hot air drying, the freeze drying process showed a yield of approximately 35% and hot air drying obtained yield 39%. In view of these parameters and the cost of operation hot air dried flour was established as the one to be used in the preparation of breads.

3.2 Characterization of the bread samples

The results of the physicochemical characterization of mixed breads of wheat flour and yam flour are shown in Table 3. In this, it appears that the moisture of the samples varied from 16 to 25%. It is also observed that the breads made with natural yeast (sourdough breads) had a lower water content than those made with commercial yeast, this loss of water can be related to the fermentation time 16 hours longer in the case of natural fermentation breads.

Normally sourdough bread has higher moisture, as recently reported Mantzourani et al. (2019), that an assessment in natural fermentation of bread from a culture of *Lactobacillus paracasei*, found moisture values ranging between 31 and 35%. It was found that breads produced with 100% yam flour had low water content, such results differed from those observed by Amandikawa et al. (2015), where the higher the level of substitution of yam flour, higher the water content of breads. The divergences found may be related to

differences in the moisture content of the flour used by the authors, fermentation time and the baking temperature of the breads.

With respect to pH, we observed a significant difference between the types of yeast used, since the breads obtained from natural fermentation showed a pH lower than those made with commercial yeast, this can be explained by production of acid by lactic acid bacteria during fermentation. Rinaldi et al. (2017) to evaluate in the shelf life of bread without gluten, obtained by natural fermentation and added peanut flour, observed similar results, with pH values of 5,17 and 4,58 for baking bread samples commercial and natural yeast, respectively. According to Aplevicz et al. (2014) lactic acid concentrations are higher in breads that contain 50% sourdough when compared to breads made with 30% natural yeast.

Table 3 – Physicochemical parameters of wheat and yam flour based breads obtained from commercial yeast and natural potato yeast

Yeast	Sample	Moisture	pH	TAA (%)	Fat (%)	Protein (%)	Reducing sugars (%)	Total sugars (%)	Water activity
Commercial	Control	25,98 ± 0,04 ^a	5,02 ± 0,01 ^h	7,24 ± 0,26 ^a	6,96 ± 0,19 ^a	6,99 ± 0,35 ^a	20,18 ± 0,10 ^a	21,46 ± 0,15 ^{cd}	0,850 ± 0,002 ^a
	25	24,45 ± 0,15 ^b	6,14 ± 0,02 ^d	5,20 ± 0,31 ^{de}	6,14 ± 0,28 ^{ab}	6,03 ± 0,12 ^b	19,46 ± 0,61 ^a	17,23 ± 0,37 ^e	0,847 ± 0,023 ^a
	50	22,91 ± 0,34 ^{ef}	6,47 ± 0,06 ^c	3,66 ± 0,13 ^f	5,80 ± 0,14 ^{abc}	4,39 ± 0,04 ^{cd}	17,05 ± 0,84 ^b	20,46 ± 0,10 ^{cd}	0,826 ± 0,001 ^{ab}
	75	22,21 ± 0,8 ^{fg}	6,54 ± 0,01 ^b	4,50 ± 0,08 ^e	5,72 ± 0,03 ^{abc}	4,11 ± 0,04 ^d	11,89 ± 0,16 ^c	20,16 ± 0,10 ^d	0,708 ± 0,013 ^c
	100	23,37 ± 0,49 ^e	6,62 ± 0,02 ^a	4,49 ± 0,06 ^e	3,88 ± 0,38 ^d	3,26 ± 0,14 ^{ef}	4,62 ± 0,10 ^d	25,95 ± 0,47 ^b	0,694 ± 0,006 ^c
Natural	Control	21,73 ± 0,32 ^g	5,48 ± 0,01 ^g	5,63 ± 0,15 ^{cd}	4,99 ± 0,09 ^{bcd}	6,18 ± 0,02 ^b	4,30 ± 0,01 ^{de}	22,74 ± 0,88 ^c	0,852 ± 0,006 ^a
	25	20,17 ± 0,17 ^c	5,65 ± 0,01 ^f	6,33 ± 0,28 ^{bc}	4,74 ± 0,01 ^{bcd}	4,88 ± 0,02 ^c	3,18 ± 0,21 ^{ef}	21,48 ± 0,98 ^{cd}	0,847 ± 0,004 ^a
	50	18,68 ± 0,06 ^h	5,75 ± 0,04 ^e	6,05 ± 0,13 ^{bc}	4,27 ± 0,15 ^{cd}	4,16 ± 0,02 ^d	2,84 ± 0,06 ^f	22,61 ± 0,10 ^c	0,825 ± 0,001 ^{ab}
	75	19,31 ± 0,04 ^{fh}	5,65 ± 0,01 ^f	6,06 ± 0,13 ^{bc}	4,24 ± 0,26 ^{cd}	3,53 ± 0,15 ^e	1,81 ± 0,01 ^{fg}	25,52 ± 0,54 ^b	0,798 ± 0,002 ^b
	100	16,03 ± 0,08 ^d	6,14 ± 0,01 ^d	6,54 ± 0,01 ^{ab}	3,43 ± 0,35 ^d	2,73 ± 0,05 ^f	1,02 ± 0,01 ^g	29,33 ± 0,54 ^a	0,725 ± 0,010 ^c

Different superscript letter in the same column indicates statistically significant differences (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$).

With the increase in the content of yam flour in bread formulations, it was observed that the fat content also decreased, the fat of commercial wheat flours is about 0.9% (LIMA et al., 2017), therefore, with the increase of substitution by yam flour (which has only 0.28% of lipids) there is a decrease in the fat content. The same occurred for the protein content, due to the low protein content in the yam flour, with the decrease of the percentage of wheat flour in the formulations and consequently of its proteins a decrease in the protein content of the breads was expected. Amandikawa et al. (2015), observed the same behavior for these two parameters with the increase in the level of substitution of wheat flour for yam flour in breads obtained with commercial yeast.

According to Naqash et al. (2017), gluten free breads usually have protein content of about 3% and fat of approximately 4%, such values are accordingly those obtained in the yam breads. Higher levels (7,81%) were determined by Espinoza-Ramirez et al. (2018), studying in the replacement of gluten by β -conglycinin bread to rice flour base.

With the increase of wheat flour replacement level for yam flour sugar there was a decrease in reducing sugars of the breads, which occurs due to yam is rich in starch is a non-reducing carbohydrate. Galvão et al. (2017) studying wheat bread of different bakeries, found different levels of reducing sugars ranging from 1,5 to 2,87%, values below that found in control formulations (100% wheat flour). When evaluating the effect of fermentation with lactic acid bacteria on the formation of acrylamide in breads, Nachi et al. (2018) found reducing sugar 7.79% and total sugars 4.13%.

The breads are classified as high water activity food ($> 0,90$), however, it was observed that with the increase in yam flour content was reduced water activity of the samples obtained by the two types of yeast, which ranged from 0,694 to 0,852. When evaluating gluten-free breads obtained from various flours, Pontes (2018) finds water activity values of 0,97 for bread from chickpea flour and 0,95 for breads with 100% of quinoa flour, these results being higher than those found in breads made with yam flour.

Color analysis was performed on breads submitted to sensory evaluation, after baking, and the parameters of L^* , a^* and b^* were evaluated for the crust and crumbs of the breads. The results obtained are shown in Table 4.

Visually the color of the bread was not changed with an increase in the concentration of the yam flour, this is due to the fact that the yam flour has a color similar to the wheat flour color. The color of the bread is the result of complex chemical reactions between proteins and carbohydrates that occur during baking, and gluten-free breads usually have a lighter color than wheat breads due to the starches used in their formulations, however, consumers prefer breads with darker color (TURKUT et al., 2016).

The luminosity parameter (L^*) did not show statistical difference for any of the samples analyzed both in the crust and crumb, in the crust the luminosity varied between 73 and 83, in the crumb a lower luminosity was observed with values varying between 68 and 76, behavior similar was observed by Ozturk et al. (2018) in the evaluation of gluten-free breads based on corn starch, the authors observed that due to the white color of the starch, the higher the level of incorporation, the higher the values of L^* , a^* and b^* .

The intensity of red (a^*) ranged from -0.08 to 1.85, the results show that the samples tended to be red in color, the sample with 100% of yam flour having the highest values for both crust and crumb, the b^* parameter showed only positive values, indicating the tendency for yellow coloration, in relation to this parameter the samples obtained by natural fermentation did not present statistical difference between them, similar results were observed by Alencar et al. (2015) when evaluating gluten-free breads based on rice flour plus amaranth and quinoa flour and by Espinoza-Ramirez et al. (2018) who studied the substitution of gluten for β -conglycinin in rice flour based bread.

3.3 Antioxidant capacity

The results of the antioxidant properties of bread extracts, in relation to the elimination of the radicals ABTS and DPPH are shown in Table 4.

Some studies have reported the antioxidant activity in breads (LIN et al., 2018; MIKULEC et al., 2019; BENITEZ et al., 2018; VERARDO et al., 2018). Variables as bread formulation, type of flour, time and temperature during baking affect the overall antioxidant activity of bread. Research also points out that the increase in melanoidin formation during the Maillard reaction is responsible for the increase in antioxidant activity in bakery products (SHEN et al., 2018).

From the use of ABTS and DPPH methods to check the bread's antioxidant capacity, it became possible to observe that, regardless of the type of yeast used in the bread making, the increase in the antioxidant capacity occurred as the yam flour concentrations increased ,

which may be related to the presence of some phytochemicals with antioxidant properties in the tuber, Sousa (2017), when evaluating yam extracts of the species *D. cayennensis*, observed the presence of tannins, saponins, flavones, flavonols and xanthones.

Table 4 – Antioxidant capacity of breads by capturing the radicals ABTS and DPPH.

Yeast	Samples	ABTS antioxidant	DPPH antioxidant
		capacity ($\mu\text{mol TE/g}$)	capacity ($\mu\text{mol TE/g}$)
Commercial	Control	$17,30 \pm 0,25^f$	$5,18 \pm 0,96^e$
	25	$17,56 \pm 0,56^f$	$8,71 \pm 0,24^d$
	50	$20,57 \pm 0,74^e$	$6,59 \pm 0,84^e$
	75	$25,44 \pm 0,12^{bc}$	$16,03 \pm 0,82^b$
	100	$30,88 \pm 0,16^a$	$18,82 \pm 0,82^a$
Natural	Control	$20,16 \pm 0,47^e$	$5,86 \pm 0,40^e$
	25	$22,83 \pm 0,82^d$	$6,27 \pm 0,79^e$
	50	$23,59 \pm 0,95^{cd}$	$6,97 \pm 0,92^{de}$
	75	$26,52 \pm 0,12^b$	$11,63 \pm 0,31^c$
	100	$31,35 \pm 0,18^a$	$12,75 \pm 0,24^c$

Control – sample 100% wheat flour / TE = Trolox equivalent

Different superscript letter in the same column indicates statistically significant differences (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$).

Comparing the types of yeast, it was observed that the natural fermentation breads had a greater antioxidant capacity in relation to the radical ABTS. Similar results were found by Iralki et al. (2019), who, when evaluating the in vitro digestion of breads based on rice bran, found that natural fermentation and the increase in the level of rice bran in breads were responsible for the increased antioxidant activity of samples before and after digestion. According to Chinma et al. (2016) natural fermentation breads have greater antioxidant activity due to the synthesis of antioxidant peptides from lactic acid bacteria during fermentation. The same was observed by Ktenioudaki et al. (2015) in a study of the use of sourdough in the preparation of bread based on brewer's spent grain.

From the samples studied, the bread that showed the greatest activity against the ABTS and DPPH radicals was the natural fermentation bread with 100% yam flour presenting 28,81 and 18.82 $\mu\text{mol TE/g}$, respectively. When assessing the antioxidant capacity of breads

with partial replacement of wheat flour with yam flour Hsu et al. (2004) also observed a greater increase in antioxidant activity with an increase in the content of yam flour. The authors related this increase in activity to bioactive compounds present in yams such as polyphenols, anthocyanins and dioscorins.

It was also possible to observe that the test with the radical ABTS showed greater results than the DPPH. According to Silva (2015), although the methods present the same principle of electron transfer, the type of solvent used in each method differs, influencing this transfer. In the ABTS method, distilled water is used to dilute the ready extracts and in the DPPH, a solution of methanol and acetone; therefore, it is expected that the hydrophilic compounds present in the extracts will show greater affinity with water than with methanol.

Figure 1 shows the results of capture percentages of the breads' ABTS and DPPH radicals. After analyzing the results, it appears that breads made with commercial yeast showed greater antioxidant activity than those of natural fermentation; although for the DPPH radical, no statistical difference was found between treatments, except for samples with 75% and 100% yam flour, which differed from the other samples.

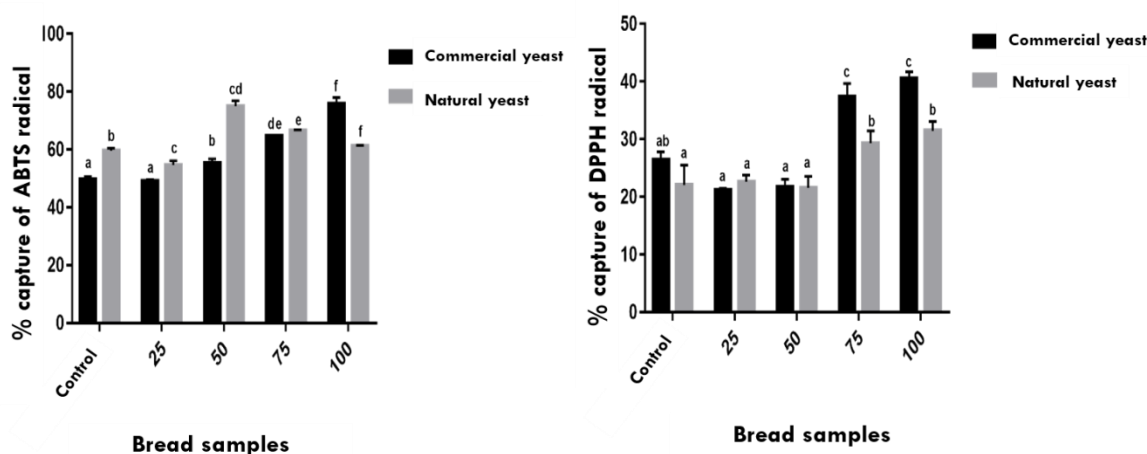


Fig. 1 - Percentage of capture of the radicals ABTS and DPPH of breads with different contents of yam flour and produced from commercial yeast and natural yeast.

Regarding the ABTS radical, it was observed that the samples of natural fermentation had a higher percentage of capture, with the exception of the 100% yam flour sample. However, there was no statistical difference between the results in relation to the type of yeast used.

3.4 Microbiological evaluation

In order to verify the microbiological quality of breads made from yam flour, coliforms were counted at 45 °C and *Salmonella* sp. From the results expressed in Table 6, it was found that all counts were within the microbiological standards established by RDC No. 12 (BRAZIL, 2000), thus breads with different concentrations of yam flour and obtained by natural fermentation and commercial proved to be appropriate for consumption.

Table 5 - Microbiological quality of breads submitted for sensory analysis

		Thermotolerant coliforms (MPN/g)	<i>Salmonella</i> spp.
ANVISA standard		< 10²	Absence
Samples			
Commercial yeast	Control	3,0	Absence
	25	3,0	Absence
	50	< 3,0	Absence
	75	< 3,0	Absence
	100	3	Absence
Natural yeast	Control	< 3,0	Absence
	25	3	Absence
	50	3	Absence
	75	< 3,0	Absence
	100	< 3,0	Absence

3.5 Sensory evaluation

Eighty untrained, non-celiac tasters participated in the sensory analysis, aged between 18 and 30 years old, female and male. The results obtained from the evaluation of the parameters of aroma, color, flavor, texture and overall impression are shown in Figure 2.

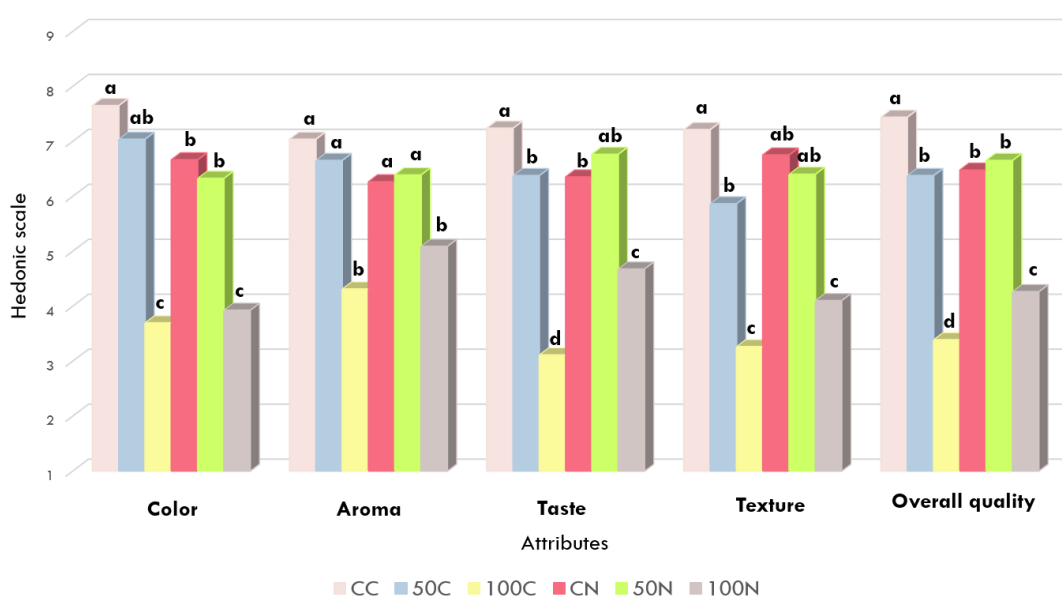


Fig. 2 - Sensory evaluation of breads with partial and complete replacement of wheat flour with yam flour obtained by commercial and natural fermentation. CC: commercial fermentation control bread; C50: commercial fermentation bread with 50% yam flour; 100C: commercial fermentation bread 100% yam flour; CN: natural fermentation control bread; 50N: natural fermentation bread with 50% yam flour; 100N: natural fermentation bread 100% yam flour.

When evaluating the grades obtained for the color parameter, it was found that breads with up to 50% substitution of wheat flour for yam flour presented similar acceptance to the control breads of both types of fermentation. It was observed that samples with 100% of yam flour showed less acceptance in relation to color, the breads showed a lighter color that is related to the low formation of color compounds, which are products of the Maillard reaction. In gluten-free breads this reaction is less intense due to the lack of reducing sugars, since starchy flours are used, as well as gliadin and glutenin proteins (gluten-forming proteins). When studying the substitution of wheat flour for sorghum flour, Pereira et al. (2017) observed that the increase in the level of incorporation of sorghum flour did not influence the color parameters, obtaining a slightly liked evaluation.

The type of fermentation used had no influence on the aroma parameter of the samples, since there was no statistical difference between the samples with up to 50% substitution of yam flour; however, samples with 100% yam flour differed statistically from the others, the same behavior was observed by Irakli et al. (2019) when evaluating the use of natural fermentation and addition of rice flour in bread.

Breads with up to 50% incorporation of yam flour showed good acceptance by the tasters in relation to the taste parameter. There was no statistical difference between the sample with

50% of yam flour obtained by natural fermentation and the control formulations and 50% of yam flour obtained by commercial fermentation. The breads with 100% yam obtained from natural fermentation presented higher grades being classified as neither liked nor disliked, while bread obtained by commercial fermentation obtained an average of 3, being classified as disliked moderately. According to Gobbetti et al. (2018), the use of natural fermentation has a positive influence on the flavor of gluten-free breads, due to the synthesis of flavor components of different chemical classes.

The incorporation of yam flour also interfered with the texture of the bread since those made with 100% yam flour, received comments that did not look like bread but rather cookies. The lack of gluten and the low concentration of fermentable sugars in the yam flour are the main responsible for this characteristic, which is the main problem faced in breads of this type. Muggah et al. (2016) when comparing industrial gluten-free and artisanal breads, found that texture is the main parameter when consumers are evaluating bread samples. However, it was observed that natural fermentation had a positive influence on the texture of breads made up of 50% yam flour, since they did not show statistical difference from the control sample, which was the most accepted by the tasters.

The overall quality of the samples showed that the bread most accepted by the judges was the control of commercial fermentation. In up to 50% of substitution of wheat flour for yam flour, the type of fermentation used had no influence since there was no statistical difference in the formulations. However, 100% yam flour breads obtained by natural fermentation showed better acceptance than that obtained from commercial yeast.

The evaluation of the purchase intention of the judges is shown in Figure 3. The sample that triggered less purchase intention was the one with 100% of yam flour obtained from commercial yeast, with 65% of tasters who would certainly not buy the product. Control samples and up to 50% of commercially fermented yam flour showed percentages of approximately 35% of participants stating that they would probably buy. The samples obtained by natural fermentation had an intention of approximately 30% for “maybe bought maybe not bought” and “probably would buy”, with the exception of the 100% sample of yam flour that presented a high percentage of participants who stated that “certainly not would buy” or “probably wouldn't buy”.

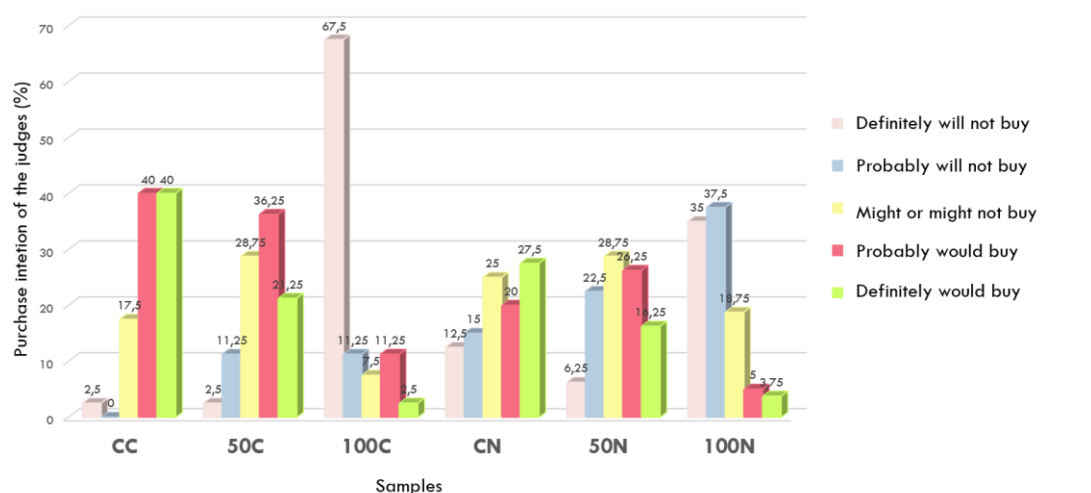


Fig. 3 – Purchase intention of breads with partial and complete replacement of wheat flour with yam flour obtained by commercial and natural fermentation. CC: commercial fermentation control bread; C50: commercial fermentation bread with 50% yam flour; 100C: commercial fermentation bread 100% yam flour; CN: natural fermentation control bread; 50N: natural fermentation bread with 50% yam flour; 100N: natural fermentation bread 100% yam flour.

The acceptability index of a formulation must present a percentage above 70% for that product to be launched on the market (GRAÇA et al., 2017). Figure 4 shows the acceptability indexes for the evaluated parameters. With the evaluation of the figure, it appears that the samples with 100% of yam flour for the two types of fermentation did not reach the minimum percentage (70%) in any of the evaluated parameters, the use of natural fermentation was shown as a good alternative for the preparation of breads with partial replacement of wheat flour, since the 50N sample presented the desired percentage for almost all parameters, with the exception of color. Such similar results were obtained by Nindjin et al. (2011) who, when evaluating the substitution of wheat flour for yam starch, found that levels of up to 30% of substitution satisfied consumers for all the attributes evaluated.

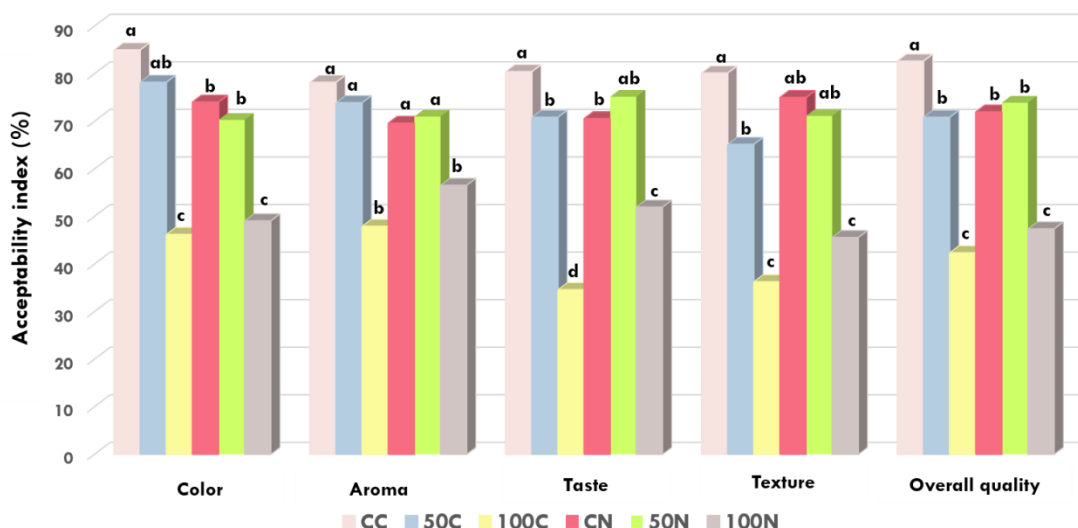


Fig. 4 – Acceptability index of breads with partial and complete replacement of wheat flour with yam flour obtained by commercial and natural fermentation. CC: commercial fermentation control bread; C50: commercial fermentation bread with 50% yam flour; 100C: commercial fermentation bread 100% yam flour; CN: natural fermentation control bread; 50N: natural fermentation bread with 50% yam flour; 100N: natural fermentation bread 100% yam flour.

With this, it is seen that the replacement of up to 50% of wheat flour by yam flour and the use of natural fermentation had a positive influence on the evaluated sensory parameters, and can be considered a potential product for trade, needing other studies for evaluate other parameters of quality and storage the product.

4. Conclusions

The drying method for obtaining yam flour showed no effect on nutritional parameters of the final product as there was no statistical difference between treatments. Due to the fact that the flour obtained by hot air drying is more stable for storage, since it had a lower water content and water activity, and a higher yield, it was chosen to prepare the breads;

Regarding the antioxidant activity, the samples showed a good activity against the radicals ABTS and DPPH, the samples with 100% yam flour showed a higher capacity of capture, being the samples obtained from natural fermentation with greater power in relation to the radical ABTS;

The sensory evaluation showed that the application of natural fermentation for bread development positively influenced the acceptance of the product, since for the main quality

parameters (aroma, flavor and texture) samples with up to 50% of yam flour did not present statistical difference with the control sample, which was the most accepted by consumers;

With this, it is concluded that the substitution of up to 50% of the wheat flour for yam flour and the natural fermentation can be used for bread production due to the good physical-chemical characteristics, antioxidant capacity and sensorial acceptance, being necessary more studies for product improvement.

5. References

- ABIODUN, O. A.; AKINOSO, R. Effect of harvesting periods on the chemical and pasting properties of trifoliate yam flour. **Food chemistry**, v. 142, p. 159-165, 2014.
- ADEPOJU, O.T.; BOYEJO, O.; ADENIJI, P.O. Effects of processing methods on nutrient and antinutrient composition of yellow yam products. **Food Chemistry**, v.11, p.428-431, 2016.
- ADEPOJU, O.T.; BOYEJO, O.; ADENIJI, P.O. Effects of processing methods on nutrient and antinutrient composition of yellow yam (*Dioscorea cayenensis*) products. **Food chemistry**, v. 238, p. 160-165, 2018.
- AMANDIKWA, C.; IWE, M. O.; UZOMAH, A.; OLAWUNI, A. I. Physico-chemical properties of wheat-yam flour composite bread. **Nigerian Food Journal**, n.33, v.1, p.12-17, 2015.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. HORWITZ, W. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 17 ed Arlington: AOAC Inc., v.1 e v.2, 2002.
- APLEVICZ, K.S. Fermentação natural em pães: ciência ou modismo. **Aditivos & Ingredientes**, v. 105, p. 36-38, 2014.
- BENITEZ, V.; ESTEBAN, R. M.; MONIZ, E.; CASADO, N.; AGUILERAA, Y.; MOLLÁ, E. Breads fortified with wholegrain cereals and seeds as source of antioxidant dietary fibre and other bioactive compounds. **Journal of Cereal Science**, 2018.
- BISPO, E.S.; SANTANA, L.R.R.; CARVALHO, R.D.S.; LEITE, C.C.; LIMA, M.A.C. Processamento, estabilidade e estabilidade de marinado de vongole (*Anomalocardia brasiliensis*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.24, n.3, p.353-356, 2004.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº12, de 02/01/2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial Da República Federativa Do Brasil, Brasília, DF, 2001.

BRITES, L.T.G.F. **Aplicação de trigo sarraceno em panificação: pão de forma convencional e sem glúten**. 2017. 213f. Tese (Programa de Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – SP.

CASTRO, D.S.D.; OLIVEIRA, T.K.B.D; LEMOS, D.M.; ROCHA, A.P.T.; ALMEIDA, R.D. Effect of temperature on the physicochemical composition and bioactive compounds of taro flour obtained in a spouted bed. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

CHEN, X.; LU, J.; LI, X.; WANG, Y.; MIAO, J.; MAO, X.; GAO, W. Effect of blanching and drying temperatures on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant activities of yam flours. **LWT-Food Science and Technology**, n.82, p.303-310, 2017.

CHINMA, C.E.; ANUONYE, J.C.; OCHEME, O.B.; ABDULLAHI, S.; ONI, S.; YAKUBU, C.M.; AZEEZ, S.O. Effect of acha and bambara nut sourdough flour addition on the quality of bread. **LWT-Food Science and Technology**, v.70, p. 223-228, 2016.

ESPINOZA-RAMIREZ, J.; G, R.; SALDIVAR, S.O.S.; ROSSEL, C.M. Functional and nutritional replacement of gluten in gluten-free yeast-leavened breads by using β -conglycinin concentrate extracted from soybean flour, **Food Hydrocolloids**, v.84, p.353-360, 2018.

GALVÃO, A.; DIAS, I.; OLIVEIRA, M. Caracterização do pão tradicional de UL. Characterization of Traditional bread from UL **Revista UIIPS**, v. 5, n. 2, p. 61-70, 2017.

GOBBETTI, M.; PONTONIO, E.; FILANNINO, P.; RIZZELLO, C. G.; ANGELIS, M.; DI CAGNO, R. How to improve the gluten-free diet: The state of the art from a food science perspective. **Food research international**, v.110, p.22-32, 2018.

GRAÇA, C.D.S.; BARBOSA, J.B.; SOUZA, M.Z.D.; MOREIRA, A.D.S.; LUVIELMO, M.D.M.; MELLADO, M.D.L.M.S. Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, 2017.

HSU, C.L.; HURANG, S.L.; CHEN, W.; WENG, Y.M.; TSENG, C.Y. Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation. **International journal of food science & technology**, v.39, n.2, p.231-238, 2004.

IRAKLI, M.; MYGDALIA, A.; CHATZOPOULOU, P.; KATSANTONIS, D. Impact of the combination of sourdough fermentation and hop extract addition on baking properties, antioxidant capacity and phenolics bioaccessibility of rice bran-enhanced bread. **Food Chemistry**. Accepted manuscript, 2019.

KERREBROECK, S.V., COMASIO, A., HARTH, H., DE VUYST, L. Impact of starter culture, ingredients, and flour type on sourdough bread volatiles as monitored by selected ion flow tube-mass spectrometry. **Food Research International**, 2017.

KTENIOUDAKI, A.; ALAVAREZ-JUBETE, L.; SMYTH, T.J.; KILCAWLEY, K.; RAI, D. K.; GALLAGHER, E. Application of bioprocessing techniques (sourdough fermentation and technological aids) for brewer's spent grain breads. **Food Research International**, v.73, p.107-116, 2015.

LIMA, S.G.; SOUZA, N.F.; DUPRAT, M.F.L.B.; GERN, R.M.M. FURLAN, S.A.; WISBECK, E. Farinha de trigo enriquecida com pó de *Pleurotus sajor-caju*. **Brazilian Journal of Food Research**, v.8, n.4, p.104-127, 2017.

LIN, J.; ZHOU, W. Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. **Journal of Functional Foods**, v. 40, p. 299-306, 2018.

LIU, X.; LU, K.; YU, J.; COPELAND, L.; WANG, S.; WANG, S. Effect of purple yam flour substitution for wheat flour on in vitro starch digestibility of wheat bread, **Food Chemistry**. Accepted manuscript, 2019

MANTZOURANI, I.; PLESSAS, S.; ODATZIDOU, M.; ALEXOPOULOS, A.; GALANIS, A.; BERIRTZOGLU, E.; BEKATOROU, A. Effect of a novel *Lactobacillus paracasei* starter on sourdough bread quality. **Food chemistry**, v.271, p. 259-265, 2019.

MIKULEC, A.; KOWASLKI, S.; SABAT, R.; SKOCZYLAS, Ł.; TABASZEWSKA, M.; WYWROCKA-GURGUL, A. Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. **LWT**, v.102, p.164-172, 2019.

MIR, S.A.; SHAH, M.A.; NAIK, H.R.; ZARGAR, I. A. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. **Trends in Food Science & Technology**, v.51, p.49-57, 2016.

MUGGAH, E.M.; DUIZER, L.M.; MCSWEENEY, M.B. A comparison of sensory properties of artisanal style and industrially processed gluten free breads. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 3, p. 38-46, 2016.

NACHI, I.; FHOULA, I.; SMIDA, I.; TAHER, I.B.; CHOUAIBI, M.; JAUNBREGS, J.; HASSOUNA, M. Assessment of lactic acid bacteria application for the reduction of acrylamide formation in bread. **LWT**, v.92, p.435-441, 2018.

NAQASH, F.; GANI, A.; GANI, A.; MASOODI, F.A. Gluten-free baking: Combating the challenges-A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.66, p. 98-107, 2017.

NINDJIN, C.; AMANI, G.N.; SINDIC, M. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. **Carbohydrate polymers**, v. 86, n.4, p.1637-1645, 2011.

OLATOYE, K.K.; ARUEYA, G.L. Nutrient and phytochemical composition of flour made from selected cultivars of Aerial yam (*Dioscorea bulbifera*) in Nigeria. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2019.

OTUNOLA, G.A.; AFOLAYAN, A.J. Evaluation of the physicochemical, proximate, and sensory properties of moimoin from blends of cowpea and water yam flour. **Food Science & Nutrition**, 2018.

OYEYINKA, S.A.; ADELEKE, O.F.; DAUDA, A.O.; ABIODUN, O.A.; KAYODE, R.M., ADEJUVITAN, J.A. Flour composition and physicochemical properties of white and yellow bitter yam (*Dioscorea dumetorum*) starches. **Industrial Crops and Products**, v.120, p.135-139, 2018.

OZTURK, O.K.; MERT, B. The use of microfluidization for the production of xanthan and citrus fiber-based gluten-free corn breads. **LWT**, v. 96, p. 34-41, 2018

PEREIRA, E.N.; LIMA GUIMARÃES, D.A.; FERNANDES, G.; ALVES, L.; OLIVEIRA, J. C.; JARDIM, F. B. B. Aceitação sensorial de pão de forma a base de farinha de sorgo. **Innovative Science & Technology Journal**, v.3, n.2, p.49-55, 2017.

PESSOA, T.; SILVA, D.R.S.; MATA, M. C.; GURJÃO, F.; MIRANDA, D. Características físicas e físico-químicas de palitos de inhame submetidos à desidratação osmótica em solução salina. **HOLOS**, v.7, p.30-38, 2017.

PONTE, A.C.B. **Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas**. 2018. 81p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Gastronômicas) – Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa, Lisboa.

PRICE, E.J.; BHATTACHARJEE, R.; LOPEZ-MONTES, A.; FRASER, P.D. Carotenoid profiling of yams: Clarity, comparisons and diversity. **Food chemistry**, v.259, p.130-138, 2018.

RINALDI, M., PACIULLI, M., CALIGIANI, A., SCAZZINA, F., CHIAVARO, E. Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. **Food chemistry**, v.224, p.144-152, 2017.

RUFINO, M.D.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.D.G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{o+}. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

RUFINO, M.D.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.D.G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Comunicado técnico–metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SÁ, A.R.A.; LIMA, M.B.; GARCIA, E.I.; MENDES, M.L.M.; OMENA MESSIAS, C.M.B. Caracterização físico-química e nutricional de farinhas obtidas de inhame (*Dioscorea* spp.) e taro (*Colocasia esculenta*) comercializados em Petrolina-PE. **Saúde**, v.3, n.44, 2018.

SHEN, Y.; CHEN, G.; LI, Y. Bread characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products of white pan bread containing various sugars. **LWT**, v. 95, p. 308-315, 2018.

SILVA, A.C.M.S.; PINHO, L.S.; SOUSA, L.S.; MOURA, L.E.; SOUZA, C.O.; DRUZIAN, J.I. Classificação, identidade e matérias estranhas de farinha de mandioca Copioba: conformidade com a legislação brasileira e contribuição a indicação geográfica. **Cadernos de Prospecção**, v.8, n.1, p.192, 2015.

SILVA, M.O. **Atividade antioxidante e composição de oligossacarídeos em subproduto obtido por processo industrial de goiaba (*Psidium guajava*)**. 2015. 154f. Dissertação (Programa de Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – SP.

SOUSA, A.P. **Obtenção da fração proteica dioscorina de inhame (*Dioscorea cayennensis*): caracterização bioquímica e atividades biológicas**. 2017. 61p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SKENDI, A.; MOUSELEMIDOU, P.; PAPAGEORGIOU, M.; PAPASTERDIADIS, E. Effect of a corn meal-water combinations on technological properties and fine structure of gluten-free bread. **Food chemistry**, v.253, p.119-126, 2018.

STATSOFT, STATISTICA for Windows version 7.0. Computer program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007.

STEFANELLO, R. F. **Produção, liofilização e aplicação de fermento natural em pão tipo sourdough**. 2014. 160p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v.28, p.4–34, 1974.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO. NEPA-UNICAMP, 2011.

TURKUT, G.M.; CAKMAK, H.; KUMCUOGLU, S.; TAYMAN, S. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v.69, p.174-181, 2016.

VERARDO, V.; GLICERINA, V.; COCCI, E.; FRENICH, A.G.; ROMANI, S.; CABONI, M. F. Determination of free and bound phenolic compounds and their antioxidant activity in buckwheat bread loaf, crust and crumb. **LWT-Food Science and Technology**, v. 87, p. 217-224, 2018.

WAHAB, B. A.; ADEBOWALE, A.R.A.; SANI, S.A.; SOBUKOLA, O.P.; OBADINA, A.O.; KAJIHAUSA, O.E.; TOMLINS, K. Effect of species, pretreatments, and drying methods on the functional and pasting properties of high-quality yam flour. **Food science & nutrition**, v.4, n.1, p.50-58, 2016.

WRIGHT, S.G.A.; GRAY, W.G.; ASEMOTA, H. Anti-cancer activity of extract from the Jamaican round-leaf yellow yam (RLY²) *Dioscorea cayennensis*. In: PROCEEDINGS OF THE AMERICAN ASSOCIATION FOR CANCER RESEARCH ANNUAL MEETING, 2017, Washington.

XU, J.; WANG, W.; Li, Y. Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. **Journal of Functional Foods**, v.52, p.629-639, 2019.

YASHIKI, L.G.; TRIBOLI, E. P. D. R. Caracterização de farinha de inhame obtida por atomização. **Acesso**, v. 30, 2018.

ZHANG, Y.; GUO, L.; XU, D.; LI, D.; YANG, N.; CHEN, F.; XU, X. Effects of dextran with different molecular weights on the quality of wheat sourdough breads. **Food chemistry**, v.256, p.373-379, 2018.

5. CONCLUSÕES GERAIS

- Na obtenção da farinha de inhame, o método de secagem não apresentou diferença significativa em termos dos parâmetros físico-químicos analisados. A farinha obtida a partir de secagem em estufa propiciou um maior rendimento em relação à farinha obtida por liofilização, o que justificou sua escolha para a elaboração dos pães;
- O grau de substituição da farinha de trigo pela farinha de inhame apresentou diferenças significativas nos parâmetros de lipídeos e proteínas, pois com o aumento no teor de farinha de inhame, diminuíram as concentrações desses dois parâmetros, o mesmo tendo sido observado em relação aos açúcares totais;
- Em relação aos atributos de pH e acidez, os pães de fermentação natural apresentaram maiores teores de acidez total titulável e consequentemente menores pH, provavelmente devido a formação de ácidos pelas bactérias ácido lácticas durante a fermentação;
- Os pães obtidos por fermentação natural apresentaram maior captura do radical ABTS^{•+}, uma vez que o aumento no teor de farinha de inhame foi diretamente proporcional ao aumento da capacidade antioxidante do pão;
- Constatou-se que a substituição de até 50% da farinha de trigo pela farinha de inhame e o uso de fermentação natural proporcionaram bons resultados na análise sensorial;
- A substituição total da farinha de trigo mostrou ser inviável na elaboração dos pães independente do tipo de fermentação utilizada;
- O pão com 50% de farinha de inhame e obtido por fermentação natural apresentou-se como a melhor alternativa com potencial de uso comercial, devido as suas características físico-químicas, boa atividade antioxidante frente ao radical ABTS^{•+} (aproximadamente 80% de captura do radical) e boa aceitação sensorial;
- Por fim, recomenda-se a realização de novas pesquisas visando melhor elucidar a influência do uso do fermento natural de batata e a substituição da farinha de trigo por farinha de inhame. Para tanto, a continuidade do estudo será feita a partir da liofilização do fermento, verificação de sua viabilidade celular após liofilização, verificação da capacidade antioxidante do pão *in vitro* pré e pós-digestão.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO À BASE DE FARINHA DE INHAME (Dioscorea cayennensis Lam.) OBTIDO POR FERMENTAÇÃO NATURAL

Pesquisador: ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 01831018.7.0000.5188

Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba/Centro de Tecnologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.064.543

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitulado ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO À BASE DE FARINHA DE INHAME (Dioscorea cayennensis Lam.) OBTIDO POR FERMENTAÇÃO NATURAL, pertence a discente ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA do PPGTA.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral:

Obter e caracterizar a farinha de inhame (Dioscorea cayennensis Lam) a partir de diferentes métodos de secagem para aplicação na produção de um fermento natural e de um pão com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo.

Objetivos específicos:

Caracterizar quimicamente o tubérculo in natura; Obter a farinha de inhame a partir de secagem por ar quente e liofilização em diferentes condições de secagem; Analisar as características químicas das farinhas obtidas pelos dois métodos de secagem; Escolher a farinha que apresentar as melhores características químicas e o melhor rendimento; Produzir um fermento natural a partir da farinha de inhame; Liofilizar o fermento natural produzido; Aplicar a farinha escolhida e o

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 3.064.543

fermento produzido na elaboração de um pão, variando os níveis de substituição de farinha de de inhame; Comparar os pães produzidos utilizando o fermento natural e o fermento biológico seco; Definir as características físico-químicas dos pães elaborados; Verificar a qualidade microbiológica da farinha, do fermento e dos pães obtidos; Avaliar os parâmetros sensoriais do produto formulado.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisa oferece riscos aqueles que apresentam intolerância a qualquer um dos insumos utilizados na elaboração dos pães, como alergia ao glúten presente na farinha de trigo, diabéticos que não podem consumir massas, entre outros.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto encontra-se bem instruído, seguindo as normas da Resolução 466/12, que rege as pesquisas que envolvem os seres humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A pesquisadora apresentou todos os requisitos em conformidade com a Resolução vigente do CNS

Recomendações:

Recomenda-se Aprovar

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado!

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P	26/11/2018		Aceito

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 3.064.543

Básicas do Projeto	ETO_1155840.pdf	15:30:08		Aceito
Outros	carta_de_correcao.doc	26/11/2018 15:29:31	ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_pao.docx	26/11/2018 15:26:45	ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	25/10/2018 12:58:21	ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_dissertacao.docx	25/10/2018 12:57:16	ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_ufpb.pdf	25/10/2018 12:56:12	ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Cartas_de_anuencia.pdf	25/10/2018 11:05:45	ANNA KAROLINE DE SOUSA LIMA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 07 de Dezembro de 2018

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Titulo da pesquisa: “ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO À BASE DE FARINHA DE INHAME (*Dioscorea cayennensis* Lam.) OBTIDO POR FERMENTAÇÃO NATURAL”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) a participar da pesquisa “Elaboração e caracterização de pão à base de farinha de inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.) obtido por fermentação natural”, realizada na **Universidade Federal da Paraíba**. O objetivo da pesquisa é obter a farinha de inhame e desenvolver pães com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo, oferecendo um produto diferenciado e com segurança de consumo. A sua participação é muito importante e ela se daria através de uma análise sensorial e o preenchimento de um questionário em relação ao alimento avaliado. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os benefícios esperados são: ofertar alternativas de uso para o inhame, agregando valor a um produto regional e também oferecer ao consumidor um produto de qualidade. Informamos que o(a) senhor(a) não pagará nem será remunerado por sua participação. Essa pesquisa oferece riscos aqueles que apresentam intolerância a qualquer um dos insumos utilizados na elaboração dos pães, como alergia ao glúten presente na farinha de trigo, diabéticos que não podem consumir massas, entre outros.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contactar:

Pesquisador responsável:

Anna Karoline de Sousa Lima, Rua Glauber Leite do Egito Reekers, 63 – Apt. 504 – Cep:58102-337 – Cabedelo/PB. Telefone: (83) 996720183. E-mail: karol.slima9@gmail.com

Ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, localizado no Centro de Ciências da Saúde - 1º andar, Campus I - Cidade Universitária. CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB. Telefone: (83) 3216 7791, e-mail: eticaccsufpb@hotmail.com. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue ao(a) senhor(a). Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Testemunha

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

João Pessoa/PB, ____ de _____ de 2019.

APÊNDICE 2 – Ficha de avaliação sensorial

Universidade Federal da Paraíba Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos					
Nome: _____			Data: ____/____/____		
Faixa etária: () 21-30 () 31-40 () 41-50 () 51-60 () acima de 61			Gênero: () Feminino () Masculino		
Grau de escolaridade: () Ensino Médio () Ensino Superior () Pós-Graduação			Consome pão tipo forma: () Sim () Não		
Com que frequência você consome pão do tipo forma? () Todos os dias () 2 a 3 vezes por semana () 1 vez por semana () 1 a 2 vezes por mês					
TESTE DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PÃO À BASE DE FARINHA DE INHAME POR DIFERENTES FERMENTAÇÕES					
1) Por favor, avalie as amostras de pães da esquerda para a direita de acordo com as características citadas, usando a escala abaixo, indicando o quanto você gostou ou desgostou das amostras.					
Amostras	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global

1 – Desgostei extremamente
 2 – Desgostei muito
 3 – Desgostei moderadamente
 4 – Desgostei ligeiramente
 5 – Nem gostei nem desgostei
 6 – Gostei ligeiramente
 7 – Gostei moderadamente
 8 – Gostei muito
 9 – Gostei extremamente

2) Marque qual seria sua intenção de compra utilizando a escala abaixo:

Amostra _____ ()	Amostra _____ ()
Amostra _____ ()	Amostra _____ ()
Amostra _____ ()	Amostra _____ ()

5 – Certamente compraria
 4 – Provavelmente compraria
 3 - Talvez comprasse, talvez não comprasse
 2 – Provavelmente não compraria
 1 – Certamente não compraria

Comentários: _____

OBRIGADA!

