



UNIVERSIDADE DE UBERABA
GUILHERME COSTA FACURY

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO DE ALHO NEGRO

UBERABA, MG

2024



GUILHERME COSTA FACURY

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO DE ALHO NEGRO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre em Engenharia Química do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Mestrado Profissional da Universidade de Uberaba (PPGEQ-MP/UNIUBE).

Orientador: Dr. José Roberto Delalibera
Finzer

UBERABA, MG

2024

Catálogo elaborado pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

F119d Facury, Guilherme Costa.
Desenvolvimento e análise sensorial de pão de alho negro / Guilherme Costa Facury. – Uberaba, 2024.
39 f. : il., color.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Química. Área de concentração: Desenvolvimento de Processos Químicos Agroindustriais.
Orientador: Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Pão. 3. Alho. I. Finzer, José Roberto Delalibera. II. Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Química. III. Título.

CDD 664



GUILHERME COSTA FACURY

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO DE ALHO NEGRO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Mestrado Profissional da Universidade de Uberaba (PPGEQ-MP/UNIUBE).

Área de Concentração: Desenvolvimento de Processos Químicos Agroindustriais

Aprovado em: 29/08/2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). José Roberto Delalibera Finzer - Orientador(a)
Universidade de Uberaba

Prof(a). Dr(a). Ana Paula Silva Capuci
Universidade de Uberaba

Prof(a). Dr(a) Liliâne de Souza Pires
IFTM - Instituto Federal do Triângulo Mineiro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, irmã e avós, pelo amor, apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim. À minha esposa, cujo apoio e paciência tornaram este trabalho possível.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força e sabedoria concedidas ao longo dessa jornada.

À minha família, pelo apoio incondicional e por acreditarem em mim mesmo nos momentos de maior dificuldade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer, pela orientação, paciência e ensinamentos valiosos que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química Profissional da Universidade de Uberaba, por todo o conhecimento compartilhado e pelo apoio durante o curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento concedido através dos projetos (Processos: MPR-01119-16; APQ-01203-23). Agradeço, especialmente, às pessoas vinculadas a este financiamento que fizeram parte da equipe e contribuíram significativamente para a realização deste trabalho. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade de Uberaba – UNIUBE.

À minha equipe de pesquisa, pelo trabalho colaborativo, pelas discussões enriquecedoras e pelo companheirismo durante todo o processo.

Aos colegas de turma, pelas amizades construídas, pelas trocas de experiências e pelo apoio mútuo durante os momentos desafiadores do mestrado.

Aos participantes das análises sensoriais, que dedicaram seu tempo e contribuíram para a coleta de dados essenciais para esta pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu mais sincero agradecimento

RESUMO

O intuito do presente trabalho foi desenvolver um pão de alho utilizando alho negro, um ingrediente valorizado por suas propriedades antioxidantes e benéficas à saúde. O objetivo geral do estudo foi desenvolver e caracterizar o alho negro produzido em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, e avaliar sua aplicação em produtos alimentícios, especificamente em pão de alho. O processo de obtenção do alho negro envolveu a incubação de bulbos de alho roxo em estufas à temperatura de 80°C e umidade relativa do ar de 78,9% por 120 horas. As análises físicas e químicas do alho negro incluíram medição de massa e dimensões, leitura de cor, umidade, sólidos solúveis totais (especialmente ao conteúdo de açúcar), acidez total e pH. A análise microbiológica foi realizada para verificar a presença de *Salmonella* e *Escherichia coli*. O alho negro foi utilizado em diferentes concentrações para recheios de pão de alho, e uma análise sensorial foi conduzida para avaliar a aceitação dos consumidores. As análises físicas mostraram uma redução estatisticamente significativa na massa e mudança da cor do alho, apresentando escurecimento no final do processo, porém as dimensões dos bulbos de alho, mantiveram significativamente semelhantes. As análises químicas mostraram que houve aumento estatisticamente significativo no conteúdo de açúcar e acidez, tanto em relação à acidez total quanto para pH. Análises microbiológicas confirmaram a ausência de patógenos, garantindo a segurança do consumo do alho negro. Na análise sensorial, 25 participantes avaliaram pães de alho com três diferentes concentrações de alho negro e, independente da concentração o pão de alho negro foi considerado aceitável. A maior concentração foi a preferida por 48% dos participantes, que também demonstraram uma intenção positiva de compra. No entanto, a aceitabilidade variou conforme a concentração, com os participantes destacando o sabor e a textura como os principais fatores de preferência.

Palavras-chave: pão; alho; produção de alimentos.

ABSTRACT

Black garlic, with its antioxidant properties and health benefits, represents an opportunity to enrich traditional food products, such as garlic bread. Thus, the aim of this study was to develop a garlic bread using black garlic, an ingredient valued for its antioxidant properties and health benefits. The overall objective of the research was to develop and characterize black garlic produced under controlled conditions of temperature and relative humidity, and to evaluate its application in food products, specifically in garlic bread. The process of obtaining black garlic involved incubating bulbs of purple garlic in incubators at a temperature of 80°C and relative humidity of 78.9% for 120 hours. The physical and chemical analyses of black garlic included measurements of mass and dimensions, color readings, moisture content, total soluble solids (particularly sugar content), total acidity, and pH. Microbiological analysis was conducted to check for the presence of Salmonella and Escherichia coli. Black garlic was used in different concentrations for garlic bread fillings, and a sensory analysis was carried out to assess consumer acceptance. The physical analyses showed a statistically significant reduction in mass and a color change of the garlic, exhibiting darkening by the end of the process; however, the dimensions of the garlic bulbs remained significantly similar. The chemical analyses indicated a statistically significant increase in sugar content and acidity, both in terms of total acidity and pH. Microbiological analyses confirmed the absence of pathogens, ensuring the safety of black garlic consumption. In the sensory analysis, 25 participants evaluated garlic breads with three different concentrations of black garlic, and regardless of the concentration, the black garlic bread was considered acceptable. The highest concentration was preferred by 48% of participants, who also demonstrated a positive purchase intention. However, acceptability varied according to concentration, with participants highlighting flavor and texture as the main factors of preference.

Key-words: bread; garlic; food production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Aspecto inicial dos bulbos de alho. (A) Bulbos nos dissecadores em estufa e (B e C) vista superior dos bulbos. Fonte: Autores (2024). 10
- Figura 2. Medição e pesagem dos bulbos. (A) Primeira medição horizontal, (B) segunda medição horizontal, (C) medição vertical e (D) pesagem. Fonte: Autores (2024). 11
- Figura 3. Leitura de cor. (A) Posicionamento de amostras no suporte para análise e (B) posicionamento de equipamento para as leituras. Fonte: Autores (2024). 12
- Figura 4. Análise de umidade. (A) Equipamento configurado para operação e (B) vista ampliada da posição das fatias. Fonte: Autores (2024). 13
- Figura 5. Análise de conteúdo de solúveis pelo °Brix. (A) Amostra de cada um dos dias de análise (inicial, 24h, 48h, 72h, 96h e 120h, esquerda para direita), (B) inserção de amostras em centrífuga e (C) inserção de solução de cada amostra em equipamento de leitura (Refratômetro Portátil). Fonte: Autores (2024). 13
- Figura 6. Análise de acidez total. (A) Pesagem de alho em Erlenmeyer, (B) Adição de fenolftaleína 1% em álcool etílico, (C) aquecimento da solução e (D) titulação de hidróxido de sódio 0,1N até cor rosa claro. Fonte: Autores (2024). 15
- Figura 7. Leitura de pH. Sensor do equipamento imerso na solução. Fonte: Autores (2024). 15
- Figura 8. Análise microbiológica. (A) Caldo Lactosado com alho negro, (B) tubo de ensaio com Caldo Selenito Cistina e Caldo Tetracionato, (C) cultivo em placa petri e (D) tubos de Lauril com cada diluição. Fonte: Autores (2024). 16
- Figura 9. Baguete cortada e recheada. Fonte: Autores (2024). 17
- Figura 10. Aspectos dos pães após assados. (A) Pão de alho, com alho negro em menor concentração (BCA – 5 g de alho negro), (B) pão de alho, com alho negro em média concentração (MCA – 15 g de alho negro) e (C) pão de alho, com alho negro em maior concentração (ACA – 25 g de alho negro). Fonte: Autores (2024). 18

Figura 11. Entrega das amostras em recipientes próprios e cabines individualizadas. Fonte: Autores (2024).	19
Figura 12. Sequência diária da cor do alho. Antes do processamento se encontrava com cor de alho fresco (dente de alho mais à esquerda) e após processamento de 120 h em estufa, ficou escuro (dente de alho mais à direita da imagem). Fonte: Autores (2024).	22
Figura 13. Aspectos finais para Escherichia coli e Salmonella. (A) Aspecto dos meios de salina com as diluições 10^{-1} (1), 10^{-2} (2) e 10^{-3} (3) após 48 h de incubação para análise à Escherichia coli, (B) aspecto da placa de petri após 24 h de incubação do cultivo de Salmonella em Caldo Selenito Cistina e (C) aspecto da placa de petri após 24 h de incubação do cultivo de Salmonella em Caldo Tetracionato. Fonte: Autores (2024).	26
Figura 14. Respostas dos participantes frente a análise em relação as três concentrações para (1) “Qual MAIS gostou” e (2) “Qual provavelmente você compraria”. Fonte: Autores (2024).	29
Figura 15. Respostas dos participantes frente a análise em relação as três concentrações para (1) “Qual MENOS gostou” e (2) “Qual provavelmente você NÃO compraria”. Fonte: Autores (2024).	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados obtidos de análises físicas durante obtenção de alho negro.	20
Tabela 2. Dados obtidos de análises químicas durante obtenção de alho negro.	20
Tabela 3. Análise estatística entre alho fresco (inicial) e alho negro (final).	21
Tabela 4. Dados após análise microbiológica para Salmonella e Escherichia coli.	26
Tabela 5. Caracterização demográfica dos participantes da análise sensorial.	27
Tabela 6. Respostas dos participantes frente as Questões 1 e 2 do questionário de análise sensorial. Valores em porcentagem (%) e entre parênteses () representa valores de números de respostas.	27
Tabela 7. Respostas dos participantes frente as Questões 3 e 4 do questionário de análise sensorial. Valores em porcentagem (%) em relação ao total de respostas dentre cada parâmetro e entre parente () representa valores de números de respostas.	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°Brix – grau Brix

5-HMF – 5-hidroximetilfurfural

ACA – alta concentração de alho

BS – bismuto sulfito

BCA – baixa concentração de alho

DADS –dissulfeto de dalil

DATS –trissulfeto de dalila

E. coli – *Escherichia coli*

g – grama

h – hora

KCl – cloreto de potássio

IAc – índice de Aceitabilidade

IAz – índice de acidez

LST – lauril sulfato lactosado

MCA – média concentração de alho

min – minutos

mm – milímetros

mL – microlitros

N – normalidade da solução de hidróxido de sódio

PA – peso da amostra

P_f – peso final

P_i – peso inicial

rpm – repetições por minuto

SAC – S-alil-cisteína

U – umidade

XLD – xilose lisina desoxicolato

LISTA DE SÍMBOLOS

% – porcentagem

°C – grau Celsius

⁻³ – elevado a menos três

L* – grau de luminosidade, escala de cor entre escuro e claro

a* – escala de cor entre verde e vermelho

b* – escala de cor entre azul e amarelo

⁻¹ – elevado a menos um

⁻² – elevado a menos dois

< – menor

± – mais ou menos

> – maior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	4
3	REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1	Panificação	5
3.2	Alho Negro.....	6
3.3	Análise Sensorial	8
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4.1	Obtenção de Alho Negro.....	10
4.2	Análises Físicas.....	11
4.2.1	Medição e Pesagem.....	11
4.2.2	Colorimetria	11
4.3	Análises Químicas	12
4.3.1	Umidade.....	12
4.3.2	Sólidos Solúveis Totais: °Brix.....	13
4.3.3	Acidez Total	14
4.3.4	pH.....	15
4.4	Análise Microbiológica.....	15
4.5	Confecção do Pão de Alho com Alho Negro	17
4.6	Análise Sensorial	17
4.7	Análise Estatística.....	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5.1	Análises Físico-químicas	20
5.2	Análise Microbiológica.....	24
5.3	Análises Sensorial.....	27
6	CONCLUSÕES	32
	REFERÊNCIAS.....	33
	ANEXOS	38
	ANEXO 1. FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DO PÃO DE ALHO NEGRO.	38

1 INTRODUÇÃO

A concepção deste estudo amadureceu após Facury, Guilherme Costa iniciar atividades profissionais em empresa fabricante de pão de alho no município de Uberaba MG, e o resultado da análise do trabalho de expressão na produção de alho negro (PIRES; MAURO, 2014), identificando-se uma aplicação industrial da especiaria.

A panificação é talvez uma das artes culinárias mais antigas, assim como o consumo de pão. O pão é um alimento básico, intimamente ligado com o cotidiano das pessoas. É resultado de uma massa composta por ingredientes essenciais como farinha de trigo, água e fermento (IBRAHIM et al., 2015). O pão de alho é um produto originário da Itália, caracterizado por seu sabor marcante e aroma distinto, resultante da combinação de pão com manteiga de alho ou pasta de alho. Tradicionalmente, é consumido como acompanhamento de refeições, especialmente em churrascos. A fabricação do pão de alho envolve vários passos, desde a escolha e preparo dos ingredientes até a técnica de assar. Ingredientes básicos incluem pão (geralmente baguete ou pão italiano), manteiga ou azeite, alho fresco picado ou em pasta, e frequentemente ervas e queijo para realçar o sabor. A mistura de manteiga de alho é espalhada sobre o pão, que é então assado até que esteja crocante e dourado (CAMPANHA et al., 2021).

O alho (*Allium sativum*) é amplamente reconhecido por suas propriedades nutricionais e medicinais, sendo utilizado há anos na culinária e na medicina tradicional. O alho pode apresentar vários benefícios para a saúde, mas estes podem variar conforme sua atividade biológica (KIMURA et al., 2017). Os extratos de alho e componentes previnem a modificação oxidativa de DNA, proteínas e lipídios, aumentando as enzimas antioxidantes celulares e aumentando os níveis de glutathione dentro das células. Os efeitos antioxidantes do alho são justificados pelo alto teor de compostos fenólicos e estudos mostram uma significativa relação entre a ingestão desses compostos e efeitos preventivos de cancro, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (SZYCHOWSKI et al., 2018).

Apesar dos vários benefícios do alho, algumas pessoas não estão dispostas a consumir alho fresco devido ao seu sabor e odor pungentes e peculiar, podendo causar desconforto gastrointestinal. Portanto, existe uma tentativa de alteração do alho fresco de diferentes formas, como alho defumado, macerado de alho com óleo, suco de alho, pílula de suplemento, alho em pó, entre outros (AHMED e WANG, 2021). Recentemente, o alho negro, uma variação obtida por

método de fermentação ou envelhecimento do alho fresco sob condições controladas de temperatura e umidade, tem ganhado destaque tanto na indústria alimentícia quanto na pesquisa científica devido às suas propriedades únicas (RYU e KANG, 2017).

O alho negro se caracteriza por seu sabor adocicado, textura macia e coloração escura, resultantes de reações de *Maillard* e outras transformações químicas durante a etapa de fermentação (KIMURA et al., 2017). Geralmente o alho negro é produzido com temperatura e umidade controlada, sem qualquer aditivo ou tratamento adicional, e o período de processamento pode diminuir em altas temperaturas (RYU e KANG, 2017). Além disso, estudos apontam que o alho negro possui maiores concentrações de antioxidantes e compostos bioativos, tornando-o um alimento funcional com potenciais benefícios à saúde, com efeitos de antioxidação, anti-inflamação, antiobesidade, hepatoproteção, hipolipidemia, anticâncer, antialérgica, imunomodulação, nefroproteção, proteção cardiovascular e neuroproteção (AHMED e WANG, 2021; KIMURA et al., 2017). Atualmente, devido ao seu sabor único, há uma crescente utilização de alho negro na gastronomia. Seu uso varia em preparações de purês, molhos ou adicionados a massa, arroz, pizza, inteiros ou picados, aromatização de vinagres e azeites para temperar saladas (MALDONADE e MACHADO, 2016).

O desenvolvimento de novos produtos alimentícios que combinam tradição culinária com inovação nutricional tem se tornado uma tendência crescente na indústria de alimentos. O alho negro, com suas propriedades antioxidantes e benefícios para a saúde, representa uma oportunidade única para enriquecer produtos alimentares tradicionais, como o pão de alho. A incorporação do alho negro no pão de alho não apenas pode potencializar os benefícios nutricionais do produto, mas também adicionar um sabor único e uma nova dimensão sensorial, que pode atrair consumidores em busca de alimentos *gourmet* e funcionais. Além disso, a utilização do alho negro em produtos alimentícios pode agregar valor ao alho fresco, ampliando suas possibilidades de mercado e beneficiando produtores e a cadeia produtiva do alho. Desenvolver um pão de alho com alho negro pode, portanto, ser uma estratégia de inovação que alinha benefícios econômicos e nutricionais.

Esse estudo é constituído pelas etapas:

- Capítulo 2, descrição dos objetivos.
- Capítulo 3, descrição de panificação e de alho negro, culminando com a análise sensorial.

- O Capítulo 4, apresentação dos materiais e métodos utilizados no decorrer do desenvolvimento do estudo.
- O Capítulo 5, apresentação e discussão dos resultados obtidos.
- O Capítulo 6, conclusão do estudo.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e caracterizar alho negro produzido em sistema com controle temperatura e umidade relativa do ar, além de avaliar sua aplicação em produtos alimentícios, especificamente em pães de alho.

Os objetivos específicos incluem:

- Monitorar e analisar as mudanças físicas (medição e pesagem diária) e químicas (pH, umidade, conteúdo de açúcar, colorimetria e acidez total) durante a etapa de maturação do alho;
- Realizar análises microbiológicas para verificar a presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Salmonella* no alho negro;
- Desenvolver formulações de recheios para pães de alho com diferentes concentrações de alho negro;
- Conduzir análises sensoriais dos pães de alho negro para avaliar a aceitação dos consumidores.

3 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

3.1 Panificação

A panificação é uma das mais antigas atividades de transformação de alimentos, essencial na dieta humana. Esse processo envolve a mistura de ingredientes principais como farinha de trigo e/ou outras farinhas, água e demais ingredientes específicos para cada produto de acordo com sua classificação e/ou designação. Além disso, pode conter fibras, sal, açúcar, mel e outros ingredientes que confirmam sabor doce, leite e derivados, óleos e gorduras, sementes e farinhas de cereais, leguminosas, raízes e tubérculos, ovos, proteínas, frutas secas ou cristalizadas, produtos cárneos, recheio, chocolates, coberturas, condimentos e outros ingredientes que não descaracterizem o produto (ELETROBRAS, 2014).

O pão é consumido em todo o mundo devido à sua versatilidade de preparação, contribuição energética e custo relativamente baixo. Sua elaboração consiste na fermentação da massa de trigo e cozimento que permite o desenvolvimento das características típicas do pão como aroma, sabor e textura. O principal parâmetro de qualidade está relacionado as condições adequadas e aceitáveis de aroma, sabor e textura para o consumidor (GERARDO-RODRÍGUEZ et al., 2021). A fermentação é um estágio crítico, onde leveduras metabolizam açúcares, liberando dióxido de carbono que causa a expansão da massa e contribui para a estrutura e a textura final do pão (CHAVAN; CHAVAN, 2011).

A indústria da panificação oferece uma ampla gama de produtos e apontam um crescimento de faturamento de R\$ 5,79 bilhões de janeiro a maio de 2022 em comparação com o mesmo período do ano anterior (ABIP, 2022). Informações via SEBRAE, de 2017, mostram que a panificação está entre os seis maiores segmentos da indústria do Brasil, com participação de 36% na indústria de produtos alimentares e 6% na de transformação. As empresas do segmento registraram em 2015 um crescimento de 2,7%, e o faturamento chegou a R\$ 84,7 bilhões. O setor gerou mais de 700 mil empregos diretos, sendo 245 mil (35%) envolvidos diretamente na produção. De acordo com dados do SEBRAE, 76% dos brasileiros consomem pão no café da manhã e 98% consomem produtos panificados. Dos pães consumidos, 86% são artesanais e 52% é do tipo francês (SEBRAE, 2017).

O pão é uma fonte importante de carboidratos, além de proteínas, vitaminas e minerais, em menores proporções (AMEH; GERNAH; IGBABUL, 2013). O principal componente da farinha

de trigo é o amido, seguido pelas proteínas. Cerca de 80% do conteúdo proteico é representado pela proteína formadora de glúten, uma mistura complexa de gliadinas e gluteninas. A matriz de glúten confere propriedades para formar uma massa coesa com propriedades de extensibilidade e elasticidade para permitir o crescimento de bolhas e retenção de gases necessários para a obtenção de um produto poroso (PRIETO-VÁZQUEZ DEL MERCADO; MOJICA; MORALES-HERNÁNDEZ, 2022). Ingredientes que aumentam as concentrações de polifenóis e carotenóides aumentam as propriedades antioxidantes do pão. Para pães integrais, como o centeio com óleo adicionado, o prazo de validade e a textura do pão são melhorados e o potencial de oxidação lipídica é aumentado. A adição de compostos bioativos de ingredientes funcionais à base de plantas à pães, por exemplo, pode inibir a oxidação de lipídios e proteínas e retardar o crescimento de mofo e retardar a deterioração do pão (AMOAHA et al., 2022).

Cada dia mais é crescente a busca pelo consumo de alimentos mais saudáveis, auxiliando na prevenção de doenças e melhora do bem-estar físico e mental. Por ser altamente consumido e aceito pela população o pão pode atuar como um veículo importante, incorporando ingredientes funcionais, corroborando por maiores benefícios a saúde aos consumidores (PRIETO-VÁZQUEZ DEL MERCADO; MOJICA; MORALES-HERNÁNDEZ, 2022).

3.2 Alho Negro

O alho negro é um produto obtido pela transformação do alho fresco (*Allium sativum*) em um processo de maturação, sob condições específicas de temperatura e umidade relativa do ar. Durante esse processo, ocorrem reações de Maillard, que são responsáveis pelas características sensoriais e nutricionais únicas do alho negro, como seu sabor adocicado, textura macia e coloração escura (YUAN et al., 2016). O processo de envelhecimento ou fermentação espontânea tem um grande impacto no alho, como o aumento da concentração de polissacarídeos, açúcares redutores totais, proteínas, compostos fenólicos, compostos organossulfurados e melanoidina. Não apenas no conteúdo fitoquímico, o envelhecimento também afeta a atividade microbológica e as mudanças nas propriedades funcionais durante o processo de envelhecimento (UTAMA et al., 2024).

O processo de obtenção do alho negro envolve a incubação de bulbos de alho fresco em ambientes com temperatura entre 60 e 90°C e umidade relativa do ar controlada entre 70 e 90% (AHMED e WANG, 2021). O tempo de incubação pode variar entre alguns dias a semanas, dependendo das condições específicas e das especificações desejadas (KIMURA et al., 2017).

Estudos mostram que o tipo de processamento do alho pode impactar nos nutrientes do alho negro obtido, assim como nas suas características físicas e de sabor (UTAMA et al., 2024). Quanto maior a temperatura de processamento, maior é a velocidade de envelhecimento para obter o alho negro, entretanto pode resultar em um produto amargo e azedo (90°C). É mostrado que a cor ideal é alcançada em temperatura entre 70 e 80°C e em temperatura mais baixa, de 60°C por exemplo, a cor do alho não é ideal. O processamento em 60°C é marcadamente mais lento e embora o processo acontece de forma mais suave a 80 e 90°C, as condições adequadas são ainda relativamente difíceis de serem controladas (KIMURA et al., 2017).

A etapa de maturação não apenas modifica os nutrientes e atributos sensoriais do alho negro, mas também impacta na sua bioatividade. Os benefícios para a saúde da ingestão de do alho negro estão em grande parte associados à presença de substâncias bioativas, como fenol e organo enxofre. Esses componentes bioativos são responsáveis por exibirem uma grande variedade de funções fisiológicas no corpo humano, incluindo ação antioxidante, anti-inflamatória e imunomoduladora, além de contribuir para a proteção contra doenças metabólicas, cardiovasculares e neurodegenerativas (AHMED e WANG, 2021). As mudanças nas propriedades físico-químicas são as principais razões para o aumento da bioatividade do alho negro em comparação com o alho fresco.

Os principais componentes responsáveis pela bioatividade, com atuação antioxidante, são especialmente polifenóis, flavonóides e alguns intermediários da reação de Maillard (KIMURA et al., 2017). Além disso, o processo de fermentação, e consequente obtenção de alho negro, aumenta a atividade antimicrobiana no produto. O processamento a uma temperatura de 80°C por 15 dias apresenta aumento significativo da atividade antimicrobiana contra *Streptococcus mutans* e *Enterococcus faecalis*. Essa propriedade ocorre devido a presença de derivados da cisteína S-alil-cisteína (SAC), sendo sulfeto de alilo, dissulfeto de dalil (DADS) e trissulfeto de dalila (DATS). O alho negro ainda mostra atividade antibacteriana contra bactérias *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, bem como *E. coli*. É demonstrado que o diâmetro da zona de inibição de crescimento bacteriano do alho negro é maior para bactérias gram-positivas do que bactérias gram-negativas. A alta atividade antibacteriana deve-se, principalmente, pela presença do composto alicina (UTAMA et al., 2024). Outro componente que pode aumentar ainda mais a propriedades funcionais do alho negro é o 5-Hidroxiacetilfurfural (5-HMF). O componente é um composto de furano com grupos funcionais de aldeído e álcool, está presente

em muitos alimentos tratados termicamente, como café e alho negro. Seus benefícios incluem propriedades antioxidante e antialérgica. Além disso, 5-HMF é um importante produto intermediário da reação de Maillard e seu acúmulo está intimamente relacionado à velocidade de escurecimento do alho durante o processamento, sendo um indicador de monitoramento para a qualidade do alho negro (CHAN et al., 2022).

A incorporação de alho negro em produtos alimentícios, como pães, oferece uma maneira de enriquecer esses alimentos com compostos bioativos, além de introduzir novos sabores e texturas ao mercado. Estudos preliminares indicam que o consumo de alho negro é considerado aceitável pela textura, cor, aroma, independentemente da forma de preparo como mostrado por Bedrníček et al. (2021). Autores demonstraram que mesmo variando a temperatura de obtenção do alho negro, cor, odor, sabor e aroma não apresentaram diferença significativa entre os diferentes processos e apenas a textura mostrou diferenças significativas de agradabilidade. Além disso, Chang et al. (2023) também mostram a aceitabilidade do alho negro, porém em forma de geleia. Variações de geleias a base de alho negro foram preparadas e analisadas. Todas as variações foram consideradas aceitas, contudo, a proporção de 1:1,5:2 (alho negro, água e açúcar) foi considerada a preferida (CHANG; LIN; WU, 2023).

3.3 Análise Sensorial

A análise sensorial é uma técnica científica que expressa, mede, analisa e interpreta reações às características dos alimentos percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. É utilizada para avaliar matérias-primas, efeitos de processamento, qualidade de textura, sabor, estabilidade de armazenamento e reações dos consumidores. Tem origem na Europa através do controle de qualidade de cervejarias e destilarias. Nos Estados Unidos foi amplamente utilizada durante a Segunda Guerra Mundial para garantir a qualidade dos alimentos para soldados e no Brasil, iniciou-se em 1954 no Instituto Agrônomo de Campinas para avaliação de café. Diferentes métodos de avaliação são elaborados conforme o objetivo específico da análise e os resultados são expressos e estudados estatisticamente para determinar a viabilidade do produto. Garantia da qualidade sensorial dos alimentos é essencial para a fidelização dos consumidores e a análise sensorial contribui para o desenvolvimento de novos produtos e melhoria dos existentes (TEIXEIRA, 2009).

Para alcançar a expectativa de obter as respostas de avaliações sensoriais de forma correta e significativa existe uma série de condições importantes a serem consideradas e seguidas, como

preparo e apresentação da amostra, local de realização e tipo de juízes. As amostras devem ser preparadas de forma mais próxima possível as condições habituais de consumo e acondicionadas em recipientes adequados. É recomendado a decodificação das amostras com 3 dígitos, evitando julgamentos tendenciosos, e o uso de um líquido neutro auxilia na “limpeza” da boca para a degustação. O controle geral da estrutura física das instalações laboratoriais deve priorizar a busca pela naturalidade e neutralidade de quesitos como as cores do ambiente (incluindo paredes, chão, teto e móveis), iluminação, temperatura, ruídos, odores e ventilação, gerando sensação de conforto dos julgadores em relação ao ambiente. O local dos testes deve possuir cabines preferencialmente individuais, com espaço suficiente para acomodar confortavelmente o juiz e as amostras. Os juízes devem ter capacidade sensorial normal, sem restrições ou alergias alimentares que possam afetar a análise. Indivíduos não fumantes, sem perfume no dia da prova e que não tenham consumido alimentos ou bebidas fortes antes da análise são preferenciais (NORA, 2021). É recomendado realizar a prova duas horas antes ou depois das refeições. Existe três tipos de juízes: especialistas, treinados e consumidores. Os especialistas (ou “experts”) são aqueles com grande experiência em provar produtos e que possuem grande sensibilidade para perceber a diferença entre amostras e suas características. Os treinados são aqueles que também possuem boa habilidade para perceber algumas propriedades sensoriais, porém receberam uma base teórica e prática, anteriormente à prova. Por outro lado, os juízes consumidores são pessoas selecionadas aleatoriamente, mas devem ser consumidores habituais ou potenciais do produto testado (TEIXEIRA, 2009).

Estudos sobre a aplicação do alho negro em pães são escassos, mas pesquisas preliminares demonstram a aceitabilidade do alho negro e de seus benefícios a saúde. Agregar valor a alimentos por meio da adição de ingredientes pode não apenas melhorar a saúde e o bem-estar dos consumidores, mas também fortalecer a posição de mercado de um produto. A integração de benefícios funcionais e nutricionais pode justificar seu preço e fomentar a inovação na indústria alimentícia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção de Alho Negro

Doze bulbos de alho (alho roxo) de mesmo lote e aspectos físicos foram adquiridos na rede de supermercados Super Maxi – bairro Olinda – Uberaba/MG. Inicialmente, todos os bulbos foram identificados e divididos em dois recipientes específicos, do tipo dissecadores (Figura 1), contudo sem adição de sílica-gel, para não secar os bulbos. Os recipientes foram lavados e higienizados com álcool a 70%.



Figura 1. Aspecto inicial dos bulbos de alho. (A) Bulbos nos dissecadores em estufa e (B e C) vista superior dos bulbos. Fonte: Autores (2024).

A umidade relativa do ar dentro dos dissecadores foi mantida em 78,9%, correspondendo à condição termodinâmica do ar na temperatura de 80°C em equilíbrio com solução saturada de KCl (PIRES; MAURO, 2014). Para garantir a umidade relativa do ar, solução salina saturada de 80 g de cloreto de potássio (KCl) e 200 ml de água destilada foi preparada e inserida nos dissecadores. Os bulbos foram mantidos em estufa à 80°C durante 5 dias (120 h), continuamente, e as análises físico-químicas foram realizadas com análises, iniciais e diárias (tempo 0; após 24 h, 48 h, 72 h, 96 h e 120 h de permanência em estufa), consistindo em medidas de: massa, cor, umidade, sólidos solúveis totais (especialmente açúcar), acidez total e pH. Para garantir a segurança de consumo do produto, foi realizado análise microbiológica.

Para as análises físicas e químicas, as quantificações foram realizadas em triplicata, tanto para análise do alho fresco (inicial), quanto análises diárias (a cada 24 h de estufa). A cada 24 h de processamento em estufa um bulbo de alho foi selecionado, aleatoriamente, para coletas dos

bulbilhos de alho, para as análises, exceto para a análise acidez que foi realizada em alho fresco e após a obtenção de alho negro. Após todo o processamento de obtenção do alho negro, foi realizado a análise microbiológica para *Salmonella* e *E. coli*.

4.2 Análises Físicas

4.2.1 Medição e Pesagem

Inicialmente, com auxílio de um paquímetro digital (Paquímetro Digital Absolute, Mitutoyo), os bulbos foram medidos em três dimensões distintas (2 horizontais – em diâmetro – e 1 vertical), identificadas com caneta permanente (Figura 2). Em balança semi-analítica (Electronic Balance, Mark Bel Engineering), com resolução de 10^{-3} g os bulbos foram pesados.

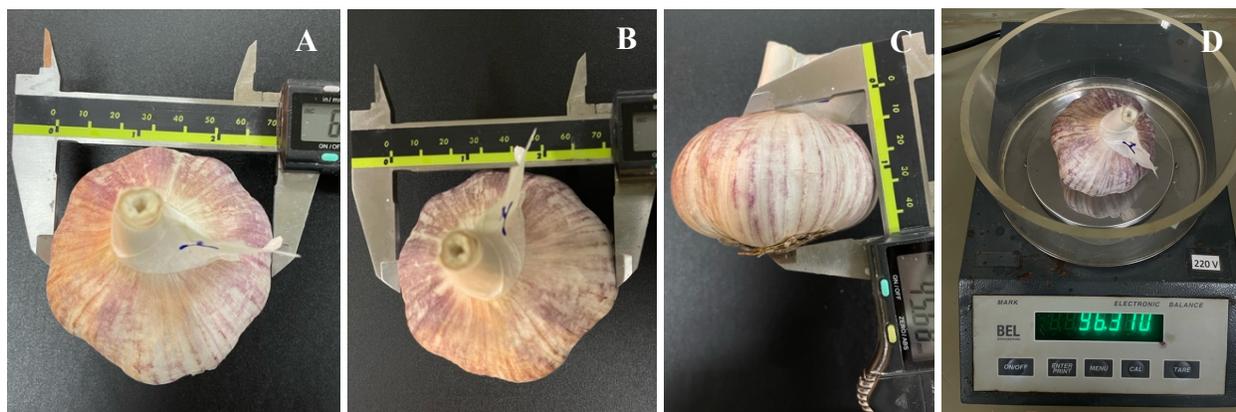


Figura 2. Medição e pesagem dos bulbos. (A) Primeira medição horizontal, (B) segunda medição horizontal, (C) medição vertical e (D) pesagem. Fonte: Autores (2024).

4.2.2 Colorimetria

A colorimetria do alho foi realizada com colorímetro (CLM-19X Interface, EOPTIS, Trento (TN) – ITALY). Inicialmente, o equipamento foi calibrado em base de referência. Fatias de, aproximadamente, 2 mm de espessura foram obtidas e posicionados em suporte de análise (Figura 3). Para cada fatia selecionada, três leituras foram realizadas, obtendo os valores de L^* , a^* e b^* , sendo L^* (luminosidade) nível entre escuro e claro, indo do preto ($L=0$) a branco ($L=100$), a^* refere-se a escala de verde a vermelho, com valores negativos para cores esverdeadas e positivo

para cores avermelhadas, e b^* correspondente à escala de azul a amarelo, com valores negativos para as cores azuladas e positivo para as cores amareladas.

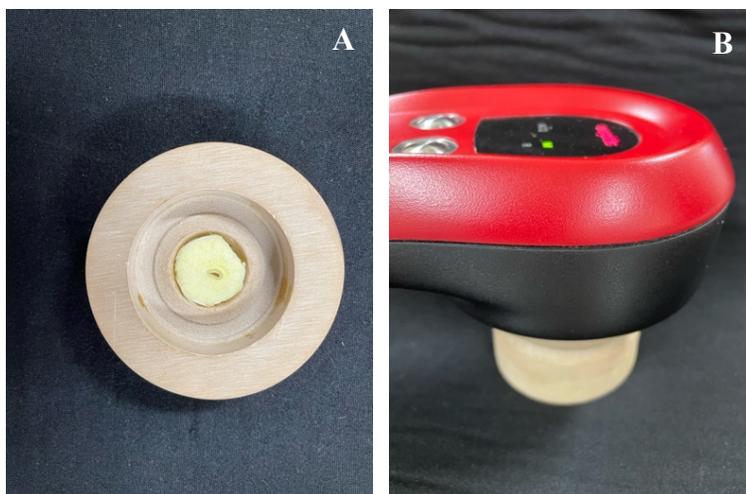


Figura 3. Leitura de cor. (A) Posicionamento de amostras no suporte para análise e (B) posicionamento de equipamento para as leituras. Fonte: Autores (2024).

4.3 Análises Químicas

4.3.1 Umidade

Finas fatias do alho foram coletadas para análise de umidade. As fatias do alho foram inseridas em balança de determinador de umidade (HE53 Moisture Analyzer, Metler Toledo). O peso inicial foi registrado e o equipamento ajustado em operação de 10 min e temperatura de 103°C (Figura 4). Após o procedimento, o peso foi novamente registrado. Os dados de umidade resultaram do cálculo usando a Equação (1):

$$U = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

onde, U é umidade em base úmida, P_i é peso inicial e P_f , peso final e o resultado foi expresso em porcentagem (%).

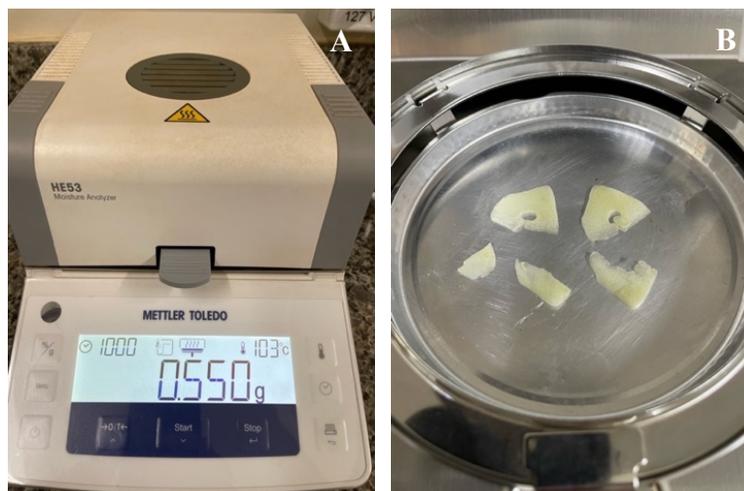


Figura 4. Análise de umidade. (A) Equipamento configurado para operação e (B) vista ampliada da posição das fatias. Fonte: Autores (2024).

4.3.2 Sólidos Solúveis Totais: °Brix

O bulbilho de alho coletado foi triturado e pesado, cerca de 2 g, em balança semi-analítica com resolução 0,01 g (Eletronic Balance, Mark Bel Engineering). O dobro da quantidade de água destilada foi pesado, o conteúdo alho:água (1:2) foi homogeneizado manualmente com espátula e transferido para tubos do tipo *epENDORF*. Para decantação do conteúdo de alho e coleta adequada da solução, os tubos foram levados à agitação em centrífuga (Centrífuga Fresco 17, Thermo Electron Led GMBH), durante 2 min a 5.000 rpm. Em seguida, o conteúdo foi coletado e inserido em refratômetro (Refratômetro Portátil, Q767-1 - Quimis) para leitura do grau Brix (°Brix) (Figura 5).

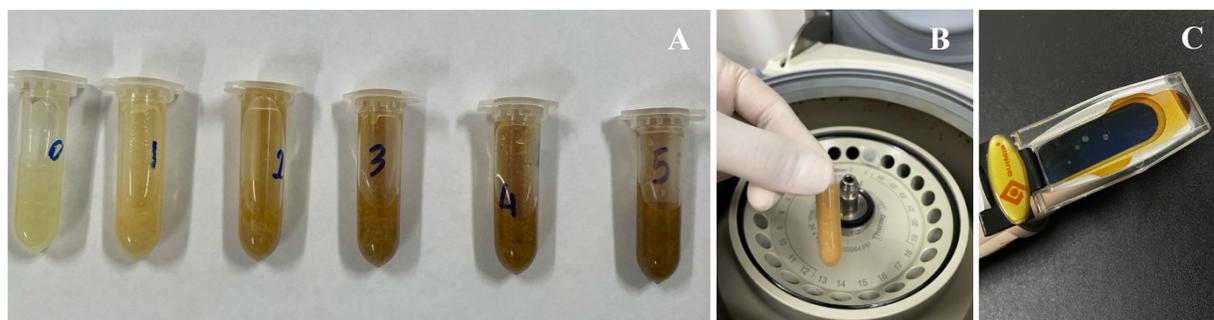


Figura 5. Análise de conteúdo de solúveis pelo °Brix. (A) Amostra de cada um dos dias de análise (inicial, 24h, 48h, 72h, 96h e 120h, esquerda para direita), (B) inserção de amostras em centrífuga

e (C) inserção de solução de cada amostra em equipamento de leitura (Refratômetro Portátil).
Fonte: Autores (2024).

4.3.3 Acidez Total

A análise foi realizada pelo método de valor ácido (AOCS OFFICIAL METHOD TE 1A-64, 2017). Inicialmente foram preparadas soluções de fenolftaleína 1%, hidróxido de sódio 0,1N e padrão de biftalato de potássio 0,1N, sendo:

- Solução de fenolftaleína 1%: 1g de fenolftaleína foi dissolvido em 60 mL de álcool etílico absoluto e transferida para balão volumétrico de 100 mL e o volume foi completado com água destilada.
- Solução de hidróxido de sódio 0,1N: 4 g de hidróxido sódio foi dissolvido em água e transferido para balão de 1.000 mL e o volume foi completado com água destilada.
- Solução padrão de biftalato de potássio 0,1N: 0,5 g de biftalato de potássio, seco em estufa, foi dissolvido em 50 mL de água destilada e transferido para balão volumétrico de 1000 mL e o volume foi completado com água destilada.

Foi pesado 0,2 g de alho em Erlenmeyer de 250 mL, foram adicionados 50 mL de álcool etílico e 4-6 gotas de fenolftaleína 1%. A solução foi aquecida em base de agitador magnético com aquecimento (Agitador magnético – Velp Científica) e na bureta foi adicionado solução de hidróxido de sódio 0,1N para titulação. Após aquecimento da solução em Erlenmeyer, hidróxido de sódio 0,1N foi adicionado por titulação até mudança de cor (incolor para aparecimento de rosa claro) e mais uma gota foi adicionada para confirmação da reação (Figura 6). Para obtenção do índice de acidez (IAz) foi utilizado o cálculo, com a Equação (2):

$$IAZ = \frac{V \times F \times 4,0}{PA} \quad (2)$$

onde V é volume gasto de solução de hidróxido de sódio 0,1N, F é fator de correção da solução de hidróxido de sódio, 4,0 é equivalente ao peso de hidróxido de sódio e PA é o peso da amostra. O fator correção considerado foi 1,069. O dado final foi transformado de mg para %.

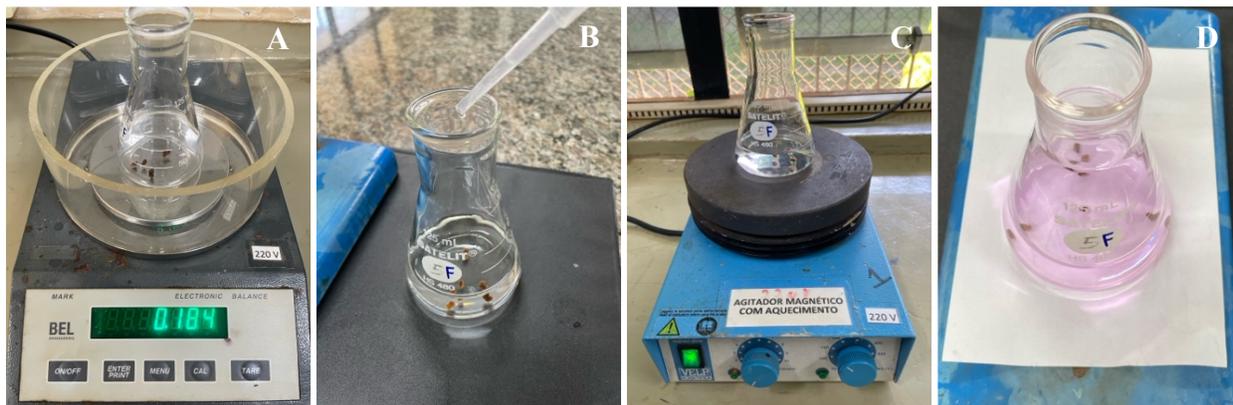


Figura 6. Análise de acidez total. (A) Pesagem de alho em Erlenmeyer, (B) Adição de fenolftaleína 1% em álcool etílico, (C) aquecimento da solução e (D) titulação de hidróxido de sódio 0,1N até cor rosa claro. Fonte: Autores (2024).

4.3.4 pH

Para mensuração do pH, nova amostra de alho foi triturada, pesando cerca de 2,5 g de alho e 40 g de água destilada (alho:água / 1:16) em vidraria do tipo Becker. O conteúdo foi homogeneizado com auxílio de uma espátula e o conjunto (Becker + alho + água destilada) foi levado à um pHmetro para leitura de pH (Figura 7).



Figura 7. Leitura de pH. Sensor do equipamento imerso na solução. Fonte: Autores (2024).

4.4 Análise Microbiológica

As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Universidade de Uberaba - UNIUBE, com o intuito de verificar a qualidade microbiológica do alho negro, verificando a aptidão do produto ao consumo.

Conforme recomendações da instrução normativa – IN nº 161, de 1º de julho de 2022 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA, 2022), o alho negro foi testado quanto a *Salmonella* e *E. coli*.

Para testagem à *Salmonella* 25 g de alho negro foi adicionado à Caldo Lactosado. A solução foi homogeneizada e colocada em estufa a 37° C durante 24 h (Figura 8 – A). Para confirmação, 1 mL do Caldo foi pipetado e inserido em tubo de ensaio com Caldo Selenito Cistina e outro 1 mL em tubo de ensaio com Caldo Tetrionato (Figura 8 – B). Após incubação de 24 h e 48 h foi realizado cultivo dos conteúdos dos tubos de ensaio com Caldo Selenito Cistina e Caldo Tetrionato em placa *petri* com meio de cultura ágar Hektoen, ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD) e ágar Bismuto Sulfito (BS) (Figura 8 – C). As placas foram incubadas por 24 h em estufa à 37°C e o crescimento de colônias bacterianas foram observados.

A testagem à *E. coli* foi realizada atribuindo o procedimento para teste de *Coliformes totais* e *Termotolerantes* (*E. coli*). Assim, foram adicionados 25 g de alho negro em 225 mL de água peptonada, seguido de homogeneização. Tubos de ensaio com 9 mL de salina receberam as diluições de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} da solução de água peptonada e alho negro. Posteriormente, 1 mL de cada diluição foi pipetada em 3 séries de tubos de ensaio com Caldo Lauril sulfato Lactosado (LST) e tubos de Duhan invertidos e foram levados para incubação em estufa à 37°C (Figura 8 – D). Após 24 h e 48 h os tubos foram analisados quanto a turbidez do meio e presença de bolas de oxigênio (Figura 8).

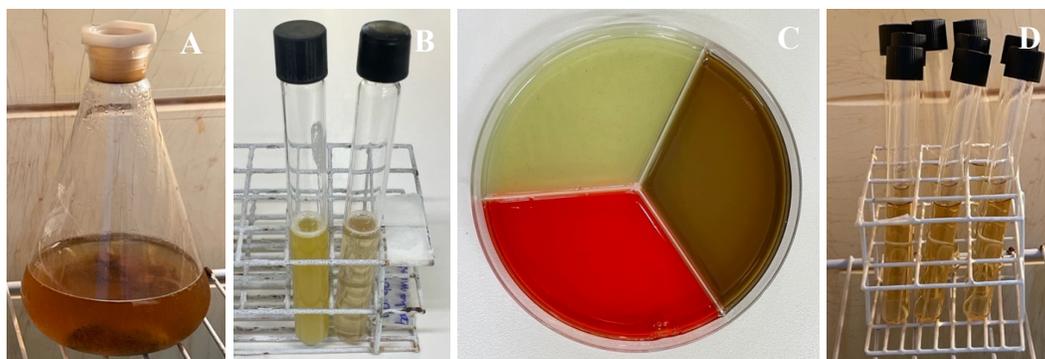


Figura 8. Análise microbiológica. (A) Caldo Lactosado com alho negro, (B) tubo de ensaio com Caldo Selenito Cistina e Caldo Tetrionato, (C) cultivo em placa petri e (D) tubos de Lauril com cada diluição. Fonte: Autores (2024).

4.5 Confeção do Pão de Alho com Alho Negro

Para a confeção dos pães de alho com alho negro foram utilizados 15 pães, do tipo baguete, o experimento foi realizado em escala industrial. O recheio foi realizado com 3 concentrações do alho negro, seguindo a receita:

- 52 g de requeijão
- 42 g de margarina
- 10 g de água
- 10 g de muçarela
- 7 g de cebola
- Alho negro: variações de 5 g, 15 g e 25 g

Imediatamente após a confeção do recheio, foram realizados 4 cortes, perpendiculares a superfície de cada pão, e cerca de 7 g de cada recheio foram inseridos em cada um dos cortes (Figura 9). No total foram confeccionados 5 pães com 5 frações de cada concentração de alho negro.



Figura 9. Baguete cortada e recheada. Fonte: Autores (2024).

4.6 Análise Sensorial

Indivíduos foram convidados a participarem da análise sensorial dos pães, previamente confeccionados com as três (3) concentrações de alho negro. Os pães foram assados (ver aspectos na Figura 10) em fritadeira elétrica, do tipo *Air Fryer* (3,2L BFR02PI, Britania) durante 8 min. Os participantes foram divididos em grupos de 5 e cada um recebeu 1 fração de pão (amostras), com cada concentração de alho negro, juntamente com água para a limpeza de suas papilas degustativas.

Foram alocados em cabines individuais e somente após a devida organização das amostras, os participantes realizaram a análise - degustação ou prova - (Figura 11). As amostras de cada concentração receberam as denominações BCA (baixa concentração de alho), MCA (média concentração de alho) e ACA (alta concentração de alho). A aceitação do consumidor e intenção de compra, de cada concentração, foram avaliados por escala hedônica de nove pontos (onde um representa desgostei muitíssimo e nove gostei muitíssimo) e sete pontos (onde um representa nunca comeria/compraria e sete comeria/compraria sempre), respectivamente. Para calcular o Índice de Aceitabilidade (IAc), a Equação (3) foi usada:

$$IAc = \frac{X \times 100}{N} \quad (3)$$

onde X = Pontuação média dada pelos avaliadores e N = Maior pontuação dada pelos avaliadores. Uma IA igual ou superior a 70% foi considerada satisfatória (SALES et al., 2024). Espaços de preenchimentos nas fichas de avaliações permitiram a coleta da caracterização demográfica dos participantes (idade e sexo) e parâmetros de aparência, sabor, textura e aroma foram investigados. Questões em relação a avaliação conjunta, das três concentrações também foram realizadas e os participantes puderam realizar sugestões e/ou comentários adicionais (Anexo 1).



Figura 10. Aspectos dos pães após assados. (A) Pão de alho, com alho negro em menor concentração (BCA – 5 g de alho negro), (B) pão de alho, com alho negro em média concentração (MCA – 15 g de alho negro) e (C) pão de alho, com alho negro em maior concentração (ACA – 25 g de alho negro). Fonte: Autores (2024).



Figura 11. Entrega das amostras em recipientes próprios e cabines individualizadas. Fonte: Autores (2024).

4.7 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram apresentados pela média ($n = 3$) e desvio padrão (SD). As comparações entre os grupos foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e, quando significativas, foram comparadas usando o teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises Físico-químicas

Tabela 1 e a Tabela 2 apresentam os dados coletados para análises físicas (massas, dimensões e cor) e análises físico-químicas (°Brix, pH, Umidade e Índice de Acidez - IAz), respectivamente, demonstrando uma variação dos parâmetros analisados durante todo o processo. Tabela 3 apresenta a análise estatística entre dados iniciais (alho fresco) e finais (alho negro) e mostra, no geral, que o processamento bioquímico do alho alterou, de forma estatisticamente significativa, as características físico-químicas do alho ($p < 0.05$).

Tabela 1. Dados obtidos de análises físicas durante obtenção de alho negro.

TEMPOS	MASSAS (g)	DIMENSÕES (mm)		COR		
		Diâmetro	Altura	L*	a*	b*
0h	76,11 ± 6,15	63,05 ± 2,44	35,72 ± 1,83	72,16 ± 0,46	-5,45 ± 0,30	25,47 ± 1,24
24h	73,32 ± 6,62	62,49 ± 2,51	36,38 ± 1,26	54,45 ± 0,39	4,57 ± 0,59	31,77 ± 1,67 4
48h	70,27 ± 6,85	61,35 ± 2,31	36,96 ± 2,15	42,56 ± 0,77	6,25 ± 0,20	28,20 ± 1,61
72h	65,00 ± 6,74	60,80 ± 2,40	36,72 ± 1,74	38,43 ± 0,93	6,02 ± 0,10	24,12 ± 0,57
96h	61,74 ± 5,85	60,47 ± 2,24	36,78 ± 1,61	31,95 ± 1,92	5,82 ± 0,57	17,23 ± 3,13
120h	59,03 ± 5,12	59,80 ± 1,88	36,37 ± 1,45	27,55 ± 1,29	5,94 ± 0,44	15,37 ± 1,76

Tabela 2. Dados obtidos de análises químicas durante obtenção de alho negro.

TEMPOS	°BRIX	pH	UMIDADE (%)	IAz (%)
0h	8,47 ± 0,50	6,33 ± 0,02	50,61 ± 0,01	3,94 ± 0,01
24h	12,37 ± 0,32	6,01 ± 0,01	32,75 ± 0,09	-
48h	11,80 ± 0,26	5,76 ± 0,01	33,74 ± 0,03	-
72h	13,47 ± 0,12	5,70 ± 0,06	24,83 ± 0,07	-
96h	14,60 ± 0,36	5,47 ± 0,05	27,00 ± 0,03	-
120h	16,60 ± 0,53	5,24 ± 0,06	19,53 ± 0,04	4,49 ± 0,01

Tabela 3. Análise estatística entre alho fresco (inicial) e alho negro (final).

Parâmetros	Inicial	Final
Massa	76,11 ± 6,15 a	59,03 ± 5,12 b
Diâmetro	63,05 ± 2,44 a	59,80 ± 1,88 a
Altura	35,72 ± 1,83 a	36,37 ± 1,45 a
L*	72,16 ± 0,50 a	27,55 ± 1,48 b
a*	-5,45 ± 0,33 a	5,94 ± 0,49 b
b*	25,47 ± 1,41 a	15,37 ± 2,03 b
°Brix	8,47 ± 0,50 a	16,60 ± 0,52 b
pH	6,33 ± 0,01 a	5,24 ± 0,06 b
Umidade	50,61 ± 0,73 a	19,53 ± 1,42 b
IAz	3,94 ± 0,52 a	4,49 ± 0,95 b

Nota: letras diferentes apresenta diferença estatisticamente significativa na mesma linha. Unidades de medida para umidade e I. A. são expressas em porcentagem, para massa em grama e diâmetro e altura em centímetro.

Após 120 h condicionado na temperatura de 80°C os bulbos de alho mostraram uma redução de 22,44%, 5,15% em massa e diâmetro, respectivamente, e aumento de 1,82% em altura. Assim, como mostrado na Tabela 3, o processo de obtenção de alho negro resultou em uma perda de massa estatisticamente significativa, onde a média aritmética da massa inicial foi 76,11 ± 6,15 e final 59,03 ± 5,12. Por outro lado, as dimensões dos bulbos de alho não apresentaram alterações estatisticamente significativas ($p > 0.05$).

Dados obtidos para a colorimetria do produto demonstraram uma variação diária da cor do alho (Tabela 1). O parâmetro L* apresentou diminuição estatisticamente significativa de 72,16 para 27,55, demonstrando que o produto (alho negro) apresenta baixa luminosidade, o parâmetro a* aumentou de forma estatisticamente significativa de -5,45 para 5,94, significando que o processamento do alho influenciou a transformação da cor do tom de esverdeado para avermelhado, e b* diminuiu estatisticamente significativo de 25,47 para 15,37, representando a transformação da escala de cores amareladas para cores azuladas. Figura 13 apresenta uma sequência de modificação de cor do alho durante todo o processo.



Figura 12. Sequência diária da cor do alho. Antes do processamento se encontrava com cor de alho fresco (dente de alho mais à esquerda) e após processamento de 120 h em estufa, ficou escuro (dente de alho mais à direita da imagem). Fonte: Autores (2024).

Assim como obtidos no estudo, Pires et al. (2019); Nakagawa et al. (2020) e Setiyoningrum et al. (2021) também mostraram um aumento significativo da intensidade de escurecimento (acastanhamento) do alho durante o processo de fermentação ou transformação bioquímica. Alho negro é obtido através de um processo bioquímico sem adição de quaisquer substâncias adicionais, em temperatura e umidade relativa do ar controlada por determinado período (PIRES et al., 2019). O tratamento térmico pode resultar em reações não enzimáticas de escurecimento ou Maillard, causando alterações físicas e químicas, além da desidratação parcial do alho. A reação de Maillard, resultante de reação entre açúcar redutor e grupo de amina livre, desencadeia a desnaturação da proteína e forma uma série de aminoácidos, juntamente com a produção de vários compostos de metabólitos secundários, como amadori, heyns, melanoidina e 5-HMF (UTAMA et al., 2024). Os compostos de melanoidina, que são compostos poliméricos heterogêneos, são os produtos da reação de Maillard. A melanoidina e outros compostos poliméricos marrons produzidos a partir da reação de Maillard proporcionam aos alimentos uma cor marrom escura característica (NAKAGAWA et al., 2020). Apesar das alterações físicas significativas de massa e cor, as dimensões, diâmetro e altura, não foram alteradas de forma significativa. As dimensões do alho durante o processo de obtenção do alho negro foram constantes uma vez que a casca do alho não acompanha a retração da polpa (bulbilho de alho) (PIRES e MAURO, 2014).

A análise de sólidos solúveis, por meio de medidas °Brix, apresentou aumento de 95,98% e índice de acidez de 13,95%. Além disso, o pH diminuiu 17,21% e a umidade em base úmida reduziu-se de 61,41% (Tabela 2). Diminuição ou aumento para todos esses parâmetros foram estatisticamente significativos ($p < 0.05$) (Tabela 3). O sabor agridoce do alho negro e ausência de cheiro característico e sabor pungente do alho fresco ocorre pelo aumento de conteúdo de açúcar, principalmente pelo teor de glicose, frutose e sacarose (SETIYONINGRUM et al., 2021), e

degradação de componente tiossulfato do alho fresco (CHHABRIA; DESAI, 2018; UTAMA et al., 2024). A alicina é o principal componente tiossulfato no alho, contendo de 70 a 80% da quantidade de organo enxofre, e a partir de uma lesão no tecido vegetal do alho, ocorre reação de aliinase e liberação de alicina, causando cheiro e sabor característicos do alho fresco (UTAMA et al., 2024). Assim, a alicina é o componente responsável por tornar o alho fresco um alimento considerado pungente (HE; LIANG; ZHANG, 2023). As variações químicas e físico-químicas, neste estudo demonstra que a transformação bioquímica ou fermentação do alho fresco foi capaz de proporcionar o gosto agridoce ao alho negro obtido. A mesma observação é presente em Toledano-Medina et al. (2016), demonstrando que o tratamento térmico, tanto de bulbos inteiros quanto de bulbilhos de alho descascados, aumentou gradualmente o conteúdo de sólidos solúveis, determinado pelo °Brix, e diminuiu o pH. A diminuição de pH, comprovado neste estudo pelo aumento do índice de acidez, é explicado pela degradação de muitos grupos alcalinos e à formação de ácidos carboxílicos de cadeia curta durante a reação de Maillard (AHMED e WANG, 2021). O baixo pH significa ocorrência na hidrólise de sacarose, produzindo glicose e frutose, corroborando no surgimento do sabor doce do alho negro (UTAMA et al., 2024). Neste estudo, assim como o pH, o teor de umidade do alho também diminui.

A vida útil do produto ou prazo de validade é determinado pela sua estabilidade, referente à capacidade de resistir à mudança durante um período específico. Um produto alimentar deve ser estável relativamente a várias influências de deterioração durante a distribuição e armazenamento, para que a sua aceitabilidade seja mantida até o consumo. O prazo de validade pode ser reduzido ou perdido devido a alterações microbianas, físicas e químicas nos alimentos (BELL, 2020). A diminuição tanto de pH quanto da umidade do alimento, ajudam a tornar a vida útil do produto mais longa (UTAMA et al., 2024), prevenindo a possibilidade de proliferação de bactérias anaeróbicas (TOLEDANO-MEDINA et al., 2016). As bactérias geralmente preferem condições de pH neutro, enquanto mofo e leveduras podem tolerar uma faixa de pH maior e valores extremos de pH podem inibir o crescimento microbiano. Microrganismos precisam de água para realizar processos metabólicos. Assim, níveis mais baixos de presença de água prejudicam as condições para o crescimento microbiano (TARLAK, 2023). É demonstrado que o teor de água é inversamente proporcional à temperatura e influência na textura final do produto (ZHANG et al., 2016).

Sendo o sabor agridoce uma das principais características do alho negro, assim como a cor escura, mensurar este parâmetro é fundamental. Na agricultura e indústria de alimentos, o teor de açúcar é uma das medidas usadas para julgar os vários estágios de maturidade de um fruto ou vegetal. O açúcar dissolvido no produto pode ser medido em termos de Brix, Baume ou Oechsle. No entanto, a unidade mais usada é a Brix, devido a facilidade de utilização, seja no campo ou na indústria. O °Brix indica quantidade de sólidos dissolvidos em um líquido medido por sua gravidade específica, onde um °Brix, no caso do soluto ser sacarose, representa 1 g de sacarose em 100 g de solução; 1°Brix = 1% de açúcar. Os instrumentos mais populares para medição do °Brix é o refratômetro ou hidrômetro. O refratômetro é um instrumento óptico simples que mede a quantidade de luz refratada em um líquido. Os refratômetros portáteis são um dos dispositivos analíticos comumente utilizados, devido a simplicidade de uso e resultados quase instantâneos, sem procedimentos laboratoriais extensos e/ou caros. O equipamento mede o ângulo de refração na interface fase líquido-sólido. A porcentagem de açúcar, medida em °Brix, indica a doçura do produto medindo a quantidade de açúcares solúveis (JAYWANT; SINGH; ARIF, 2022).

5.2 Análise Microbiológica

A segurança alimentar é uma preocupação global devido à presença de patógenos de origem alimentar, como fungos, bactérias e vírus, que causam doenças transmitidas por alimentos (ALAHÍ e MUKHOPADHYAY, 2017). Profissionais da indústria, agências de consultoria e institutos de pesquisa têm apostado na microbiologia preditiva e quantificando o risco microbiano para garantir a segurança alimentar. A microbiologia preditiva é uma área da microbiologia alimentar que visa prever o comportamento microbiano (multiplicação, inativação e interações) em produtos alimentícios (MENEZES et al., 2023).

As principais bactérias responsáveis incluem *E. coli*, *Salmonella enterica*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* e *Bacillus cereus* (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2017). É estimado que depois de consumir alimentos contaminados com microrganismos, como *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, 1 a cada 10 pessoas apresenta alguma condição patológica e uma média de 420.000 pessoas por ano morrem por comer alimentos contaminados, tornando essa contaminação de alimentos uma questão de saúde pública (MENEZES et al., 2023).

A *Salmonella spp* foi descoberta por Daniel Salmon que isolou o microrganismo pela primeira vez em suínos (BERNARDES et al., 2018). *Salmonella* é um gênero da família *Enterobacteriaceae*. É uma bactéria anaeróbia Gram-negativa, não formadora de esporos, em forma de haste e facultativa. *Salmonella* é um fermentador de lactose (algumas subespécies) e um produtor de sulfito de hidrogênio. O gênero é classificado em duas espécies, *Salmonella enterica* e *Salmonella bongori*, e são abrigadas no trato intestinal de humanos e animais (GUT et al., 2018). É frequente em produtos agrícolas não processados, onde ocorre o contágio por meio da água contaminada e em alimentos de origem animal. Dentro da contaminação do alimento pode-se ter a infecção, intoxicação e a toxinfecção alimentar, todos prevenidos por meio de métodos de fiscalização, garantindo o consumo seguro do alimento (BERNARDES et al., 2018).

E. coli é uma bactéria Gram-negativa, pertencente à família das *Enterobacteriaceae*, dentro da classe *Gammaproteobacteria*, causadora tanto de infecção quanto de toxinfecção alimentar, onde sua contaminação se dá pela ingestão de água ou alimentos contaminados (JANG et al., 2017).

A maturação ou modificação bioquímica do alho negro ocorre em altas temperaturas e umidade relativa do ar controlada, o que pode contribuir para a redução ou eliminação de patógenos bacterianos. Este processo não apenas transforma o sabor e a textura do alho, mas também atua como um método natural de preservação, aumentando a segurança microbiológica do produto. É demonstrado que a fermentação de alimentos em condições de alta temperatura pode inativar microrganismos patogênicos, entretanto as reduções dos patógenos são temperatura-tempo dependentes (ESPINOSA et al., 2020).

A realização de testes microbiológicos é fundamental para garantir a segurança alimentar do produto desenvolvido. A presença de patógenos como *Salmonella* e *E. coli* em alimentos pode levar a surtos de doenças transmitidas por alimentos, que têm consequências graves para a saúde pública e a confiança do consumidor. Testar e assegurar a ausência desses patógenos é essencial para o desenvolvimento de produtos seguros e de alta qualidade, como o pão de alho negro, confeccionado neste estudo. Além disso, a validação da segurança microbiológica do produto pode abrir portas para sua comercialização e aceitação no mercado.

A tabela 4 apresenta os resultados frente a testagem para *E. coli* e *Salmonella* e a Figura 13 apresenta os aspectos finais após análise de cada uma delas. Os meios de salina com as diferentes diluições não apresentaram nenhuma turbidez e apresentaram ausência de produção de gases nos

tubos de Duhan (bolhas), determinando o não crescimento de *E. coli*. Por este motivo a pesquisa de confirmação para *E. coli* não necessitou ser realizado. As placas de *petri* não mostraram nenhum crescimento de colônias de bactérias para *Salmonella*. Resumidamente, os resultados foram negativos tanto para presença de *Salmonella* como de *E. coli*.

Tabela 4. Dados após análise microbiológica para *Salmonella* e *Escherichia coli*.

Microrganismo	Resultado
<i>Escherichia coli</i>	< 3 NMP / g
<i>Salmonella</i>	Ausente

Nota: (NMP) número mais provável.

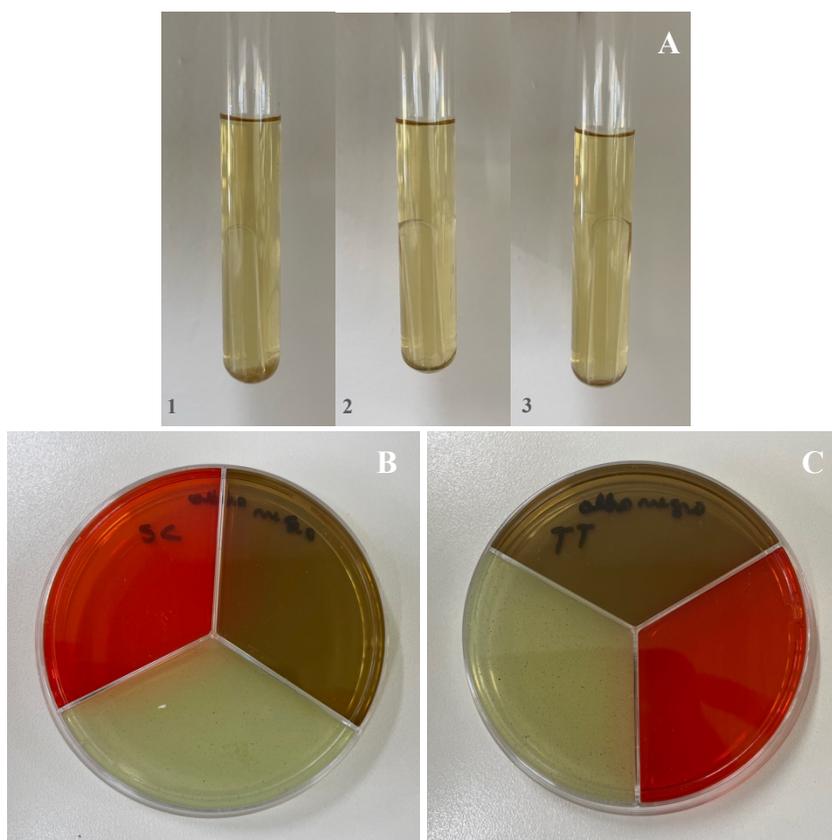


Figura 13. Aspectos finais para *Escherichia coli* e *Salmonella*. (A) Aspecto dos meios de salina com as diluições 10^{-1} (1), 10^{-2} (2) e 10^{-3} (3) após 48 h de incubação para análise à *Escherichia coli*, (B) aspecto da placa de petri após 24 h de incubação do cultivo de *Salmonella* em Caldo Selenito Cistina e (C) aspecto da placa de petri após 24 h de incubação do cultivo de *Salmonella* em Caldo Tetracionato. Fonte: Autores (2024).

5.3 Análises Sensorial

No total houve participação de 25 pessoas, entre 20 e 76 anos de idade, sendo 15 mulheres e 10 homens. A média de idade geral foi de 42,3, sendo 44,9 para os homens e 40,6 para as mulheres. A idade das mulheres variou entre 20 e 56 anos e para os homens 20 e 76 (Tabela 5).

Tabela 5. Caracterização demográfica dos participantes da análise sensorial.

Sexo	Participantes	Idade (média)	Idade geral (média)	Mínimo	Máximo
M	10	44,9	42,3	20	76
F	15	40,6		20	56

Em relação as Questões 1 e 2 (Anexo 1), a maioria dos participantes (48%), gostaram muitíssimo da degustação da maior concentração de alho negro (ACA) no pão de alho, seguido de 40% que gostaram muitíssimo da menor concentração (BCA) e 32% de média concentração (MCA) (Tabela 6). Dentre as intenções de consumo/compra, a maioria dos participantes, 48% comeriam/comprariam sempre o pão de alho com a menor concentração de alho negro e de formas semelhantes, 32% dos participantes, comeriam/comprariam sempre tanto média (MCA) e alta concentração (ACA) de alho negro. Todas as concentrações obtiveram índice de aceitabilidade superior a 70%. Desta forma, são consideradas satisfatórias (SALES et al., 2024).

Tabela 6. Respostas dos participantes frente as Questões 1 e 2 do questionário de análise sensorial. Valores em porcentagem (%) e entre parênteses () representa valores de números de respostas.

Perguntas↓		Respostas→										IAc
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
BCA	Gostar ou não gostar	0	0	0	0	4% (1)	4% (1)	12% (3)	40% (10)	40% (10)	89,78%	
	Intenção de consumo/compra	0	0	4% (1)	12% (3)	32% (6)	12% (3)	48% (12)	-	-		
MCA	Gostar ou não gostar	0	0	0	0	12% (3)	4% (1)	32% (6)	36% (9)	32% (6)	84%	
	Intenção de consumo/compra	4% (1)	0	8% (2)	28% (7)	8% (2)	20% (5)	32% (8)	-	-		
ACA	Gostar ou não gostar	0	0	0	4% (1)	0	12% (3)	12% (3)	32% (6)	48% (12)	88,44%	
	Intenção de consumo/compra	4% (1)	0	4% (1)	28% (7)	12% (3)	16% (4)	32% (6)	-	-		

Nota: Possíveis respostas para “gostar ou não gostar: 1= Desgostei muitíssimo; 2= Desgostei muito; 3= Desgostei moderadamente; 4= Desgostei ligeiramente; 5= Não gostei/nem desgostei; 6= Gostei ligeiramente; 7= Gostei moderadamente; 8= Gostei muito; 9= Gostei muitíssimo. Possíveis respostas para intenção de consumo/compra: 1= Nunca comeria/compraria; 2= Comeria/compraria muito raramente; 3= Comeria/compraria raramente; 4= Comeria/compraria ocasionalmente; 5= Comeria/compraria frequentemente; 6= Comeria/compraria muito frequentemente; 7= Comeria/compraria sempre. IAc= Índice de Aceitabilidade.

Em análise das Questões 3 e 4 (Anexo 1) observou-se que o parâmetro sabor foi o que os participantes mais gostaram para BCA, ao mesmo tempo que a maior porcentagem do parâmetro que menos gostaram também foi para o sabor (31,2%), assim como para o aroma (31,2%). Para MCA, o parâmetro que mais gostaram foi a textura (36,2%) e que menos gostaram foi do sabor (36,8%). Entretanto, para ACA as opiniões ficaram divididas, onde o sabor foi selecionado para o parâmetro que os participantes mais gostaram (36,6%), assim como para os que menos gostaram (36,7%). Diante de todos os dados da análise em relações aos parâmetros de aparência, sabor, textura e aroma é importante destacar a diferença de quantidade total de apontamentos para o que mais agradou e menos agradou aos participantes. Para BCA houve 52 apontamentos de parâmetros para o que mais gostou, porém apenas 16 para o que menos gostou, sendo uma diminuição de 70% de apontamentos para o que menos gostou para o produto. Para MCA apresentou 44 apontamentos para o que mais gostou e 19 para o que menos gostou. Uma diminuição de 56,8% de apontamentos. E por último, ACA apresentou 41 apontamentos para o que mais gostou e 19 para o que menos gostou, diminuindo em 53,6% de apontamentos.

Tabela 7. Respostas dos participantes frente as Questões 3 e 4 do questionário de análise sensorial. Valores em porcentagem (%) em relação ao total de respostas dentre cada parâmetro e entre parente () representa valores de números de respostas.

	Perguntas↓	Respostas→	Aparência	Sabor	Textura	Aroma	Total
BCA	O que MAIS gostou		11,6% (6)	40,4% (21)	28,8% (15)	19,2% (10)	52
	O que MENOS gostou		18,8% (3)	31,2% (5)	18,8% (3)	31,2% (5)	16
MCA	O que MAIS gostou		16% (7)	31,8% (14)	36,2% (16)	16% (7)	44
	O que MENOS gostou		26,4% (5)	36,8% (7)	21% (4)	15,8% (3)	19
ACA	O que MAIS gostou		9,8% (4)	36,6% (15)	26,8% (11)	26,8% (11)	41
	O que MENOS gostou		26,4% (5)	36,7% (7)	26,4% (5)	10,5% (2)	19

Em respostas das últimas Questões, onde os participantes tinham que levar em consideração as três concentrações, ACA foi selecionado como a concentração que os participantes mais gostaram (52%) e o que mais seria comprado (45,2%) (Figura 14). BCA apresentou a segunda maior porcentagem, tanto para o “gostar” (32%) quanto para a intenção de compra (35,5%). E as menores porcentagens foram observadas para MCA, com 12% de “gostar” e 16,1% para intenção

de compra. E pode-se observar que a porcentagens de “não responderam” (NR) diminuiu para a intenção de compra. Ambos os gráficos mostram que a quantidade de intenções de compra, para cada concentração, é proporcional ao “gostar” de cada.

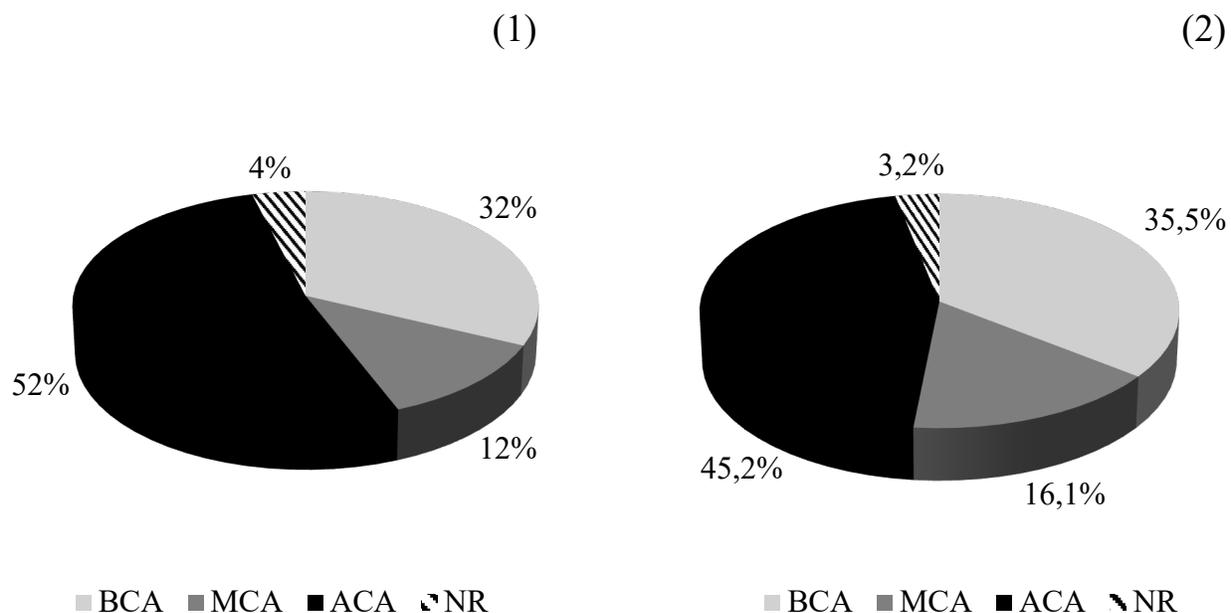


Figura 14. Respostas dos participantes frente a análise em relação as três concentrações para (1) “Qual MAIS gostou” e (2) “Qual provavelmente você compraria”. Fonte: Autores (2024).

Frente a pergunta de qual menos gostou e qual provavelmente não compraria, a porcentagem de seleção em ACA diminuiu, porém continuou sendo o mais votado, tanto para a pergunta de qual menos gostou (36%) quanto para qual provavelmente não compraria (32%) (Figura 15). Entretanto, houve um aumento de porcentagem para as demais concentrações de BCA (32% menos gostaram e 28% não compraria) e MCA (24% menos gostaram e 28% não comprariam). Além disso, pode ser observado que diante essas questões a escolha entre as concentrações foram mais semelhantemente divididas e a porcentagem para NR aumentaram, podendo considerar que os participantes não quiseram opinar por terem aprovado os produtos (amostras).

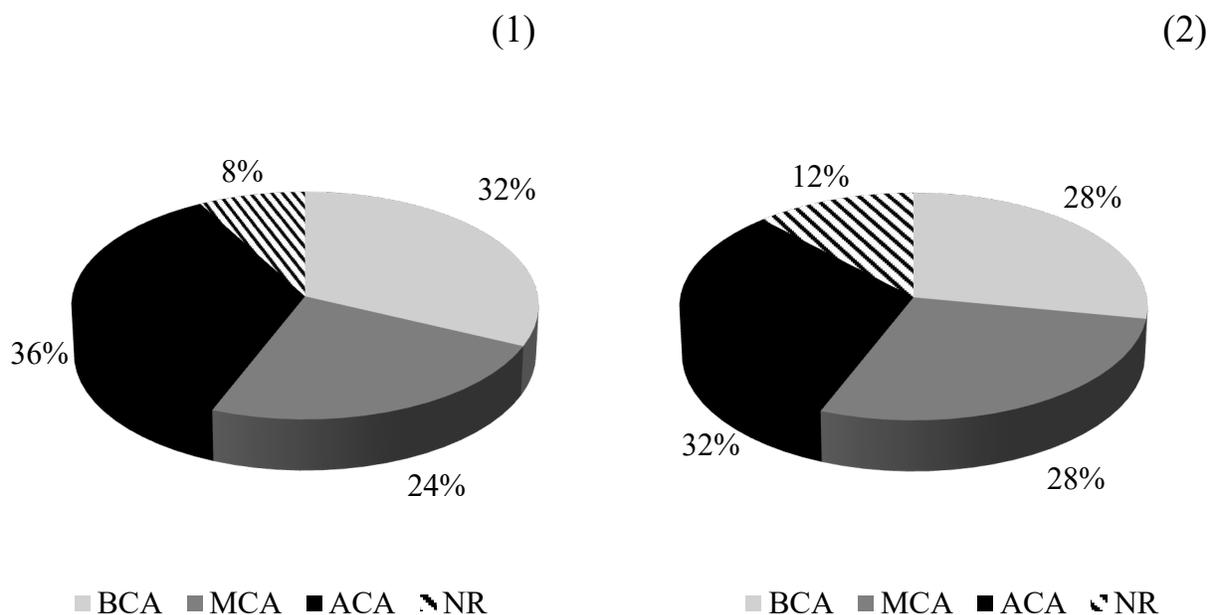


Figura 15. Respostas dos participantes frente a análise em relação as três concentrações para (1) “Qual MENOS gostou” e (2) “Qual provavelmente você NÃO compraria”. Fonte: Autores (2024).

Dos vinte e cinco participantes, dezessete descreveram “Sugestões e/ou comentários” e no geral foram comentários positivos. Dentre eles, houve cinco comentários como “gostei de todos, porém mais da amostra com maior concentração de alho negro”, sete disseram que “gostaram de todos os produtos”, quatro relataram “gostar mais da baixa e média concentração”, sendo um deles gostou mais da menor concentração e dois da média concentração. Um relato foi em relação a pouca quantidade de recheio para amostras de alta concentração de alho negro e um comentou a cor diferente do recheio. Além disso, houve sugestões como a adição de ervas finas poderia realçar o sabor e poderia haver maior quantidade de recheio. Mediante as sugestões e/ou comentários pode-se observar, ainda mais, a aceitação do pão de alho negro, entretanto a sua concentração deve ser mais bem analisada e estudada para ser inserida no mercado.

A avaliação sensorial é definida como a disciplina científica usada para medir, analisar e interpretar reações humanas resultantes de um estímulo causado pelo consumo de um determinado produto (PÉREZ-GONZÁLEZ et al., 2023). E ela permite que os pesquisadores analisem as preferências de um consumidor em relação a um produto, auxiliando na formulação, podendo ser através da incorporação de diferentes ingredientes de tempero, especiarias e outros aditivos.

(KUMARI et al., 2023). Além da produção, a aceitação de uma nova alternativa de produto é impactante. A aceitação geral de um produto não depende apenas de suas propriedades sensoriais, mas também é influenciada por aspectos éticos, crenças pessoais e consciência geral dos consumidores. No entanto, as propriedades sensoriais desempenham um papel importante na aceitação de qualquer produto antes e durante o consumo. Antes do consumo, a aparência, a cor e a forma têm maior influência no comportamento de compra dos consumidores, enquanto depois, o perfil de sabor e textura são mais importantes (KUMARI et al., 2023). Um sabor desagradável ou surpreendente mostra-se como a principal barreira para a adoção de qualquer produto alternativo e para prever a aceitação e preferência dos consumidores por qualquer produto, a avaliação sensorial é necessária (KUMARI et al., 2023). Diante este contexto e dos dados adquiridos pela análise sensorial, a média concentração de alho negro inserida no pão de alho (MCA), poderia ser o produto com maior quantidade de compra dos consumidos, uma vez que mostrou a maior porcentagem de apontamento em relação a “aparência”. Entretanto, a concentração que mais foi apontada pelos participantes por gostarem mais do sabor foi para a menor concentração de alho negro no pão de alho (BCA). O que pode ter sido impactado pelo sabor característico, agridoce, do alho negro, comprovado pela maior quantidade estatisticamente significativa de sólidos solúveis (açúcar) presente no alho negro obtido (Tabela 3). Além disso, a ausência de sabor pungente do alho fresco, ingrediente comum dos pães de alho comercialmente disponíveis, pode ter influenciado os parâmetros analisados, uma vez que o participante pode ter realizado a avaliação se arremetendo aos pães de alho tradicionais.

6 CONCLUSÕES

Este estudo desenvolveu com sucesso e realizou uma análise sensorial do pão de alho negro, revelando *insights* importantes sobre seu potencial de aceitação no mercado e benefícios nutricionais. Assim é possível concluir que:

- O processamento do alho em temperatura e umidade relativa do ar controlada foi capaz de produzir alho negro característico e seguro para consumo;
- A adição de alho negro em recheio de pão de alho mostrou-se aceitável pelos consumidores;
- É necessário analisar com cautela a concentração de alho negro que mais será aceita para consumo. Contudo, a maior aceitabilidade foi para o pão de alho com baixa concentração de alho negro, de 89,78%, e a menor foi para a concentração média de alho negro, de 84%.

REFERÊNCIAS

ABIP, Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. **Indicadores da panificação e superação dos desafios**. Instituto de Desenvolvimento das Empresas de Alimentação (IDEAL), 2022. Disponível em: https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2022/09/EBOOK_-_IDEAL_-_INDICADORES_JANEIRO_A_MAIO_2022_-_BR.pdf. Acesso em: 15 jul. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 161, DE 1º DE JULHO DE 2022. Ministério da Saúde - MS, 2022.**

AHMED, Tanvir; WANG, Chin-Kun. Black Garlic and Its Bioactive Compounds on Human Health Diseases: A Review. **Molecules**, [S. l.], v. 26, n. 16, p. 5028, 2021. DOI: 10.3390/molecules26165028.

ALAHY, Md; MUKHOPADHYAY, Subhas. Detection Methodologies for Pathogen and Toxins: A Review. **Sensors**, [S. l.], v. 17, n. 8, p. 1885, 2017. DOI: 10.3390/s17081885.

AMEH, Michael O.; GERNAH, Dick I.; IGBABUL, Bibiana D. Physico-Chemical and Sensory Evaluation of Wheat Bread Supplemented with Stabilized Undefined Rice Bran. **Food and Nutrition Sciences**, [S. l.], v. 04, n. 09, p. 43–48, 2013. DOI: 10.4236/fns.2013.49A2007.

AMOAHA, Isaac; CAIRNCROSS, Carolyn; OSEI, Emmanuel Ofori; YEBOAHA, Jacqueline Afua; COBBINAH, Jesse Charles; RUSH, Elaine. Bioactive Properties of Bread Formulated with Plant-based Functional Ingredients Before Consumption and Possible Links with Health Outcomes After Consumption- A Review. **Plant Foods for Human Nutrition**, [S. l.], v. 77, n. 3, p. 329–339, 2022. DOI: 10.1007/s11130-022-00993-0.

AOCS OFFICIAL METHOD TE 1A-64. **Acid value. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS** Champaign, 2017.

BEDRNÍČEK, Jan et al. The Use of a Thermal Process to Produce Black Garlic: Differences in the Physicochemical and Sensory Characteristics Using Seven Varieties of Fresh Garlic. **Foods**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 2703, 2021. DOI: 10.3390/foods10112703.

BELL, Leonard N. Moisture Effects on Food's Chemical Stability. *Em: Water Activity in Foods*. [s.l.]: Wiley, 2020. p. 227–253. DOI: 10.1002/9781118765982.ch9.

BERNARDES, Nicole Blanco; FACIOLI, Larissa De Souza; FERREIRA, Maria Luzia; COSTA, Raissa De Moura; SÁ, Ana Cristina Fonseca De. Intoxicação Alimentar: Um problema de Saúde Pública. **ID on line REVISTA DE PSICOLOGIA**, [S. l.], v. 12, n. 42, p. 894–906, 2018. DOI: 10.14295/online.v12i42.1373.

CAMPANHA, Resposta Técnica; BARBOZA, Lucas José; BONOTTO, Ricardo Augusto. **Fabricação de pão de alho**, [s.d.]. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br3>.

CHAN, Kai-Hui; CHANG, Chao-Kai; GAVAHIAN, Mohsen; YUDHISTIRA, Bara; SANTOSO, Shella Permatasari; CHENG, Kuan-Chen; HSIEH, Chang-Wei. The Impact of Different Pretreatment Processes (Freezing, Ultrasound and High Pressure) on the Sensory and Functional Properties of Black Garlic (*Allium sativum* L.). **Molecules**, [S. l.], v. 27, n. 20, p. 6992, 2022. DOI: 10.3390/molecules27206992.

CHANG, Wen-Chang; LIN, Wen-Chun; WU, She-Ching. Optimization of the Black Garlic Processing Method and Development of Black Garlic Jam Using High-Pressure Processing. **Foods**, [S. l.], v. 12, n. 8, p. 1584, 2023. DOI: 10.3390/foods12081584.

CHAVAN, Rupesh S.; CHAVAN, Shraddha R. Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 169–182, 2011. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x.

CHHABRIA, Sagar; DESAI, Krutika. Purification and characterisation of alliinase produced by *Cupriavidus necator* and its application for generation of cytotoxic agent: Allicin. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [S. l.], v. 25, n. 7, p. 1429–1438, 2018. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.01.003.

ELETRORBRAS, Centrais Elétricas Brasileiras S. A. **Fabricação de Produtos de Panificação**. Rio de Janeiro, 2014.

ESPINOSA, Maria Fernanda; SANCHO, A. Natanael; MENDOZA, Lorelay M.; MOTA, César Rossas; VERBYLA, Matthew E. Systematic review and meta-analysis of time-temperature pathogen inactivation. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [S. l.], v. 230, p. 113595, 2020. DOI: 10.1016/j.ijheh.2020.113595.

GERARDO-RODRÍGUEZ, Jesus Enrique; RAMÍREZ-WONG, Benjamín; TORRES-CHÁVEZ, Patricia Isabel; LEDESMA-OSUNA, Ana Irene; CARVAJAL-MILLÁN, Elizabeth; LÓPEZ-CERVANTES, Jaime; SILVAS-GARCÍA, María Irene. Effect of part-baking time, freezing rate and storage time on part-baked bread quality. **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 41, n. suppl 1, p. 352–359, 2021. DOI: 10.1590/fst.06820.

GUT, Abraham Majak; VASILJEVIC, Todor; YEAGER, Thomas; DONKOR, Osaana N. Salmonella infection – prevention and treatment by antibiotics and probiotic yeasts: a review. **Microbiology**, [S. l.], v. 164, n. 11, p. 1327–1344, 2018. DOI: 10.1099/mic.0.000709.

HE, Wei; LIANG, Li; ZHANG, Yuyu. Pungency Perception and the Interaction with Basic Taste Sensations: An Overview. **Foods**, [S. l.], v. 12, n. 12, p. 2317, 2023. DOI: 10.3390/foods12122317.

IBRAHIM, U. K.; SALLEH, R. M.; MAQSOOD-UL-HAQUE, S. N. S. Bread towards Functional Food: An Overview. **ETP International Journal of Food Engineering**, [S. l.], 2015. DOI: 10.18178/ijfe.1.1.39-43.

JANG, J.; HUR, H. G.; SADOWSKY, M. J.; BYAPPANAHALLI, M. N.; YAN, T.; ISHII, S. Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications-a review. **Journal of Applied Microbiology**, [S. l.], v. 123, n. 3, p. 570–581, 2017. DOI: 10.1111/jam.13468.

JAYWANT, Swapna A.; SINGH, Harshpreet; ARIF, Khalid Mahmood. Sensors and Instruments for Brix Measurement: A Review. **Sensors**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 2290, 2022. DOI: 10.3390/s22062290.

KIMURA, Shunsuke; TUNG, Yen-Chen; PAN, Min-Hsiung; SU, Nan-Wei; LAI, Ying-Jang; CHENG, Kuan-Chen. Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. **Journal of Food and Drug Analysis**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 62–70, 2017. DOI: 10.1016/j.jfda.2016.11.003.

KUMARI, Swati; ALAM, Amm Nurul; HOSSAIN, Md. Jakir; LEE, Eun-Yeong; HWANG, Young-Hwa; JOO, Seon-Tea. Sensory Evaluation of Plant-Based Meat: Bridging the Gap with Animal Meat, Challenges and Future Prospects. **Foods**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 108, 2023. DOI: 10.3390/foods13010108.

MALDONADE, Lriani R.; MACHADO, Eleuza Rodrigues. Alho negro: características e benefícios à saúde. **Embrapa**, Brasília, p. 28–33, 2016.

MENEZES, Marcos Ubiratam Filgueira Oliveira; BEVILAQUA, Gabriel Cicalese; DA SILVA NASCIMENTO, Ítalo Ricardo; DA CRUZ XIMENES, Graciliane Nobre; ANDRADE, Samara Alvachian Cardoso; DOS SANTOS CORTEZ BARBOSA, Neila Mello. Antagonist action of *Lactobacillus acidophilus* against pathogenic strains in goat milk yogurt. **Journal of Food Science and Technology**, [S. l.], v. 60, n. 1, p. 353–360, 2023. DOI: 10.1007/s13197-022-05622-x.

NAKAGAWA, Kouichi; MAEDA, Hayato; YAMAYA, Yoshifumi; TONOSAKI, Yudai. Maillard Reaction Intermediates and Related Phytochemicals in Black Garlic Determined by EPR and HPLC Analyses. **Molecules**, [S. l.], v. 25, n. 19, p. 4578, 2020. DOI: 10.3390/molecules25194578.

NORA, Flávia Michelon Dalla. **Análise Sensorial Clássica: Fundamentos e Métodos**. [s.l.]: Mérida Publishers, 2021. DOI: 10.4322/mp.978-65-994457-0-5.

PÉREZ-GONZÁLEZ, Eduardo; SEVERIANO-PÉREZ, Patricia; AVIÑA-JIMÉNEZ, Héctor M.; VELÁZQUEZ-MADRAZO, Olga Del C. Geothermal food dehydrator system, operation and sensory analysis, and dehydrated pineapple quality. **Food Science & Nutrition**, [S. l.], v. 11, n. 11, p. 6711–6727, 2023. DOI: 10.1002/fsn3.3249.

PIRES, Liliane de Souza; MAURO, Maria Aparecida. **Processamento de Alho Negro**. 2014. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2014.

PIRES, Liliane de Souza; TODISCO, Katieli Martins; JANZANTTI, Natália Soares; MAURO, Maria Aparecida. Black garlic: Effects of the processing on the kinetics of browning and moisture transfer and on antioxidant properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, [S. l.], v. 43, n. 10, 2019. DOI: 10.1111/jfpp.14133.

PRIETO-VÁZQUEZ DEL MERCADO, Pavel; MOJICA, Luis; MORALES-HERNÁNDEZ, Norma. Protein Ingredients in Bread: Technological, Textural and Health Implications. **Foods**, [S. l.], v. 11, n. 16, p. 2399, 2022. DOI: 10.3390/foods11162399.

RYU, Ji Hyeon; KANG, Dawon. Physicochemical Properties, Biological Activity, Health Benefits, and General Limitations of Aged Black Garlic: A Review. **Molecules**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 919, 2017. DOI: 10.3390/molecules22060919.

SALES, Amanda Luísa; CUNHA, Sara C.; FERREIRA, Isabel M. P. L. V. O.; MORGADO, Jéssika; MELO, Lauro; DEPAULA, Juliana; MIGUEL, Marco Antonio L.; FARAH, Adriana. Volatilome, Microbial, and Sensory Profiles of Coffee Leaf and Coffee Leaf-Toasted Maté Kombuchas. **Foods**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 484, 2024. DOI: 10.3390/foods13030484.

SEBRAE, Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Bahia. **Estudo de Mercado. Indústria: Panificação.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Indústria%20da%20panificação.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SETIYONINGRUM, Fitri; PRIADI, Gunawan; AFIATI, Fifi; HERLINA, Nina; SOLIKHIN, Akhmad. Composition of spontaneous black garlic fermentation in a water bath. **Food Science and Technology**, [S. l.], v. 41, n. suppl 2, p. 557–562, 2021. DOI: 10.1590/fst.28720.

SZYCHOWSKI, Konrad; RYBCZYŃSKA-TKACZYK, Kamila; GAWEL-BĘBEN, Katarzyna; ŚWIECA, Michał; KARAS, Monika; JAKUBCZYK, Anna; MATYSIAK, Magdalena; BINDUGA, Urszula; GMIŃSKI, Jan. Characterization of Active Compounds of Different Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, [S. l.], v. 68, n. 1, p. 73–81, 2018. DOI: 10.1515/pjfn-2017-0005.

TARLAK, Fatih. The Use of Predictive Microbiology for the Prediction of the Shelf Life of Food Products. **Foods**, [S. l.], v. 12, n. 24, p. 4461, 2023. DOI: 10.3390/foods12244461.

TEIXEIRA, Lílian Viana. ANÁLISE SENSORIAL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, [S. l.], v. 366, p. 12–21, 2009.

TOLEDANO-MEDINA, M. Angeles; PÉREZ-APARICIO, Jesús; MORENO-ROJAS, Rafael; MERINAS-AMO, Tania. Evolution of some physicochemical and antioxidant properties of black garlic whole bulbs and peeled cloves. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 199, p. 135–139, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.11.128.

UTAMA, Gemilang Lara; RAHMI, Zahida; SARI, Meli Puspita; HANIDAH, In-in. Psychochemical changes and functional properties of organosulfur and polysaccharide compounds of black garlic (*Allium sativum* L.). **Current Research in Food Science**, [S. l.], v. 8, p. 100717, 2024. DOI: 10.1016/j.crf.2024.100717.

YUAN, Heng; SUN, Linjuan; CHEN, Min; WANG, Jun. The Comparison of the Contents of Sugar, Amadori, and Heyns Compounds in Fresh and Black Garlic. **Journal of Food Science**, [*S. l.*], v. 81, n. 7, 2016. DOI: 10.1111/1750-3841.13365.

ZHANG, Xinyan; LI, Ningyang; LU, Xiaoming; LIU, Pengli; QIAO, Xuguang. Effects of temperature on the quality of black garlic. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [*S. l.*], v. 96, n. 7, p. 2366–2372, 2016. DOI: 10.1002/jsfa.7351.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de avaliação sensorial do pão de alho negro.

ANÁLISE SENSORIAL DE "PÃO DE ALHO" COM ALHO NEGRO		
		
Idade: _____ Sexo: M (<input type="checkbox"/>) F (<input type="checkbox"/>) Horário: _____ Data: ____/____/____		
Você está recebendo amostras distintas de um "pão de alho" com alho negro. Assim, avalie as amostras separadamente e após, responda com relação à todas elas.		
Amostra: BCA	Amostra: MCA	Amostra: ACA
1. Avalie quanto ao grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo (assinale com X a opção desejada). (9) Gostei muitíssimo (8) Gostei muito (7) Gostei moderadamente (6) Gostei ligeiramente (5) Não gostei/nem desgostei (4) Desgostei ligeiramente (3) Desgostei moderadamente (2) Desgostei muito (1) Desgostei muitíssimo	1. Avalie quanto ao grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo (assinale com X a opção desejada). (9) Gostei muitíssimo (8) Gostei muito (7) Gostei moderadamente (6) Gostei ligeiramente (5) Não gostei/nem desgostei (4) Desgostei ligeiramente (3) Desgostei moderadamente (2) Desgostei muito (1) Desgostei muitíssimo	1. Avalie quanto ao grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo (assinale com X a opção desejada). (9) Gostei muitíssimo (8) Gostei muito (7) Gostei moderadamente (6) Gostei ligeiramente (5) Não gostei/nem desgostei (4) Desgostei ligeiramente (3) Desgostei moderadamente (2) Desgostei muito (1) Desgostei muitíssimo
2. Avalie segundo a sua intenção de consumo/compras, utilizando a escala abaixo (assinale com X a opção desejada). (7) Comería/compraria sempre (6) Comería/compraria muito frequentemente (5) Comería/compraria frequentemente (4) Comería/compraria ocasionalmente (3) Comería/compraria raramente (2) Comería/compraria muito raramente (1) Nunca comería/compraria	2. Avalie segundo a sua intenção de consumo/compras, utilizando a escala abaixo (assinale com X a opção desejada). (7) Comería/compraria sempre (6) Comería/compraria muito frequentemente (5) Comería/compraria frequentemente (4) Comería/compraria ocasionalmente (3) Comería/compraria raramente (2) Comería/compraria muito raramente (1) Nunca comería/compraria	2. Avalie segundo a sua intenção de consumo/compras, utilizando a escala abaixo (assinale com X a opção desejada). (7) Comería/compraria sempre (6) Comería/compraria muito frequentemente (5) Comería/compraria frequentemente (4) Comería/compraria ocasionalmente (3) Comería/compraria raramente (2) Comería/compraria muito raramente (1) Nunca comería/compraria
3. Diga o que MAIS gostou na preparação (aparência; sabor; textura; aroma). _____ _____	3. Diga o que MAIS gostou na preparação (aparência; sabor; textura; aroma). _____ _____	3. Diga o que MAIS gostou na preparação (aparência; sabor; textura; aroma). _____ _____
4. Diga o que MENOS gostou na preparação (aparência; sabor; textura; aroma). _____ _____	4. Diga o que MENOS gostou na preparação (aparência; sabor; textura; aroma). _____ _____	4. Diga o que MENOS gostou na preparação (aparência; sabor; textura; aroma). _____ _____

Dentre as 3 amostras, responda:	
1. Qual você MAIS gostou? (BCA) (MCA) (ACA)	2. Qual você MENOS gostou? (BCA) (MCA) (ACA)
3. Qual provavelmente você compraria? (BCA) (MCA) (ACA)	4. Qual provavelmente você NÃO compraria? (BCA) (MCA) (ACA)

Sugestões e/ou comentários:

Primeira página (frente da ficha) contendo campos para coleta da caracterização demográfica dos participantes, quatro (4) questões de cada concentração de alho negro e segunda página (verso da ficha), questões para análise considerando as 3 amostras recebidas, assim como sugestões e/ou comentários pertinentes.