

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS  
CÂMPUS CAMPO MOURÃO – PARANÁ

ANGÉLICA LOPES DA SILVA

**APLICAÇÃO DE AMIDO OXIDADO DE MANDIOCA COMO  
INGREDIENTE EM PANIFICAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

ANGÉLICA LOPES DA SILVA

**APLICAÇÃO DE AMIDO OXIDADO DE MANDIOCA COMO  
INGREDIENTE EM PANIFICAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos da Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, como requisito para a obtenção do título de Tecnóloga de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo.

CAMPO MOURÃO

2012



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão

Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos  
Engenharia de Alimentos



## TERMO DE APROVAÇÃO

### APLICAÇÃO DE AMIDO OXIDADO DE MANDIOCA COMO INGREDIENTE EM PANIFICAÇÃO

POR

ANGÉLICA LOPES DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 23 de Abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnóloga em Tecnologia em Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo  
Orientador

Prof.ª Dr.ª Karla Silva  
Membro titular

Prof. Dr. Miguel Angel Aparicio Rodriguez  
Membro titular

SILVA, Angélica Lopes. Aplicação de amido oxidado de mandioca como ingrediente em panificação. 2013. (43 folhas). Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2013.

O pão é obtido pela cocção da massa fermentada de farinha de trigo. Para melhorar o desempenho da farinha alguns aditivos como emulsificantes, oxidantes e enzimas podem ser adicionados. O objetivo desse trabalho foi usar o amido mandioca oxidado com peróxido de hidrogênio na ausência ou presença de permanganato de potássio ou sulfato de ferro como agente melhorador em panificação. Para a fabricação dos pães foram utilizados 2% de amido oxidado para cada formulação, e ainda uma formulação introduzindo ácido ascórbico a 100 ppm por ser o aditivo usual, e como padrão uma outra formulação sem nenhum tipo de aditivo. Foram realizados nos pães testes de volume específico, colorimetria do miolo, análise sensorial de aceitação e vida de prateleira; nas massas tempo de fermentação pelo índice de Pelshenke e nos amidos a determinação de carboxila e carbonila. Constatou-se que nos quesitos: cor do miolo, avaliação sensorial dos pães e índice de Pelshenke das massas todos os tratamentos não diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) do controle. A formulação de peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio se sobressaiu nos testes de volume específico e a vida de prateleira dos pães não diferiu estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da formulação com ácido ascórbico. Na determinação de carboxila e carbonila o amido oxidado com peróxido de hidrogênio e sulfato de ferro apresentou maiores valores de grupos carbonilas.

**Palavras- chave:** pão, amido oxidado, farinha de trigo.

## ABSTRACT

SILVA, Angélica Lopes. Application of oxidized cassava starch as ingredient in baking. 2013. (43 folhas). Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2013.

The bread is obtained by cooking the dough fermented flour. To improve the performance of flour some additives such as emulsifiers, oxidants and enzymes may be added. The aim of this study was to use cassava starch oxidized with hydrogen peroxide in the absence or presence of potassium permanganate or hydrogen peroxide as improving agent in baking. For the manufacture of bread were used 2% oxidized starch for each formulation and also introducing one formulation at 100 ppm ascorbic acid being the usual additive and as another standard formulation without any additive. Tests were conducted in bread specific volume, crumb colorimetry, sensory analysis and shelf life; in dough fermentation time by index Pelshenke, and quantification of carbonyl and carboxyl groups in oxidized starches. It was found that in the categories: color of the crumb, and sensory evaluation of breads and index Pelshenke all treatments were not statistically different ( $p > 0.05$ ) of control. The formulation of hydrogen peroxide/potassium permanganate excelled in tests of specific volume and shelf life of bread did not differ statistically ( $p > 0.05$ ) with ascorbic acid formulation. In the determination of carbonyl and carboxyl starch oxidized with hydrogen peroxide and iron sulfate had higher carbonyl groups.

**Key words:** bread, oxidized starch, wheat flour.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: GELATINIZAÇÃO DO AMIDO NATIVO.....	17
FIGURA 2: AGITAÇÃO POR 24 HORAS A 900 RPM.....	17
FIGURA 3: UTILIZAÇÃO DO APARELHO COLORIMETRO PARA REALIZAÇÃO DO TESTE DE COLORIMETRIA NAS AMOSTRAS DE CADA FORMULAÇÃO DE PÃO ANALISADA.....	22
FIGURA 4: COR INDICATIVA NA TITULAÇÃO REALIZADA PARA DETERMINAR A QUANTIDADE DE CARBOXILA E CARBONILA.....	25
FIGURA 5: FATIAS DA REGIÃO CENTRAL DE CADA UM DOS PÃES ANALISADOS DE ACORDO COM CADA FORMULAÇÃO PROPOSTA POR ESSE TRABALHO.....	27
FIGURA 6: AMOSTRAS DOS PÃES UTILIZADOS PARA O TESTE SENSORIAL.....	31
FIGURA 7: GRÁFICO MOSTRANDO O ÍNDICE TEMPO DE VIDA DE PRATELEIRA.....	35

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELA 1. QUANTIDADES E PORCENTAGENS DOS INGREDIENTES DA FORMULAÇÃO DOS PÃES.....	20
TABELA 2. DETERMINAÇÃO DO PESO DOS PÃES E OS RESPECTIVOS VOLUMES ESPECÍFICOS DAS DIFERENTES FORMULAÇÕES DOS PÃES.....	28
TABELA 3. VALORES DE L*, A* E B* ENCONTRADOS NA COLORIMETRIA DOS PÃES CONTENDO AMIDO OXIDADO, ÁCIDO ASCÓRBICO E CONTROLE.....	30
TABELA 4. MÉDIAS ATRIBUÍDAS A ACEITAÇÃO GLOBAL TENDO EM CONSIDERAÇÃO OS ATRIBUTOS SABOR, TEXTURA, COR E AROMA DAS AMOSTRAS DE PÃES, REALIZADA PELA EQUIPE DE PROVADORES.....	33
TABELA 5. COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE PELSSENKE (I.P.) DAS MASSAS CONTENDO AMIDO OXIDADO E DOS CONTROLES UTILIZADOS, DISCRIMINADAS EM HORAS E MINUTOS E SEGUIDAS DE SUAS RESPECTIVAS MÉDIAS.....	34
GRÁFICO 1. CONTAGENS DOS DIAS DO TEMPO DE VIDA DE PRATELEIRA DOS PÃES FABRICADOS COM OS AMIDOS OXIDADOS EM COMPARAÇÃO COM O CONTROLE SEM CONSERVANTE E COM ADIÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO.....	35
TABELA 6. TEORES DE CARBOXILAS E CARBONILAS DE AMIDOS OXIDADOS DE MANDIOCA E AMIDO NATIVO.....	36

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	8
2.OBJETIVOS.....	10
2.1.OBJETIVOS.....	10
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3.REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3.1.FARINHA DE TRIGO.....	11
3.2.AGENTES MELHORADORES DE FARINHA DE TRIGO.....	12
3.2.1 Ácido ascórbico.....	12
3.3. SUBSTÂNCIAS ANTIFÚNGICAS.....	13
3.4. AMIDOS OXIDADOS.....	14
4.MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1MATERIAIS.....	16
4.1.1. Amido.....	16
4.1.2.Outros ingredientes.....	16
4.2. MÉTODOS.....	16
4.2.1. Oxidação do amido de mandioca.....	17
4.2.2. Lavagem do amido.....	18
4.2.3. Secagem do amido.....	18
4.2.4. Moagem do amido.....	18
4.2.5. Determinação da umidade.....	18
4.3. TESTE DE PANIFICAÇÃO.....	19
4.3.1. Desenvolvimento da massa.....	19
4.3.2. Fermentação.....	20
4.3.3. Forneamento.....	20
4.3.4. Embalagem e armazenamento.....	20
4.4. AVALIAÇÃO DO VOLUME DOS PÃES.....	20
4.5. DETERMINAÇÃO DA COR DO MIOLO DOS PÃES.....	21
4.6. AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS PÃES.....	22
4.7. TESTE DE TEMPO DE FERMENTAÇÃO.....	23
4.8. VIDA DE PRATELEIRA DOS PÃES COM ADIÇÃO DE AMIDO OXIDADO.....	24
4.9. DETERMINAÇÃO DE CARBOXILA E CARBONILA NAS FORMULAÇÕES DE AMIDO OXIDADO.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DOS PÃES.....	27
5.2. DETERMINAÇÃO DA COLORIMETRIA DOS PÃES CONTENDO AMIDO OXIDADO.....	29
5.3 ANÁLISE SENSORIAL.....	31
5.4. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE FERMENTAÇÃO.....	33
5.5. VIDA DE PRATELEIRA DOS PÃES DE FORMA.....	34
5.6. CARBOXILA E CARBONILA.....	35
6. CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
Anexo.....	43



## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil o hábito de comer pão foi trazido pelos portugueses, e com a grande capacidade de adaptação logo a farinha tradicional foi substituída pelas farinhas locais nos proporcionando um serie de variedades com novas formulações, formatos e sabores (RAWLS, 2003).

De acordo com a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.

“O pão é 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.”

O trigo é o principal ingrediente do pão sendo ainda utilizados água, fermento biológico e sal (cloreto de sódio). Porém há a possibilidade de se acrescentar outros componentes com o intuito de obter melhor resultado no produto final. Alguns desses componentes podem ser: gordura vegetal, açúcares, emulsificantes, agentes oxidantes, conservantes e enzimas (MATUDA, 2004). O uso desses aditivos ajudam ainda na melhoria e manutenção da qualidade dos produtos durante sua vida de prateleira. Dentre os aditivos mais usados em panificação estão os oxidantes, os redutores, as enzimas e os emulsificantes (BRASIL, 2000). Entre os agentes oxidantes ácido ascórbico, azodicarbonamida e bromato de potássio são os mais comumente usados (CAUVAIN e YONG, 2002).

O amido é uma matéria-prima renovável, não tóxica e a principal substância de reserva das plantas superiores, sendo obtido de raízes e tubérculos como a mandioca e a batata ou de cereais como o milho, o trigo e o arroz (GUIMARÃES, 2007). O amido é usado pela indústria alimentícia como ingrediente em alimentos processados, sendo também sua principal área de aplicação. Contudo, as aplicações de amido pelas indústrias apresentam certos limites devido ao seu uso principalmente na forma nativa, ou seja, não modificada. As modificações químicas ou físicas de amido têm sido desenvolvidas para aumentar seu uso e seu valor.

A produção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo com o objetivo de superar uma ou mais limitações dos

amidos nativos e assim aumentar a utilidade deste polímero nas aplicações industriais (LEONEL *et al.*, 1998)

Para ser obtido um amido modificado, os amidos nativos passaram a sofrer mudanças de natureza química a física originando o amido modificado. Araújo *et al.* (2009), explica em seu livro que o amido pode ser modificado através de reações químicas físicas e enzimáticas [...], os amidos modificados de natureza química envolvem reações de hidrólise ácida, de oxidação e de esterificação. As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento das pastas de amido. Essas propriedades têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido (CEREDA *et al.*, 2008).

Nos últimos anos os amidos oxidados contendo grupo aldeídos tem sido objeto de pesquisa devido a reatividade desses grupos. Esses amidos têm sido usados na elaboração de filmes biodegradáveis que ao interagir com o plastificante glicerol formam ligações cruzadas fortalecendo a matriz polimérica (ZHANG *et al.*, 2010). Também os amidos aldeídos reagem com grupos hidroxilas, sulfidrilas e amino primário das proteínas (MU *et al.*, 2012). Esta reatividade dos amidos contendo grupos aldeídos é o fundamento para prospectar o possível uso como melhoradores da farinha de trigo através da reação com o glúten e formando ligações cruzadas que fortaleceriam a rede glúten. E ainda existe a possibilidade que devido a reatividade antes mencionada, esse amido possa desempenhar atividade antimicrobiana especificamente contra fungos. Portanto o presente projeto avaliara o uso de amido aldeído como melhorador da qualidade panificável da farinha de trigo e como agente antifúngico.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar os efeitos do uso de amidos oxidados nas propriedades reológicas das massas de farinha de trigo, no volume, nas características sensoriais e na vida de prateleira do pão.

### **2.2 Objetivo específico**

- Oxidação do amido de mandioca com peróxido de hidrogênio com sem catalizadores ( $\text{FeSO}_4$  e  $\text{KMnO}_4$ ) para obter o amido contendo grupos carbonilas.
- Determinar a quantidade de carboxila e carbonila dos amidos oxidados.
- Realizar o teste de panificação para avaliar o efeito do amido oxidado no volume dos pães de forma;
- Avaliar a cor do miolo dos pães usando um colorímetro;
- Avaliar sensorialmente os pães com teste de aceitação;
- Avaliar tempo de fermentação;
- Determinar a vida de prateleira do pão.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Farinha de trigo

O trigo é uma planta herbácea pertencente a família das gramíneas, conhecida por *Triticum vulgare*. O grão de trigo pode ser classificado como: trigo duro ou forte, trigo mole ou fraco, trigo branco e trigo durum. A mais indicada para preparo do pão é a farinha originada do tipo duro, devido a grande quantidade e ótima qualidade do glúten que apresenta maior elasticidade, força e facilidade para seu desenvolvimento (MORETTO e FETT, 1999).

Alguns fatores são importantes na definição da qualidade de pães. Dentre eles destaca-se a aparência como: simetria, cor, tamanho do alvéolo, textura da casca, aroma e sabor característicos, crosta, características do miolo e consistência. A qualidade do trigo é que irá determinar as características que se pretende ter no produto acabado (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Cada produto derivado de farinha de trigo recebe uma qualidade diferente da mesma. Em geral sua qualificação vai depender do produto final que se deseja obter, no caso um produto atrativo. A qualidade da farinha pode ser determinada por: fatores intrínsecos ao trigo e na moagem transformando trigo em farinha. O fator intrínseco pode ser manipulado pela combinação de variedades (genótipo), clima, umidade e fertilidade do solo. E no processamento da farinha, neste parâmetro estão inclusos as condições de processamento (condicionamento do trigo, ajuste dos rolos de moagem), escolha da mescla do trigo, maturação, aditivação, entre outros (PIZZINATO, 1999).

O glúten é um filme com bastante elasticidade, responsável pela retenção do gás produzido pela fermentação, consequentemente pelo crescimento da massa (PIZZINATO, 1999). É composto pela gliadina e a glutenina. A gliadina apresenta uma cadeia simples e é extremamente gomosa quando hidratada, apresentando baixa resistência à extensão, sendo então deste modo, responsável pela coesividade da massa. A glutenina é formada por várias cadeias ligadas entre si, sendo um pouco mais complexa, é elástica, mas não coesiva e fornece à massa a propriedade de resistência à extensão (ARAÚJO, *et al.*, 2009).

### **3.2 Agentes melhoradores da farinha de trigo**

As farinhas de trigo em geral devem apresentar um potencial de panificação com capacidade de produzir, de maneira uniforme, um produto acabado atrativo com custo relativamente competitivo. Se eventualmente a farinha não apresentar bons efeitos no produto final, ela poderá ser suplementada ou enriquecida com o uso de aditivos, que empregadas no tratamento, visam ajustar características funcionais (QUEIJI *et al*, 2006).

A adição de aditivos na farinha de trigo é feita também por panificadoras, confeitarias entre outras empresas e não somente pelos moinhos. Com o intuito de adequar suas farinhas e devidas aplicações para melhoramento do produto final, esses aditivos quando utilizados na dose ideal podem melhorar significativamente as características das farinhas (JUNIOR e SARAIVA, 2009). Os agentes oxidantes tem sua principal função em melhorar as propriedades da massa e podem ser adicionadas a farinha (10 a 40 ppm). Dentre eles estão o bromato de potássio que adicionado a massa age no processo de fermentação melhorando a simetria e a textura do pão.

Durante a fabricação de massa de pão os grupos sulfidrilas livres presentes no glúten tem a tendência a se oxidar no período de sova da massa, convertendo-se em pontes dissulfeto. Um efeito similar obtem-se pelo acrescimento de agentes oxidantes (ácido ascórbico) a farinha de trigo, do mesmo modo como acontece com o envelhecimento da farinha, aperfeiçoando as propriedades reológicas do glúten (FUNCK, 2006).

#### **3.2.1 Acido ascórbico**

O ácido ascórbico tem sido frequentemente usado como oxidante na indústria de panificação. E regulamentada pelos órgãos competentes e sugestão de uso é de 1,0 gramas de ácido ascórbico para cada quilo de farinha de trigo (BRASIL, 2000). A recomendação diária aceitável de ácido ascórbico para adultos é de 60 mg (BRASIL, 2005).

Distintos agentes oxidantes reagem similarmente através da oxidação dos grupos tiol (-SH) dos resquícios de cisteína das proteínas do glúten em ligações

dissulfeto (-S-S-). Contudo, os efeitos ocorridos são consideravelmente distintos, em especial se houver consideração a etapa em que individualmente reagem no período o desenvolvimento da massa (DAMODARAN *et al.*, 2008). As ligações formadas afetam a reologia da massa, ocasionando o aumento da elasticidade e diminuindo a extensibilidade, atribuindo maior volume e conseqüentemente melhorando a textura do pão (AMBIEL *et al.*, 2009).

### 3.3 Substâncias antifúngicas

Bolores também são conhecidos como mofo, são fungos filamentosos (formam filamentos denominados hifas), são distribuídos amplamente na natureza, e podem se desenvolver em alimentos que oferecem condições adequadas para sua sobrevivência, com umidade e nutrientes (GAVA *et al.*, 2009). A contaminação do pão por bolores ocorre depois do processo de forneamento, isso por que a temperatura inibe qualquer tipo de crescimento fúngico no produto, no processo de fatiamento, ou repouso em bancadas e até mesmo na exposição do produto nas prateleiras das áreas de venda, pode ocorrer a contaminação por fungos (RAWLS, 2003).

Exercendo um sistema de controle de qualidade e higiene rigorosa, pode adiar o aparecimento fúngico nos produtos panificados. Agentes inibidores podem ser usados para inibir a flora desses bolores. Contudo, não impede totalmente que o crescimento fúngico possa vir a desenvolver-se. Isso faz com que haja necessidade de serem adicionados aditivos no produto durante o preparativo da massa (GLORIA, 2012). Ácido sórbico e seus sais de sódio e potássio são usualmente empregados na inibição de bolores e leveduras em distintos alimentos dentre eles os de panificação (DAMODARAN *et al.*, 2008). Já existem alguns produtos utilizados para pulverizar a superfície do pão, podem ser na forma de ácidos orgânicos ou ainda na combinação de alguns desses. O propionato de cálcio por não inibir as leveduras pode ser adicionado a massa até um teor de 0,2% em relação à farinha de trigo. Por outro lado o sorbato de potássio por afetar a atividade das leveduras e aplicado por pulverização na superfície do produto na hora da embalagem (ESTELLER, 2004).

### 3.4 Amidos oxidados

A modificação do amido nativo pode desenvolver alterações físicas, degradação controlada juntas e/ou a introdução de radicais químicos. Algumas características dos amidos nativos são retidas durante os tratamentos de modificação (CEREDA *et al.*, 2003).

O amido tem como grupo reativo a hidroxila. Quando tratado com hipoclorito de sódio os grupos hidroxilas são preferencialmente oxidados para grupos carboxilas e quando tratados com peróxido de hidrogênio são transformados para aldeídos (ZHANG *et al.*, 2010).

Um dos métodos para a obtenção de amido com altos teores de aldeído consiste em gelatinizar o amido em meio aquoso e após resfriamento ser tratado com peróxido de hidrogênio em uma razão de 0,7 mol por mol de glicose. Após 1 a 3 horas de reação em pH 7,0 a dispersão é tratada com etanol absoluto para precipitar o amido. Após duas lavagens com etanol absoluto o amido é seco em estufa (50°C por 24 horas), a seguir é moído e embalado. Esse amido pode conter de 17,6 a 55,4% de grupos aldeídos (ZHANG *et al.*, 2010).

Os amidos aldeídos têm chamado a atenção nos últimos anos por serem agentes formadores de ligações cruzadas com as proteínas estudos informam que os grupos aldeídos formam ligações cruzadas com os grupos aminos primários da lisina formando uma ligação dupla carbono/nitrogênio e melhorando as propriedades da gelatina como material para embalagens biodegradáveis (MU *et al.*, 2012). Também foi observado que dispersões de amido dialdeído gelatinizado apresentaram forte inibição das bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (SONG *et al.*, 2010).

Os autores são da opinião que a atividade antibacteriana desses amidos esta na função de aldeído que formam ligações cruzadas com as proteínas dos microorganismos. Outros estudos (SONG *et al.*, 2009) informam que o amido dialdeído em dispersão aquosa mostrou atividade contra três tipos de vírus não encapsulados sendo que a atividade antiviral foi dependente do pH sendo mais eficaz em meio alcalino (pH 8,7) e ácido (pH 3,0) do que em meio neutro (pH 7,4). Mendes *et al.* (2011), empregou amido dialdeído na ativação de hidrogeis de quitosana para imobilização de xilanase de *Aspergillus niger*, e apresentou

resultados surpreendentes na atividade catalítica em comparação com quitosana ativada com glutaraldeídos.



## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Materiais**

#### **4.1.1 Amido**

Para a oxidação do amido foram utilizados 1,5 kg de amido de mandioca da marca Jandaia, lote 4010 e validade 17/10/2013, adquiridos no comércio local de Campo Mourão. Os reagentes, vidrarias e equipamentos foram utilizados do laboratório da UTFPR de Campo Mourão.

#### **4.1.2 Outros ingredientes**

- Farinha de trigo utilizada foi da marca Coamo lote 22009 com validade 06/07/2013.
- Gordura vegetal hidrogenada da marca Coamo lote 2511 com validade 12/04/2013.
- Açúcar da marca União lote 9040 com validade 30/12/2013.
- Sal refinado extra iodado marca Moc lote e validade novembro/2014.
- Levedura seca da marca Fleischmann lote XH110610 e validade 30/06/2013.

### **4.2 Métodos**

#### **4.2.1 Oxidação do amido de mandioca**

O amido de mandioca foi oxidado com peróxido de hidrogênio de acordo a metodologia de Zhang et al (2010). Amostra de 100 g (b.s) de amido dispersada em 500 mL de água foi gelatinizada a 80°C por uma hora, a cada 10 minutos pesava-se o amido para repor a água vaporizada. Após o resfriamento a temperatura ambiente, foram adicionados 50 mL de peróxido de hidrogênio (30% m/m) dissolvidos em 400 mL de água destilada. A dispersão foi mantida sob agitação mecânica por 24 horas a temperatura ambiente e o pH foi acertado em 7,0.

Mais duas formulações de amido foram preparadas além do peróxido de hidrogênio utilizado para melhor oxidação do amido foram adicionados também 0,1 g de permanganato de potássio em uma amostra, e 0,1 g de sulfato de ferro em outra amostra. Assim tivemos três formulações, um amido oxidado somente com peróxido

de hidrogênio, um amido oxidado com peróxido de hidrogênio mais permanganato de potássio e um amido oxidado com peróxido de hidrogênio mais sulfato de ferro.

Nas Figuras 1 e 2 respectivamente temos a ilustração do processo de gelatinização e posteriormente a agitação mecânica que se sucedeu por 24 horas.



**Figura 1. Gelatinização do amido nativo**



**Figura 2. Agitação por 24 horas a 900 rpm**

#### **4.2.2 Lavagem do amido**

O amido foi precipitado e lavado com etanol 96% e filtrado à vácuo, após a lavagem decorreu-se com adição de 80% de etanol e 20% de água, a lavagem

repetida do amido teve o intuito de retirar todo o peróxido de hidrogênio, a fim de evitar que tivéssemos um falso positivo, sendo que o peróxido tem o poder de oxidar o glúten. Após cada lavagem era feito um teste para saber se o peróxido havia sido totalmente retirado.

O teste era realizado da seguinte forma: no Becker colocava-se uma ponta de espátula (menos que 1 g) de iodeto de potássio, junto com uma ponta de espátula (menos que 1 g) de amido nativo que servia como indicador, 1 a 2 ml de água destilada e 2 a 3 ml de água de lavagem. A presença de peróxido de hidrogênio foi observado pela coloração azul, que se forma se há presença do mesmo, caso contrario não há presença de cor.

#### **4.2.3 Secagem do amido**

O amido seco em estufa com ventilação forçada de ar (60°C por 12 h) foi moído finamente e embalado em frasco de vidro com tampa.

#### **4.2.4 Moagem do amido**

A moagem foi realizada através de um micro moinho MARCONI modelo MA345 em velocidade média, pelo tempo que fosse necessário para que se obtivesse a granulometria desejada.

#### **4.2.5 Determinação da umidade**

A umidade foi determinada através de uma balança-estufa-infravermelho marca GEHAKA modelo IV 2000. Seguindo eles foram acondicionados em sacos de polietileno estéreis, livre de contaminação e umidade.

### **4.3 Teste de panificação**

A formulação dos pães foi baseada na metodologia descrita por Gutkoski e Jacobsen Neto (2002).

A Tabela 1 especifica as quantidades dos ingredientes utilizados, e suas respectivas porcentagens.

**Tabela 1.** Quantidades e porcentagens dos ingredientes da formulação dos pães.

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade g</b>	<b>Porcentagem %</b>
Farinha de trigo	400	56,98
Água destilada	240	34,19
Açúcar	24	3,42
Gordura vegetal	16	2,28
Amido oxidado *	8	1,14
Sal refinado	7,32	1,04
Levedura	6,68	0,95
Total	702 g	100 %

\* amido oxidado incluso somente nas formulações que se desejava fazer o teste, nas demais formulações era substituído pela quantidade equivalente de farinha de trigo.

#### **4.3.1 Desenvolvimento da massa**

Os ingredientes (exceto sal e água) eram colocados em uma batedeira tipo industrial da marca SKYMSEN modelo BPS-05 em velocidade media (constante), e homogeneizado por 1 minuto em seguida com a batedeira ainda em movimento acrescentava-se água aos poucos para melhor incorporação, batia-se por 10 minutos agregava-se o sal e batia por mais 5 minutos. A massa era dividida em duas partes de 300 gramas cada, o restante da massa era descartado. Então eram cilindradas por 3 minutos individualmente, enrolada e levada a fermentação.

#### **4.3.2 Fermentação**

A fermentação foi realizada em estufa a uma temperatura de 33°C, pelo tempo de 2 horas e 30 minutos. Foi posto uma panela de água dentro da estufa para manter a umidade e evitar que se seca-se a superfície da massa.

### 4.3.3 Forneamento

O assamento dos pães foi realizado em forno elétrico (marca TEDESCO modelo FTT 240E) com circulação forçada de ar em temperatura de 170 °C por 26 minutos.

### 4.3.4 Embalagem e armazenamento

Após o resfriamento a temperatura ambiente, os pães eram embalados em sacos de polietileno transparente, fechados com arame retorcido e armazenados no laboratório de panificação em local protegido até o momento do uso.

## 4.4 Avaliação do volume dos pães

Um controle sem nenhum conservante ou melhorador foi preparado para comparação, e ainda um segundo controle adicionado de ácido ascórbico a 100 ppm, as outras formulações receberam amido oxidado na concentração de 2%.

O volume dos pães foi realizado através de um antigo método conhecido por deslocamento de sementes, que consiste em: medir uma quantidade suficiente de semente (utilizamos semente de painço) em um recipiente para cobrir os pães, coloca-se então os pães um de cada vez dentro do utensílio previamente medido com a semente, e completa-se com a semente. O resultado se obtém através da medição das sementes restantes pesando-se e o valor é expresso em centímetros cúbicos. Foram medidos 4 amostras de cada formulação.

Os cálculos foram realizados a partir da seguinte equação:

$$\text{Volume específico dos pães} = \frac{(PS / VS)}{\text{Peso dos pães}}$$

Onde:

PS= peso da semente restante

VS= massa da semente equivalente a 1 mL

#### 4.5 Determinação da cor do miolo dos pães

A colorimetria do miolo dos pães de forma padrão, acrescido de ácido ascórbico a 100 ppm e as formulações contendo 2% amido oxidado, foram realizadas através do uso de colorímetro Mini Scan modelo E7 da marca BrasEq de propriedade da UTFPR de Campo Mourão, seguindo a metodologia do próprio equipamento.

O aparelho foi calibrado previamente com as cores branca e preta de acordo com a instrução do fabricante. O sistema utilizado foi o de coordenadas  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  e  $b^*$  (coordenadas de cromaticidade). Onde  $L^*$  representa a luminosidade gerada pela incidência da luz nas amostras,  $a^*$  representa as cores entre vermelha e verde, sendo que números acima de zero indicam que a amostra pende sua coloração para o vermelho e números abaixo de zero (negativos) indicam se a amostra analisada mais se aproxima de verde, as cores amarela e azul são indicações do parâmetro  $b^*$ , onde números acima de zero indicam incidência da coloração amarela e abaixo de zero indicam coloração azul (HOLLER *et al.*, 2009).

Foram realizadas 3 leituras para cada formulação analisada, para ambas as amostras. Foram cortadas 3 fatias de pão de diferentes espaços uma da outra, todos contendo uma espessura de aproximadamente 2 cm, retirado a casca e dado um formato quadrado com tamanhos de aproximadamente 5 x 5 cm. A leitura foi realizada em um laboratório com luzes acesas e cortinas fechadas para evitar iluminação lateral.

A Figura 3 ilustra a realização da análise de colorimetria, que foi realizada em triplicata, no laboratório da UTFPR .



**Figura 3. Utilização do aparelho colorímetro para realização do teste de colorimetria nas amostras de cada formulação de pão analisada.**

#### **4.6 Avaliação sensorial dos pães**

A avaliação sensorial das diferentes formulações de pães foi realizada no *campus* da UTFPR de Campo Mourão, o teste foi aplicado com 50 provadores não treinados dentre eles alunos e servidores da instituição.

As amostras foram servidas em pedaços quadrados todos tendo aproximadamente o mesmo tamanho e espessura, acompanhadas de água na temperatura ambiente para o branco entre as avaliações. Os parâmetros escolhidos para serem avaliados foram a aceitação global, a aparência, aroma, sabor, maciez e textura utilizando-se escala hedônica de nove pontos (9 = gostei muitíssimo, 8= gostei muito, 7= gostei moderadamente, 6= gostei ligeiramente, 5= não gostei e nem desgostei, 4= desgostei ligeiramente, 3= desgostei moderadamente, 2= desgostei muito e 1= desgostei muitíssimo). A tabela utilizada no teste sensorial se encontra no anexo 1.

As amostras foram servidas de forma casualizada e aleatória, identificadas com códigos de três dígitos aleatórios, segundo um delineamento de blocos completos balanceados. Os resultados foram analisados quanto à análise de variância ANOVA e teste de *Tukey* para comparação das médias.

#### 4.7 Teste de tempo de fermentação

O teste de fermentação se deu através do método conhecido como índice de Pelshenke, que apresenta o seguinte princípio: o índice de Pelshenke proporciona uma avaliação indireta da qualidade em panificação dos diferentes tipos de trigo, estando relacionada tanto com a capacidade de produção de gás como a capacidade de retenção do mesmo (CALAVERAS, 2004).

Foram utilizados 10 g de trigo comum para cada formulação de amido oxidado, que por sua vez foi acrescentado 10%, em seguida misturados até a completa homogeneização. Após foi adicionado 5,5 mL de suspensão de levedura previamente preparada da seguinte forma: 10 g de levedura para pão (*Saccharomyces cerevisiae*) e 100 mL de água destilada a temperatura ambiente, agitados até a completa homogeneização. Após a adição da suspensão de levedura no preparado de trigo com amido, foi amassado com as mãos durante um tempo de 5 minutos cada um, em seguida cada massa foi dividida e duas partes que receberam o formato de bola, e colocados béqueres contendo aproximadamente 150 mL de água a uma temperatura de 32° C, então levadas a estufa até sua completa degradação.

O índice de Pelshenke é determinado para avaliar a qualidade do glúten, apontado pelas características de tenacidade e extensividade, e se considera pelo tempo transcorrido desde o momento que se introduz a bola na água até a sua completa desintegração.

#### 4.8 Vida de prateleira dos pães com adição de amido oxidado

A atividade antifúngica foi realizada entre os dias 01 a 15 de novembro de 2012, a temperatura nessa época apresentava-se alta, variando entre 26° e 30°C.

Os testes foram realizados com uma amostra de 6 pães de cada formulação, e como base foi utilizado um controle (pão sem amido e sem conservante) para simular um pão comum de padaria, e ainda um segundo controle com a adição de ácido ascórbico a 100 ppm (o uso do ácido ascórbico foi por ser comumente usado como agente melhorador). Os pães foram todos fabricados no mesmo dia obedecendo a formulação, tempo de fermentação, tempo e temperatura para assar,



após resfriamento foram embalados em sacos de polietileno transparente e fechados com arame torcido. Os pães foram deixados em uma sala com ventilação, iluminação natural intermediária com o propósito de simular uma prateleira de supermercado.

O tempo de vida de prateleira foi contado a partir do dia de fabricação até o aparecimento do primeiro aparecimento de bolor visível a olho nu. Todos os dias no horário entre as 16 e 17 horas, os pães foram avaliados minuciosamente a fim de vistoriar o aparecimento do bolor. Era então relatado o dia do aparecimento e o produto era descartado neste mesmo dia.

#### **4.9 Determinação de carboxila e carbonila nas formulações de amido oxidado**

Os teores de grupos carbonilas e carboxilas no amido oxidado foram determinados, respectivamente, por titulação com solução de NaOH 0,1 mol/L e reação com cloridrato de hidroxilamina segundo o método de Smith (1967).

A Figura 4 mostra a coloração indicativa da titulação realizada com NaOH para a determinação de carboxila e carbonila.



**Figura 4. Cor indicativa na titulação realizada para determinar a quantidade de carboxila e carbonila.**

Os cálculos foram determinados através das seguintes equações:

Determinação de carboxila;

$$\% \text{ COOH} = \frac{(V_a - V_b) \times N \times 0,045 \times 100}{\text{Massa da amostra (g em base seca)}}$$

Massa da amostra (g em base seca)

Onde:  $V_b$  = volume de NaOH necessário para titular a prova em branco

$V_a$  = volume de NaOH necessário para titular a amostra

$N$  = normalidade do NaOH

Determinação de carbonila;

$$\% \text{ grupos carbonila} = \frac{(\text{mL HCl amostra} - \text{mL HCl branco}) \times N \text{ do HCl} \times 0,028 \times 100}{\text{Gramas de amostra}}$$

Gramas de amostra

Os teores de carboxila e carbonila foram determinados em quantidades acima do amido nativo utilizado, isto é, amidos do mesmo lote antes da oxidação foi utilizado como base para a determinação do aumento ou não do teor de carboxila e carbonila.

## 5. RESULTADOS E DISCUÇÕES

### 5.1 Determinação do volume dos pães

Os pães acrescidos de amidos oxidados e os demais controles com e sem ácido ascórbico tiveram seus volumes calculados e comparados, pelo método de deslocamento de sementes.

Na Tabela 2 pode-se visualizar os volumes específicos médios dos pães obtidos com formulações contendo amidos oxidados (Peróxido de hidrogênio + Permanganato de potássio, Peróxido de hidrogênio + Sulfato de ferro, Peróxido de hidrogênio), da formulação acrescida de ácido ascórbico, como melhorador padrão e formulação do controle sem nenhum aditivo melhorador.

Na Figura 5 pode-se observar as fatias da região central de cada formulação de pão empregada neste estudo. Apresentadas na seguinte ordem: A – Peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio, B – ácido ascórbico, C – peróxido de hidrogênio/sulfato de ferro, D – peróxido de hidrogênio e E – controle.



**Figura 5. Fatias da região central de cada um dos pães analisados de acordo com cada formulação proposta por esse trabalho.**

(A) (B) (C) (D) (E)

**Tabela 2.** Determinação do peso dos pães e os respectivos volumes específicos das diferentes formulações dos pães.

Formulação	Peso dos pães	Peso das sementes	Volume do pão (mL)	Volume específico (mL/g)	Volume específico médio (mL/g)
<b>Per + Permanganato de potássio</b>	260.50	932.61	1313.54	5.04	4.99 <sup>ab</sup>
	262.35	911.33	1283.56	4.89	
<b>Per + Sulfato de ferro</b>	262.39	912.50	1285.21	4.90	5.00 <sup>ab</sup>
	260.95	944.60	1330.42	5.10	
<b>Peróxido de hidrogênio</b>	263.92	832.86	1173.04	4.44	4.56 <sup>bc</sup>
	263.78	876.19	1234.07	4.68	
<b>Ácido ascórbico</b>	261.30	935.31	1317.34	5.04	5.04 <sup>a</sup>
	262.51	940.35	1324.44	5.04	
<b>Controle</b>	261.55	808.87	1139.25	4.35	4.38 <sup>c</sup>
	264.98	830.17	1169.25	4.41	

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Per = peróxido de hidrogênio

Segundo Esteller (2007) esta análise é bastante importante pois indica a qualidade do produto referente a textura e eficiência no preparo, visto que consumidores associam o volume do pão, à possíveis problemas ocorridos durante seu processamento.

Na Tabela 2, pode-se observar que das formulações contendo amidos oxidados, a do amido com per/permanganato e per/sulfato de ferro, se destacaram por produzirem pães de volumes específicos (4,99 e 5,00 mL/g), superando o volume específico do controle (4,38 mL/g), e não diferindo ( $p > 0,05$ ) do volume específico do pão acrescido de ácido ascórbico (5,04 mL/g). O pão preparado com

amido oxidado com peróxido embora tenha apresentado um bom resultado (4,56 mL/g), não foi considerado significativo ( $p < 0,05$ ), não diferindo do controle que não recebeu nenhum tipo de melhorador.

O ácido ascórbico quando adicionado à massa comporta-se como um oxidante, transformando as sulfidrilas (R-SH) em ligações dissulfetos (RS-SR) que fortalecem a rede glúten, aumentando a resistência da estrutura da massa e da retenção de gás o que resulta em uma massa com maior volume e consequentemente aumento da maciez (CAUVAIN e YONG, 2002).

Novos agentes melhoradores com desempenho similar ao ácido ascórbico e preferencialmente de menor custo são desejáveis na indústria de panificação.

Os amidos modificados por reagentes aceitos como seguros para a obtenção de amidos modificados de uso alimentício são possibilidades a ser exploradas, partindo do princípio que alguns tipos de amidos, como os oxidados com peróxido de hidrogênio na presença de permanganato de potássio ou de sulfato ferroso podem apresentar expressivos teores de grupos aldeídos e carboxilas que podem interagir com as proteínas formadoras de glúten através de formação de ligações covalentes (aldeído + cisteína ou aldeído + lisina) ou por interação eletrostática (carboxila + grupos aminos carregados positivamente). Os resultados obtidos mostraram que é possível o uso de amidos oxidados como melhoradores de farinha de trigo.

## **5.2 Determinação da colorimetria dos pães com amido oxidado**

Na Tabela 3 encontram-se os valores correspondentes a colorimetria dos pães com adição de amido oxidado e controle, valores estes utilizando o sistema de coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

**Tabela 3.** Valores de L\*, a\* e b\* encontrados na colorimetria dos pães contendo amido oxidado, ácido ascórbico e controle.

Formulações	Valores de L*	Valores de a*	Valores de b*
<b>Permanganato</b>	76.82 <sup>a</sup>	0.58 <sup>b</sup>	15.35 <sup>a</sup>
<b>Sulfato</b>	80.86 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	16.37 <sup>a</sup>
<b>Peróxido</b>	74.59 <sup>a</sup>	0.62 <sup>b</sup>	15.72 <sup>a</sup>
<b>Ácido ascórbico</b>	79.52 <sup>a</sup>	0.68 <sup>b</sup>	15.57 <sup>a</sup>
<b>Controle</b>	77.73 <sup>a</sup>	0.72 <sup>b</sup>	15.34 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ( $p>0,05$ ) pelo teste de tukey.

A primeira percepção do ser humano é a visão, e é por isso que a aparência é a primeira aceitação que o consumidor tem perante um produto (MINIM, 2010). Segundo Freitas et al. (1997) quanto mais branco for o miolo do pão melhor aceitação pelo consumidor.

Na Tabela 3 podemos observar os resultados da colorimetria de acordo com os parâmetros de L\*, a\* e b\* realizada nos pães de forma acrescidos de amido oxidado e nos 2 controles (com e sem ácido ascórbico). Os parâmetros de luminosidade L\* não foram alterados entre os pães acrescidos de amido em comparação com o controle, isto é, a luminosidade gerada pela incidência da luz não foi influenciada pelos amidos oxidados com os reagentes empregados na cor real da farinha de trigo utilizada.

O parâmetro de cromaticidade a\* que discrimina a variação entre as cores verde e vermelho, apresentaram na amostra do miolo dos pães com adição do amido oxidado com peróxido mais sulfato de ferro, uma maior incidência para a cor vermelha, embora seja um valor baixo, ultrapassou diferenciando significativamente ( $p>0,05$ ) do miolo do pão controle e das demais amostras. Onde, o pão com amido oxidado com sulfato mais peróxido apresentou o parâmetro a\* com o valor de 1,30667 e os controles (com e sem ácido ascórbico) apresentaram os respectivos valores 0,72 e 0,68. As demais amostras não diferenciaram significativamente

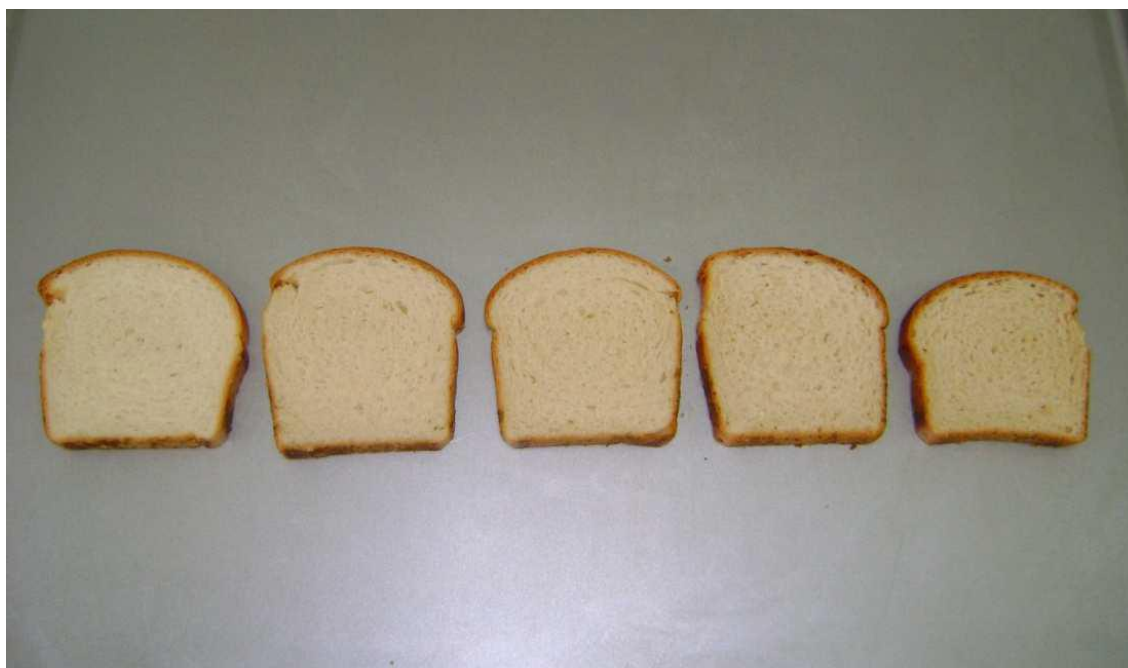
( $p < 0,05$ ) com os controles utilizados, tiveram seus valores variando entre 0.58 para o amido oxidado com peróxido mais permanganato de potássio e 0.62 para o amido oxidado somente com peróxido. Todas as amostras tenderam para a cor vermelha.

Todas as amostras tiveram o parâmetro  $b^*$  considerados iguais significativamente ( $p < 0,05$ ). Os valores variam entre 15,35 para o permanganato de potássio mais peróxido, 16,37 para o peróxido mais sulfato que teve maior valor, 15,72 para o amido com peróxido e ainda 15,57 e 15,34 para o pão com ácido ascórbico e o controle. O parâmetro de  $b^*$  varia entre as cores amarelo que utiliza valores positivos para a identificação e azul para valores negativos, sendo assim todas as formulações tenderam para a coloração amarela.

### **5.3 Análise sensorial**

Os pães foram submetidos a uma análise sensorial com o objetivo de avaliar se houve alguma alteração na textura principalmente mas também no sabor, aroma e na palatabilidade dos pães de forma que receberam amido oxidado na formulação sempre com uso do controle preparado somente com trigo e ainda uma formulação com adição de 100 ppm de ácido ascórbico.

Na Figura 6 temos a apresentação dos pães utilizados no teste de análise sensorial, antes de serem realizados os cortes de divisão para 25 gramas aproximadamente.



**Figura 6. Amostras dos pães utilizados para o teste sensorial.**

**(A)                      (B)                      (C)                      (D)                      (E)**

Seguindo da esquerda para a direita respectivamente as formulações são: (A) controle; (B) controle com ácido ascórbico; (C) peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio; (D) somente peróxido de hidrogênio e (E) peróxido de hidrogênio/sulfato de ferro.

A Tabela 4 são apresentadas as somatórias das notas atribuídas pelos provadores, as medias indicativas e a variância das mesmas referente ao teste de aceitação global aplicado aos provadores, onde foram avaliados os atributos cor, aroma, textura e sabor das amostras acrescidas de amidos oxidados descritos aqui neste trabalho, e sempre utilizado como padrão pães fabricados sem adição de nenhum tipo de aditivo e um outro padrão que recebeu uma quantidade de ácido ascórbico a 100ppm.



**Tabela 4.** Médias atribuídas a aceitação global tendo em consideração os atributos sabor, textura, cor e aroma das amostras de pães, realizada pela equipe de provadores.

<b>Formulação</b>	<b>Somatória</b>	<b>Medias</b>	<b>Variância</b>
Peróxido de hidrogênio/permanganato	333	6,66 <sup>a</sup>	2,64
Peróxido de hidrogênio/sulfato de ferro	319	6,38 <sup>a</sup>	3,63
Peróxido	356	7,12 <sup>a</sup>	3,29
Ácido ascórbico	339	6,78 <sup>a</sup>	2,54
Controle	341	6,82 <sup>a</sup>	2,76

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

As amostras em geral apresentaram uma boa qualidade global, isso pode-se observar pelas notas atribuídas. Os pães acrescidos de amido oxidado e os dois padrões utilizados (com e sem ácido ascórbico) foram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) aceitos, isto é, os amidos modificados não alteraram a textura, aroma e sabor do pão original. As médias das notas atribuídas variaram entre 6,38 e 7,12. Nabeshima et al., (2005) obteve em seus resultados de aceitação médias variando entre (7,32 e 7,81) em seu estudo sobre pães enriquecidos com ferro.

#### **5.4 Determinação do tempo de fermentação**

O tempo de fermentação foi avaliado seguindo o índice de Pelshenke (I.P.), que determina a força do glúten pelo tempo de desagregação da massa; quanto mais tempo se leva para a desagregação total da massa maior é o índice de Pelshenke.

Na Tabela 5 descreveu-se o tempo em horas desde a introdução da bola de massa nos béqueres com água destilada a 32°C, até a completa degradação da mesma.

**Tabela 5.** Comparação do índice de Pelshenke (I.P.) das massas contendo amido oxidado e dos controles utilizados, discriminadas em horas e minutos e seguidas de suas respectivas médias.

<b>Tratamento</b>	<b>Tempo em minutos</b>	<b>Médias</b>
<b>Peróxido/permanganato de potássio</b>	726	730,5 <sup>a</sup>
	735	
<b>Peróxido/sulfato de ferro</b>	700	710 <sup>a</sup>
	720	
<b>Peróxido de hidrogênio</b>	726	724,5 <sup>a</sup>
	723	
<b>Ácido ascórbico</b>	732	726 <sup>a</sup>
	720	
<b>Controle</b>	735	730.5 <sup>a</sup>
	726	

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Após o tempo geral da avaliação variou entre 710 a 730,5 minutos, determinou-se que não houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) no tempo de desintegração total entre os tratamentos estudados, não apresentando diferença significativa ( $p > 0,05$ ) tanto na comparação entre os tratamentos peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio com média de 730,5 minutos, peróxido de hidrogênio/sulfato de ferro 710 minutos e peróxido de hidrogênio apresentando um tempo médio de 724,5 minutos, seguidos pelo controle sem adição de aditivo que teve uma media de 730,5 minutos e o tratamento com uso de ácido ascórbico que apresentou o tempo médio de 726 minutos, resume-se então que a adição de amidos modificados não afetou de forma significativa o tempo de fermentação da massa. Os resultados do teste obtido por esse trabalho indicam que a adição de dos

amidos oxidados não interferiram negativamente na força de massa, sendo o efeito equivalente ao do ácido ascórbico.

Os valores de Pelshenke determinados no presente trabalho foram superiores aos encontrados por Naseem *et al*, (2011), em massa elaboradas com farinhas de trigo e triticales que variaram entre 147,3 minutos a 348,7 minutos.

### 5.5 Vida de prateleira dos pães de forma

Na figura 7 estão apontados o tempo em dias da vida de prateleira dos pães que foram deixados em descanso todos no mesmo ambiente, uma sala com iluminação natural intermediária e ventilação casual para simular um ambiente parecido com um supermercado. Os pães preparados com os amidos oxidados relatados neste estudo foram comparados com um controle sem adição de qualquer tipo de aditivo e um outro com adição de ácido ascórbico (melhorador usual). O tempo foi relatado em dias, contando como o dia da fabricação como o dia zero.

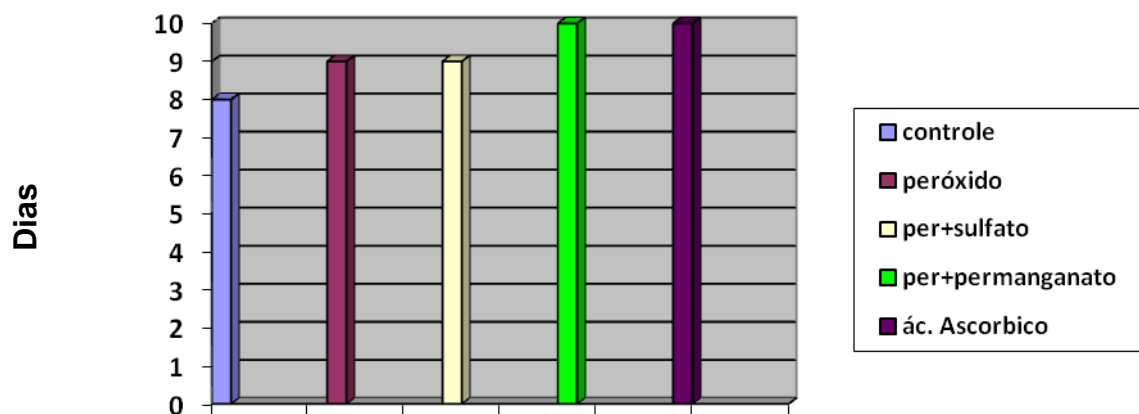


Figura 7: gráfico mostrando o índice tempo de vida de prateleira

Como se observa todas as formulações de amido oxidado incluídas no preparo das massas dos pães, proporcionaram ao produto empregado um tempo maior de vida útil aos pães.

O lote dos pães utilizados como controle que não receberam nenhum tipo de aditivo ou melhorador teve o fim da vida útil no 8º dia de armazenamento, seguido pelos pães formulados utilizando somente peróxido de hidrogênio e peróxido de hidrogênio/sulfato de ferro que apresentaram a ocorrência de fungo no 9º dia de

pesquisa, e superando essa marca com 10 dias de validade os lotes com adição de amido oxidado com peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio e a formulação com adição de 100 ppm de ácido ascórbico. Nas medias e pequenas empresas de panificação um ou mais dias de vida de prateleira é muito significativo, visto que as perdas nessa área são muito grandes (CAUVAIN e YOUNG, 2002). A facilidade de deterioração desses produtos é devido a alta disponibilidade de nutrientes e umidade propícia para desenvolvimento de bolores (BOURGEOIS e LARPENT, 1995).

## 5.6 Carboxila e carbonila

Na Tabela 6 encontram-se os teores de grupos carboxilas e carbonilas do amido de mandioca oxidado com peróxido de hidrogênio em associação com catalisadores e/ou outro agente oxidante.

**Tabela 6.** Teores de carboxilas e carbonilas de amidos oxidados de mandioca e amido nativo.

Tratamento	Teor de carboxilas (%)	Teor de carbonilas (%)	Carboxila + carbonila
Per+permanganato	0,023 <sup>b</sup> ± 0,001	0,33 <sup>a</sup> ± 0,14	0,353
Per+sulfato	0,196 <sup>c</sup> ± 0,008	1,66 <sup>c</sup> ± 0,08	1,856
Peróxido	0,003 <sup>a</sup> ± 0,000	0,86 <sup>b</sup> ± 0,04	0,863
Nativo	0	0	0

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os teores de carboxila diferenciaram ( $p < 0,05$ ) entre si, o amido oxidado somente com peróxido obteve o menor aumento da carboxila após oxidação apresentando somente 0,003% a mais que o amido nativo. O amido oxidado com peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio, teve um aumento um pouco maior que o amido nativo apresentou 0,023%, e o que mais proporcionou o aumento da carboxila após o processo utilizado foi o amido oxidado com peróxido de

hidrogênio/ permanganato de potássio, com um teor determinado em 0,196% superior ao amido nativo.

Os teores de carbonila encontrados no amido oxidado com peróxido de hidrogênio/sulfato de ferro foi de 1,66% acima do amido nativo. Seguido pelo amido oxidado somente com peróxido de hidrogênio que foi de 0,86% e 0,33% para o amido oxidado com peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio.

A somatório de carboxila e carbonila teve os respectivos resultados: 1,856% para o tratamento com peróxido de hidrogênio/sulfato de ferro, 0,863% para o tratamento somente com peróxido e 0,353% para o amido oxidado com peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio. Os teores de carboxila e carbonila apontados neste estudo superaram os encontrados por Dias et al. (2007) que apresentou em sua oxidação química de amido de mandioca a somatória de 0,138%, para o teor de carboxila e carbonila.

O aumento da vida de prateleira dos pães elaborado com farinha de trigo contendo amidos oxidados pode estar relacionado com os grupos carbonilas nesses amidos, muito deles aldeídos que tem a capacidade de reagir com proteínas dos microrganismos provocando sua inativação (SONG *et al.*, 2010).

## 6. CONCLUSÃO

Os amidos oxidados com peróxido de hidrogênio, peróxido de hidrogênio/sulfato ferroso e peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio apresentaram consideráveis teores (0.86, 1.66 e 0.33%) de grupos carboxilas.

Os pães de forma elaborados a farinha de trigo contendo 2% de amidos oxidados com peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio/sulfato ferroso apresentaram volumes específicos, respectivamente 4,99 e 5,00 cm<sup>3</sup>/g, superiores ao do pão controle não aditivado (4,38 cm<sup>3</sup>/g) e similares ao do pão aditivado com ácido ascórbico (5,04 cm<sup>3</sup>/g) mostrando que esses amidos fortaleceram a rede glúten e conduzindo a pães de maior volume específico.

Os tempos de fermentação da massa controle (sem aditivo) da massa com ácido ascórbico e das massas contendo os amidos oxidados não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), indicando que os amidos oxidados não enfraqueceram a rede glúten.

A adição de amidos oxidados nas formulações dos pães de forma não prejudicou a cor branca do miolo sendo que os valores de luminosidade (L) não diferiram ( $p < 0,05$ ) a dos pães controle não aditivado e aditivado ácido ascórbico.

Os pães de forma formulados com os amidos oxidados foram bem aceitos na avaliação sensorial e as notas não diferiram ( $p < 0,05$ ) em relação às outorgadas aos pães controle não aditivado e aditivado ácido ascórbico.

Os pães de forma formulados com os amidos oxidados tiveram vida de prateleira (9 a 10 dias) maior que o pão controle (8 dias) com destaque para o amido oxidado com peróxido de hidrogênio/permanganato de potássio (10 dias); mostrado que os amidos oxidados apresentaram atividade anti-fúngica.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W.M.C.; MONTEBELLO, N.P.M.; BOTELHO, R.B.A.; BORGIO, L.A.: **Alquimia dos alimentos: serie alimentos e bebidas**. 2º edição, editora SENAC, Brasília – Distrito Federal, 2009.

BOURGEOIS, C.M.; LARPENT, J.P.: **Microbiologia alimentaria**. V. 2. Editorial Acribia, Zaragoza – Espanha, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998. Níveis de Ingestão diária recomendada (IDR) para vitaminas, minerais e proteínas. In: **COMPÊNDIO da legislação do Ministério da Saúde Setor Trigo**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira da Indústria do Trigo. cap. 11, p. 1-4, 2000. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/>. Acesso em: 03 de abril de 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 90, 18 out. 2000. **Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, out. 2000. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/>. Acesso em: 04 de abril de 2013.

BRASIL. Resolução ANVISA/MS nº 383 de 05 de agosto de 1999. **Regulamento Técnico que aprova o uso de Aditivos Alimentares estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 - Produtos de Panificação e Biscoito**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 de setembro de 2005. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/>. Acesso em: 03 de abril de 2013.

CALAVERAS, J.: **Nuevo tratado de panificacion y bolleria**. 2º edição, editora: AMV Ediciones. Madri – Espanha, 2004.

CAUVAIN P. S.; YONG S. L.: **Fabricación de Pan**. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza – Espanha, 2002.

CEREDA, M. P.; HENRIQUE, C. M.; SARMENTO, S. B. S. **Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca**. Ciência Tecnologia de Alimentos vol.28 n.1 Campinas-SP, 2008.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I.M.: **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberculosas amiláceas Latino Americanas**. V. 3, Editora Fundação Cargill, 2003.

DAMODARAN S. PARKIN K.L. FENNEMA O.R.: **Química de Alimentos de Fennema**, 4º edição, editora Artmed, São Paulo - SP, 2008.

DIAS, A.R.G.; ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; HELBIG, E. **Oxidação dos amidos de mandioca e de milho comum fermentados: desenvolvimento da propriedade de expansão**. Revista Ciência Tecnologia de Alimentos. Campinas – SP, 2007.

ESTELLER, M.S.: **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. Dissertação para

obtenção do grau de mestre, faculdade de Ciências Farmacêuticas área de Tecnologia de alimentos, **Universidade de São Paulo**, São Paulo - SP, 2004.

ESTELLER, M.S.: **Modificações estruturais de produtos panificados por processos de tratamentos térmicos e bioquímicos**. Tese de Doutorado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FREITAS, R.E.; STERTS, S.C.; WASZCZYNSKYJ, N.: **Viabilidade da produção de pão, utilizando farinha mista de trigo e mandioca em diferentes proporções**. Universidade Federal do Paraná. UFP, Curitiba – PR, 1997.

FUNCK, L.G.: **Determinação de glutatona e glutatona dissulfeto em farinha de trigo e massas de pão fresca e congelada por eletroforese capilar**. Centro de ciências agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2006.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G.: **Tecnologia de Alimentos**. Nova edição, Editorial Nobel Franquias S.A. São Paulo – SP, 2009.

GLORIA, E.M.: **Prospecção do potencial antifúngico de resíduos agroindustriais visando o controle de fungos deterioradores de pães**. Universidade de São Paulo (USP), Biblioteca virtual FAPESP. Piracicaba - SP, 2012.

GUIMARÃES N.S.; DEMIATE I.M. **Amido de mandioca modificado com hipoclorito de sódio**. Universidade Estadual de Ponta Grossa/departamento de Engenharia de Alimentos – Ponta Grossa– PR, 2007.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação–pão tipo forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n. 5., p. 873-879, 2002.

HOLLER, F.J.; SKOOG, D.A.; CROUCH, S.R.: **Princípios de Análise Instrumental**, 6º edição, editora Bookman, Porto Alegre – RS, 2009.

JUNIOR, J.E.P.J.; SARAIVA F., Z. : Estudo comparativo de diferentes aditivos com função oxidativa sobre a farinha de trigo. Curso de Agronomia, Faculdade Assis Gurgacz. **Revista Cultivando o Saber**, v.2, n.2, Cascavel – PR, 2009.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M. P. **Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce - um estudo de caso**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 18, n. 3, p. 343-345, 1998.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: otimização do uso de aditivos**, tese de mestrado, Engenharia Química, Escola Politécnica de São Paulo - SP, 2004.

MENDES, A.A.; OLIVEIRA, P.C.; CASTRO, H.F.; GIORDANO, R.L.C.: Aplicação de quitosana como suporte para a imobilização de enzimas de interesse Industrial. **Química Nova**, Vol. 34, No. 5, 831-840, 2011.

MINIM, V. P.R. **Análise Sensorial: estudos com consumidores**. 2º edição, editora UFV. Viçosa – MG, 2010.



MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. Editora Varela, editora e livraria Ltda, São Paulo- SP, 1999.

MU, C.; GUOA, J.; LIB, X.; LINC, W.; LI, D. Preparation and properties of dialdehyde carboxymethyl cellulose crosslinked gelatin edible films. **Revista Food Hydrocolloids**. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X1100261X>. Acesso em: 01 de dezembro de 2012.

NABESHIMA, E.H.; ORMENESE, R.C.S.C.; MONTENEGRO, F.M.; TODA, E.; SADAHIRA, M.S. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. **Revista Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, 2005.

NASEEM, T.; BHATTI, M.S.; AHMED, A.; KHALID, A.n.: **Suitability of some pakistani wheat varieties for pizza baking**, Department of Food Technology, Pir Mehr Ali Shah Arid Agriculture University, Rawalpindi, Pakistan, Department of Agriculture, Govt. of Punjab, J. Agric. Res., Lahore, Pakistan. 2011.

OLIVEIRA, T.M.; PIROZI, M.R.; BORGES, J.T.S. **Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça**. Alim. Nutr., Araraquara v.18, n.2, p. 141-150, abr./jun. Araraquara – SP, 2007.

PIZZINATO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle**. Campinas-São Paulo, 1999.

QUEJI, M.F.D.; SCHEMIN, M.H.C.; TRINDADE, J.L.F. **Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa - PR, 2006.

RAWLS, S.C. **Pão, arte e ciência**. V. único, editora SENAC São Paulo, São Paulo – SP, 2003.

SMITH, R. J; **Characterization and analysis of starches**. In: WHISTLER, R.L.; PASCHALL, E.F. Starch: chemistry and technology, New York Academic Press, v.2: Industrial aspects, p.569-635, New York – EUA, 1967.

SONG, L.; CRUZ, C.; FARRAH, S. R.; BANEY, R. H. **Novel antiviral ctivity of dialdehyde starch**. Electronic Journal of Biotechnology, v. 12, n. 2, p 1-5, 2010.

SONG, L.; SANG, Y.; CAI, L.; SHI, Y.C.; FARRAH, S.R.; BANEY, R.H.: **The effect of cooking on the antibacterial activity of the dialdehyde starch suspensions**. Reserarch Article, Starch/Starke, v.62, p. 458-466, 2010.

ZHANG, Y.R.; ZHANG, S.D.; WANG, X.L.; CHEN, R.Y.; WANG, Y.Z.: Effect of carbonyl content on the properties of thermoplastic oxidized starch. **Carbohydrate Polymers**, v.78, p.157–161, Faculdade de Química, Laboratório de Polímeros de Engenharia de Materiais, Universidade de Sichuan, Chengdu - China, 2010.

**Anexo 1**

<b>Teste de aceitação global</b>	
Você está recebendo 5 amostras de pães onde deverá avaliar individualmente cada uma delas. Prove cuidadosamente e observe as características somente do miolo dos pães referente aos seguintes atributos: <b>cor, textura, aroma e sabor.</b>	
Represente o quanto gostou ou desgostou da amostra, de acordo com a seguinte escala:	
1 ( <input type="checkbox"/> ) desgostei muitíssimo	
2 ( <input type="checkbox"/> ) desgostei muito	
3 ( <input type="checkbox"/> ) desgostei regularmente	
4 ( <input type="checkbox"/> ) desgostei ligeiramente	
5 ( <input type="checkbox"/> ) indiferente	
6 ( <input type="checkbox"/> ) gostei ligeiramente	
7 ( <input type="checkbox"/> ) gostei regularmente	
8 ( <input type="checkbox"/> ) gostei muito	
9 ( <input type="checkbox"/> ) gostei muitíssimo	
A seguir escreva o código da amostra e a referente nota:	
<b>Código da amostra</b> _____ <b>nota</b> _____	
Comentários (opcional):	
Nome (opcional):	Data: