

Universidade Federal do Pampa  
Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Willian Abreu de Melo

**OBTENÇÃO DE FARINHA DE SORGO TRATADA COM ÁCIDO  
LÁTICO E APLICAÇÃO EM FORMULAÇÃO DE BOLO**

Itaqui - RS

2015

**WILLIAN ABREU DE MELO**

**OBTENÇÃO DE FARINHA DE SORGO TRATADA COM ÁCIDO  
LÁTICO E APLICAÇÃO EM FORMULAÇÃO DE BOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof Dr. Leomar Hackbart da Silva

Itaqui - RS

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

M528o Melo, Willian Abreu de  
Obtenção de farinha de sorgo tratada com ácido láctico e  
aplicação em formulação de bolo / Willian Abreu de Melo.  
27 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2015.  
"Orientação: Leomar Hackbart da Silva".

1. Sorghun vulgare. 2. ácido láctico. 3. bolo. I. Título.

**WILLIAN ABREU DE MELO**

**OBTENÇÃO DE FARINHA DE SORGO TRATADA COM ÁCIDO  
LÁTICO E APLICAÇÃO EM FORMULAÇÃO DE BOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovada em: 13 de julho de 2015.

Banca examinadora:



---

Prof. Dr. Leomar Hackbart da Silva  
Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UNIPAMPA



---

Prof. Drª Paula Fernanda Pinto da Costa  
Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UNIPAMPA



---

Prof. MSc Lucian Del Fabbro  
Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos - UNIPAMPA

## Sumário

Introdução .....	1
Objetivos .....	3
Objetivo geral .....	3
Objetivos Específicos .....	3
Material e métodos .....	3
Material .....	3
Obtenção da Farinha.....	4
Modificação da farinha de sorgo com ácido láctico .....	4
Umidade .....	6
Determinação da cor das farinhas de sorgo.....	6
Formulações de bolos .....	7
Volume específico .....	8
Determinação da Dureza .....	8
Determinação da cor das formulações de bolos .....	9
Análise estatística .....	9
Resultados e discussões.....	9
Cor da farinha.....	11
Características tecnológicas dos bolos .....	13
Referências .....	17

## **Lista de Figuras**

Figura 1. Colorímetro. ....	6
Figura 2. Texturômetro. ....	8
Figura 3 Fotografias das farinhas de sorgo. ....	12

## Lista de Tabelas

TABELA 1 - Tratamentos com ácido láctico das amostras de farinha de sorgo .....	4
TABELA 2 - Formulações de bolos .....	7
TABELA 3 - Teor de umidade, índice de absorção de água e índice de solubilidade em água de amostras de farinha tratada com ácido láctico .....	10
TABELA 4 - valores dos parâmetros de cor da farinha de sorgo .....	11
TABELA 5 - valores de volume específico e dureza dos bolos elaborados com e sem adição de farinha de sorgo tratada com ácido láctico .....	13
TABELA 6 - valores dos parâmetros de cor da crosta dos bolos elaborados com e sem adição de farinha de sorgo tratada com ácido láctico .....	14
TABELA 7 - valores dos parâmetros de cor do miolo dos bolos elaborados com e sem adição de farinha de sorgo tratada com ácido láctico .....	15

## Resumo

A proposta deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de sorgo tratada com ácido láctico em formulações de bolo sob características físico-químicas e tecnológicas. Foram utilizadas farinha de sorgo obtida da moagem de grãos de sorgo branco da espécie *Sorghum vulgare*. As amostras de farinha de sorgo foram divididas em quatro tratamentos: (i) Padrão – farinha sem tratamento; (ii) tratamento hidrotérmico a 50°C por 12 horas; (iii) aplicação de 2,5 % de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; (iv) aplicação de 5,0 % de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas. Foram realizadas análises de umidade, índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e cor das amostras de farinhas. Estas também foram aplicadas em formulação de bolo na concentração de 15 % de substituição da farinha de trigo e paralelamente foi elaborada uma formulação padrão (Trigo 100%), sendo avaliado o volume específico, dureza, cor da crosta e do miolo dos bolos. Os resultados indicam que os tratamentos de farinha de sorgo tratada com ácido láctico e aplicação de calor não apresentaram efeito significativo no IAA, porém houve maior ISA nas amostras tratadas em relação ao padrão de farinha de sorgo. Quanto os parâmetros da cor das farinhas houve uma redução da luminosidade e aumento dos valores do parâmetro  $a^*$ , tornando as amostras de farinha com coloração mais escura e avermelhada. A elaboração de formulações de bolos adicionados de 15% de farinha de sorgo não influenciou no volume específico, porém promoveu um aumento significativo da dureza em aproximadamente uma vez, em comparação com o padrão (trigo 100%). Além disso, promoveu uma redução dos valores de luminosidade, parâmetro  $b^*$  da cor e aumentou do parâmetro  $a^*$  da cor da crosta e do miolo tornando as amostras de bolo mais escuras, intensificando a coloração amarelada devido à adição de farinha de sorgo integral. No entanto mesmo com as alterações provocadas pela adição de farinha de sorgo nas características tecnológicas do bolo, foi possível adicionar 15% de farinha de sorgo sem alterar o volume específico dos bolos e com características tecnológicas aceitáveis.

**Palavras-Chave:** Sorgo, bolos, amido, tratamento hidrotérmico.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of partial substitution of wheat flour by sorghum flour treated with lactic acid in cake formulations under physicochemical and technological characteristics. Sorghum flour obtained were used as grinding grains of the white sorghum *Sorghum vulgare* species. Sorghum flour samples were divided into four treatments: (i) Standard - untreated flour; (ii) hydrothermal treatment at 50 °C for 12 hours; (iii) application of 2.5% lactic acid and subjected to heat treatment at 50 °C for 12 hours; (iv) application of 5.0% of lactic acid and subjected to heat treatment at 50 °C for 12 hours. Moisture tests were carried out, water absorption index (WAI) Water solubility index (WSI) and color of the flour. These were also applied cakes formulation at a concentration of 15% wheat flour substitute was prepared and in parallel a standard formulation (Wheat 100%), and evaluated the specific volume, hardness, crust color and crumb the cakes. The results indicate that the treatments sorghum flour treated with lactic acid and heat application had no significant effect on IAA, but there was a higher ISA the samples treated compared to the standard. As the color parameters of the flour was reduced and increased brightness values of the parameter  $a^*$ , making flour samples with dark reddish color. The preparation of formulations of cakes added 15% sorghum flour did not affect the specific volume, however caused a significant increase in hardness of approximately once in comparison to the standard (100% wheat). Moreover, it promoted a reduction in the brightness values of the color parameter  $b^*$  and  $a^*$  parameter increased the crust color and crumb becoming darker cake samples, intensifying the yellowish. However even with the changes brought about by the addition of sorghum flour on the technological characteristics of the cake, it was possible to add 15% of sorghum flour without changing the specific volume of cakes and acceptable technical characteristics.

**Keywords:** Sorghum, cakes, starch, hydrothermal treatment.

## Introdução

O sorgo (*Sorghum vulgare L.*) é uma gramínea originária dos países da África e da Ásia, possuindo variedades que estão divididas em quatro grupos principais: sorgo vassoura, sorgo forrageiro, sorgo sacarino e, sorgo granífero (BASTOS, 1983). O sorgo é muito utilizado para a produção e fornecimento de grãos, sendo o quinto cereal mais importante do mundo e o quarto no ranking de produção brasileira vindo atrás do trigo, arroz, milho e cevada (NYACHOTI et al., 1997).

O sorgo apresenta teor médio de 72% de amido (NOCEK e TAMINGA, 1991), com variação em função do cultivar, do ano e das condições climáticas. O grão de sorgo moído é muito utilizado na região sul do país na dieta de ruminantes, principalmente nos confinamentos. Na literatura, a cultura do sorgo é uma solução na substituição do milho na produção agrícola e no uso para nutrição de animais. O costume e a cultura no setor do agronegócio do Brasil influenciam muito esta substituição que acaba ocasionando barreiras na implantação desta cultura no mercado (EMBRAPA, 2009).

Este cereal, por sua vez, apresenta manejo simples, parecido com o do milho, com seguintes benefícios como: tolerância à seca, período de plantio mais longo e lavoura totalmente mecanizável, com diversas aplicações. Segundo ALBINO *et al* (1982), o sorgo com baixo teor de tanino, pode substituir o milho em até 100%, nas rações para crescimento de frangos de corte.

Por sua versatilidade e facilidade de produção, tem sido utilizado como base alimentar de milhões de pessoas, principalmente na África e na Ásia, chegando a suprir cerca de 70% da ingestão calórica diária, exercendo importante papel na segurança alimentar dessas populações (DICKO et al., 2006; TAYLOR et al., 2006). Nos demais países, o cereal tem sido utilizado basicamente na alimentação animal, com potencial a ser explorado também na alimentação humana.

Cada vez mais, indústrias investem em tecnologias em amidos para diferentes aplicações nos alimentos. Devido ao alto percentual de amido contido no grão de sorgo, uma das metas deste trabalho, é aplicar o tratamento com ácido láctico na farinha para atingir diferentes características. O ácido láctico possui vasta aplicação na indústria de alimentos, sendo utilizado como acidulante, antioxidante, estabilizante, coadjuvante de sabor, emulsificador e conservante. Possui

características como moderada acidez, presença de grupo carboxílico e hidroxílico que possibilitam uma grande variedade de transformações químicas, estabilidade química e térmica, biodegradabilidade e ser reconhecidamente não tóxico em até consideráveis doses, sendo reconhecido como seguro pela Food and Drug Administration (SILVA, 2010). Para modificar a farinha com o ácido láctico, o hidrogênio do grupo hidroxila do amido é substituído pelo grupo láctico que por apresentar um grupo hidroxila, torna o amido mais hidrofílico. No caso da modificação de farinhas, esta é realizada considerando somente o seu componente majoritário, o amido (ANJOS, 2013).

A possibilidade de conseguir novas matérias-primas agrícolas como fontes de amidos com características interessantes na indústria vem suscitando o interesse dos industriais da área, pois poderia proporcionar um crescimento diferenciado em nível mundial, visto que, no Brasil existe uma enorme variedade de fontes amiláceas que ainda são pouco exploradas (VILPOUX, 1998).

A composição química do sorgo é semelhante à do milho e do trigo e as tecnologias de processamento para a obtenção de produtos alimentícios desses cereais são aplicáveis ao sorgo, com a finalidade de explorar seu potencial como matéria-prima para a elaboração de produtos de panificação como bolos, biscoitos e pão de forma em substituição total ou parcial da farinha de trigo (FERREIRA, 2009).

Por isso o objetivo deste estudo foi de avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de sorgo tratada com ácido láctico em formulações de bolo sob características físico-químicas e tecnológicas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de sorgo tratada com ácido láctico em formulações de bolo sob características físico-químicas e tecnológicas.

### **Objetivos Específicos**

Determinação do índice de absorção de água e de solubilidade em água da farinha de sorgo antes e após os tratamentos;

Avaliar as características físico-químicas das farinhas de sorgo.

Desenvolver formulações de bolos com adição de farinha de sorgo tratadas com ácido láctico e não tratadas.

Determinar as características físico-químicas: Umidade, Determinação do índice de solubilidade e Índice de Absorção de água (IAA), e tecnológicas dos bolos: Cor, Volume específico e dureza.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material**

No estudo foi utilizado grãos de sorgo branco (*Sorghum vulgare*). Na elaboração das formulações dos bolos foram utilizados os seguintes ingredientes: Leite, farinha de trigo, fermento químico, ovos, gordura vegetal, açúcar, todos adquiridos no comércio local da cidade de Itaquí-RS. O trabalho foi desenvolvido nos laboratórios da Universidade Federal do Pampa- Campus Itaquí.

## Obtenção da Farinha

A farinha de sorgo foi obtida utilizando-se grãos de sorgo branco da espécie *Sorghum vulgare*. Após a retirada de sujidades leves, os grãos foram moídos em macro moinho e peneirados numa granulométrica de 250µm. A farinha foi armazenada em embalagens de polietileno de baixa densidade e mantida sob refrigeração até a realização das análises e utilização na elaboração dos bolos.

## Modificação da farinha de sorgo com ácido láctico

No tratamento da farinha de sorgo com ácido láctico, aproximadamente 300 g de farinha nativa (base seca) foram utilizadas para cada amostra, com uma solução composta de 274 ml de água e 6,18 g de ácido láctico de 2,5% e outra amostra com concentração de 5% de ácido láctico com 12,36 g. Após a homogeneização, a farinha ficou em repouso por 4 horas e em seguida foram secas em estufa de circulação forçada a 50°C, até atingir umidade de aproximadamente 2%.

As amostras depois de seca foram moídas em moinho de facas. Na Tabela 1 estão apresentados os tratamentos realizados nas amostras de farinha de sorgo nativa.

**Tabela 1 - Tratamentos com ácido láctico das amostras de farinha de sorgo**

Amostras	Quantidade (gramas)	Ácido láctico (%)	Temperatura em Estufa (°C)	Tempo em Estufa (horas)
Padrão	300 g	0%	50°C	12 horas
Trat. hidrotérmico	300 g	0%	50°C	12 horas
2,5 % de ácido láctico	300 g	2,5%	50°C	12 horas
5,0 % de ácido láctico	300 g	5,0%	50°C	12 horas

Padrão – sem tratamento. Trat. hidrotérmico, nesta amostra não foi adicionado ácido láctico somente água e submetida no tratamento térmico; 2,5 % de ácido láctico – foi adicionado 2,5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; 5,0 % de ácido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas.

Um quarto da farinha de sorgo seca e moída foi separada e o restante (3/4) foi submetido ao tratamento térmico por 12 horas a 50°C em estufa com circulação forçada de ar. Após essa etapa as amostras foram analisadas quanto ao teor de umidade, índice de absorção de água, índice de solubilidade em água, cor instrumental. Deve-se ressaltar que paralelamente foram realizadas análise de uma amostra padrão sem utilização de ácido láctico e tratamento térmico.

## **Determinação do índice de solubilidade e Índice de Absorção de água (IAA)**

A determinação de índice de solubilidade em água (ISA) foi realizada segundo a metodologia descrita por Anderson et al. (1969). Em tubos de centrífugas, previamente tarados, pesou-se cerca de 1,0 g de cada amostra (b.s.). Em seguida, adiciona-se 10 ml de água destilada. Os tubos foram agitados mecanicamente em agitador de tubos de ensaio tipo vortex, para garantir a homogeneização do material. Em banho maria a 85°C, os tubos ficaram por 30 minutos sobre agitação e em seguida centrifugados por 15 minutos sobre rotação de 3500 rpm.

Após a centrifugação, o sobrenadante foi colocado em placas de petri, previamente taradas. As placas foram secas em estufa com circulação de ar a 105 °C por 8 horas. Após, as placas foram transferidas para um dessecador por 30 minutos para resfriar. Os tubos retirados da centrífuga, sem o sobrenadante e as placas resfriadas foram pesadas. O índice de solubilidade de água (ISA) corresponde ao percentual de resíduo que foi solubilizado na água destilada, adicionada no início da análise, e foi calculado conforme Equação 1.

$$\% \text{ ISA} = \text{Peso do resíduo da evaporação (g) x 100} / \text{Peso da amostra (g)} \text{ Eq. (1)}$$

O Índice de absorção de água foi calculado conforme a Equação 2 expresso por g gel/g matéria seca.

$$\text{IAA} = \text{PRC} / \text{PA-PER} \text{ -----Eq (2)}$$

Onde,

IAA= índice de absorção de água

PRC=peso do resíduo de centrifugação (g)

PA= peso da amostra (g) (base seca)

PRE= peso do resíduo de evaporação (g)

## Umidade

O teor de umidade das amostras de farinha de sorgo foi medido utilizando-se o medidor de umidade Infrared. Pesou-se 5 g de amostra no próprio aparelho, aguardou-se a verificação da umidade e anotaram-se os valores obtidos. Os valores de umidade foram expressos em porcentagem e essa análise foi realizada em triplicata.

## Determinação da cor das farinhas de sorgo

A determinação da cor das amostras de farinha de sorgo tratadas com ácido láctico, hidrotérmica e a padrão foi realizada utilizando-se o colorímetro Minolta, modelo CR410, seguindo o sistema de cor CIELab, determinando-se os valores de L\* ou luminosidade (preto 0/branco 100), a\* (verde -/vermelho +) e b\* (azul -/amarelo +). A análise foi realizada com 6 repetições. Na Figura 1 está apresentado à foto do colorímetro que foi utilizado para determinação de cor.



Figura 1 - Colorímetro

## Processamento das formulações dos bolos

A formulação para a elaboração dos bolos foi baseada em Borges et al. (2006) com modificação apenas na substituição de parte da farinha de trigo por farinha de sorgo. Os ingredientes e suas respectivas quantidades estão expostos na Tabela 2.

No preparo da formulação padrão foram utilizadas farinha de trigo (100%), açúcar (76,7%), ovo (40%), gordura vegetal (20%), fermento químico (3,3%) e leite (93,3%). As demais formulações foi substituído 15% da farinha de trigo e adicionado farinha de sorgo. A massa foi preparada em batedeira planetária. O procedimento foi da seguinte maneira:

-Foi feito um creme com gordura vegetal, açúcar e ovos, batendo e velocidade máxima durante 2 min.

-Foi reduzida a velocidade da batedeira, e incorporou metade do leite e incorporou as farinhas de trigo e sorgo, exceto o fermento químico, batendo por 1 min.

-Adicionou o restante do leite e o fermento e bater por mais 1 min.

-Enformou, pesando 300 g de massa em cada forma, as quais foram previamente forradas com papel manteiga.

-Forneou durante aproximadamente 1 hora a 150°C em forno elétrico.

Tabela 2 - Formulações de bolos

Ingredientes	Padrão trigo (g)	Padrão sorgo (g)	Trat. hidrotérmico (g)	2,5% ácido láctico (g)	5,0% ácido láctico (g)
Farinha de trigo	300	255	255	255	255
Farinha de sorgo	0	45	45	45	45
Açúcar	230,1	230,1	230,1	230,1	230,1
Ovo	120	120	120	120	120
Gordura vegetal	60	60	60	60	60
Fermento químico	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
Leite	279,9	279,9	279,9	279,9	279,9

Padrão trigo – farinha de trigo; Padrão sorgo – farinha de sorgo sem tratamento. 0,0 % de ácido láctico, nesta amostra não foi adicionado ácido láctico somente água e submetida no tratamento térmico; 2,5 % de ácido láctico – foi adicionado 2,5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; 5,0 % de ácido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas.

## Avaliação das características tecnológicas dos bolos

### Volume específico

O volume dos bolos de cada formulação foi medido através do deslocamento de sementes de painço. A massa foi medida em balança semi-analítica e a razão entre o volume e o respectivo valor de massa de cada bolo forneceu o volume específico expresso em  $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ . Analisou-se o volume específico em triplicata para cada formulação.

### Determinação da Dureza

Para determinar a dureza dos bolos foi utilizado o texturômetro *Texture Analyzer* que está disposto na Figura 2. Os bolos foram fatiados com o uso de facas, sendo utilizados duas fatias com espessura de 1 cm para cada análise. Foram realizadas seis repetições e os resultados foram expressos em gramas (g).



Figura 2 - Texturômetro

## **Determinação da cor das formulações de bolos**

A determinação da cor das amostras de bolos elaborados com farinha de sorgo foi realizada utilizando-se o colorímetro Minolta, modelo CR410, seguindo o sistema de cor CIELab, determinando-se os valores de L\* ou luminosidade (preto 0/branco 100), a\* (verde -/vermelho +) e b\* (azul -/amarelo +) (MINOLTA, 1994). A análise foi realizada com seis repetições.

## **Análise estatística**

O tratamento foram realizados em delineamentos inteiramente casualizados, sendo os resultados obtidos analisados por meio de análise de variância ANOVA, complementando o teste de Tukey ao nível de significância de 5%, utilizando o programa Excel.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Caracterização físico-química da farinha de sorgo**

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de umidade, índice de absorção de água e índice de solubilidade em água das amostras de farinha de sorgo tratada com adição de ácido láctico e submetidas ao tratamento térmico a 50°C por 12 horas. Observa-se que a amostra padrão apresentou um maior teor de umidade, pois não foi submetida ao tratamento térmico. Enquanto que as amostras com concentração de 2,5% e 5% de ácido láctico obteve um teor de umidade com diferença significativa em relação à amostra de farinha com Trat. hidrotérmico. A avaliação do teor de umidade da farinha de sorgo tem grande importância em razão da sua influência na vida de prateleira de alimentos, tendo em vista que níveis maiores que 13% podem proporcionar crescimento microbiano e deterioração da farinha em curto tempo (Costa, 2008).

No índice de absorção de água (IAA) não houve diferença significativa entre nenhum dos dados. ANJOS (2013) obteve resultados superiores ao deste trabalho

com farinha de pinhão esterificada com 2,5% e 5% de ácido láctico, com IAA de 2,5 g/gel e 2,65 g/gel, respectivamente.

Tabela 3 - Teor de umidade, índice de absorção de água e índice de solubilidade em água de amostras de farinha de sorgo tratadas com ácido láctico

<b>Amostras</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>IAA (g gel.g1)</b>	<b>ISA (%)</b>
Padrão	9,80±0,31A	2,36± 0,07A	3,49±0,40C
Trat. hidrotérmico	2,01±0,31B	2,31±0,02A	7,67±0,07A
2,5 % de ácido láctico	2,22±0,20 B	2,38±0,16A	4,43±0,38B
5,0 % de ácido láctico	2,22± 0,19B	2,37±0,03A	5,12±0,02B

Médias de 3 repetições ± o desvio padrão seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Padrão – sem tratamento. 0,0 % de ácido láctico, nesta amostra não foi adicionado ácido láctico somente água e submetida no tratamento térmico; 2,5 % de ácido láctico – foi adicionado 2,5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; 5,0 % de ácido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de significância p/teste de Tukey.

A insolubilidade dos grânulos de amido é devido às fortes ligações de hidrogênio que mantêm as cadeias unidas (CEREDA, 2001). Porém, quando o amido é aquecido em excesso de água, acima da temperatura de empastamento, a estrutura cristalina é rompida pelo relaxamento das pontes de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina. Isso causa um aumento do tamanho dos grânulos devido ao inchamento com parcial solubilização (HOOVER, 2001).

De acordo com HOOVER (2001), o poder de inchamento é uma de capacidade de hidratação dos grânulos, ou seja, absorção de água, quando o amido é gelatinizado em excesso de água, com o inchamento dos grânulos também ocorre à solubilização parcial das moléculas menores que formam o grânulo de amido.

As farinhas tratadas com 2,5% e 5% não diferiram entre si, mas diferiram estatisticamente da farinha padrão que apresentou um índice de solubilidade de 3,49. Os aumentos do índice de solubilidade das amostras 2,5% e 5%, em relação à farinha padrão podem estar relacionados por uma maior hidrólise do amido da farinha, pelo ácido láctico, devido à alta temperatura do tratamento térmico.

## Cor das amostras de farinha de sorgo

Os principais parâmetros de qualidade de produtos de panificação, principalmente os integrais são os parâmetros relacionadas à cor (GIESE, 2000). Na Tabela 4 estão apresentados os dados dos parâmetros de cor das farinhas de sorgo padrão e submetidas aos tratamentos com ácido láctico e aplicação de calor, observa-se que com o tratamento com ácido láctico e aplicação de calor houve uma redução nos valores de luminosidade das amostras e um aumento dos valores dos parâmetros  $a^*$  da cor, quando comparado com a amostra padrão. No entanto não houve variações significativas nos valores do parâmetro  $b^*$  da cor. De modo geral essas amostras tratadas apresentaram uma coloração vermelha mais intensa, que a amostra padrão, conforme pode ser observado na Figura 3.

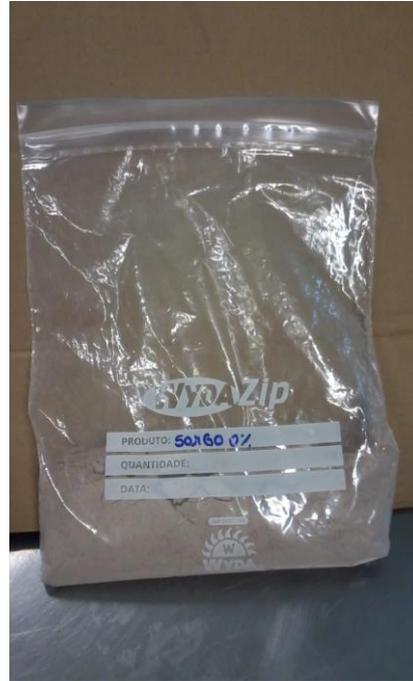
Tabela 4 - valores dos parâmetros de cor da farinha de sorgo

<b>Amostras</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
Padrão sorgo s/ trat.	74,364±4,31A	0,556±0,25D	13,064±0,20ns
Trat. hidrotérmico	70,488±1,27B	1,27±0,08 C	13,316±0,07ns
2,5 % de ácido láctico	69,948±0,79B	2,654±0,11B	13,942±0,10ns
5,0 % de ácido láctico	68,432±0,58B	3,492±0,07A	13,68±0,32ns

Médias de 3 repetições ± o desvio padrão. Padrão Sorgo – sem tratamento. Tratamento hidrotérmico, nesta amostra não foi adicionado ácido láctico, somente água e submetida no tratamento térmico; 2,5 % de ácido láctico – foi adicionado 2,5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; 5,0 % de ácido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de significância p/teste de Tukey; NS – não significativo. ido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas.



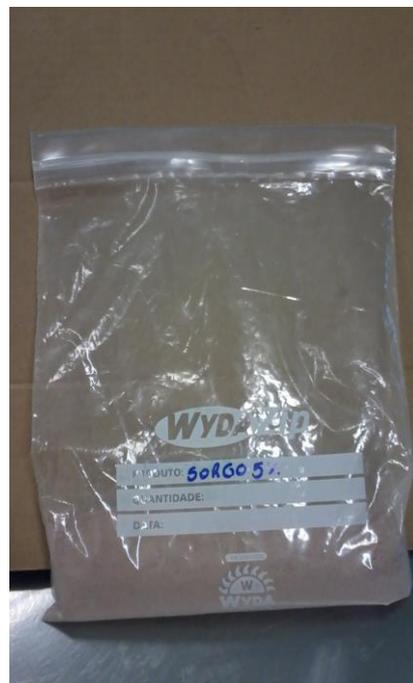
Farinha sorgo padrão



Tratamento Hidrotérmico a 50°C  
por 12 horas



2,5% de adição de ácido láctico



5% de adição de ácido láctico

Figura 3 - Fotografias das amostras de farinha de sorgo

## Características tecnológicas dos bolos

Nas Tabelas 5, 6 e 7 estão apresentados os resultados obtidos para os parâmetros de volume específico, dureza, cor da crosta e cor do miolo dos bolos elaborados em diferentes formulações com adição da farinha de sorgo padrão e farinha de sorgo tratada com 0, 2,5 e 5% de ácido láctico, em comparação com formulação de bolo sem adição de farinha de sorgo.

Na Tabela 5 observa-se que não houve variação significativa nos valores de volume específico entre as formulações de bolos, indicando que tanto a adição de farinha de sorgo padrão ou adição de farinha de sorgo tratada não interferiu nesse parâmetro, sendo que os valores variaram entre 2,17 a 2,39  $\text{Cm}^3.\text{g}^{-1}$ . Estudos demonstram que adições de outras farinhas em formulações de bolos provocam redução nos valores de volume. (ESTELLER et al, 2006; SCHMIELE et al, 2011).

Tabela 5 - valores de volume específico e dureza dos bolos elaborados com e sem adição de farinha de sorgo tratada com ácido láctico

<b>Amostras</b>	<b>Volume específico (<math>\text{Cm}^3.\text{g}^{-1}</math>)</b>	<b>Dureza (g)</b>
Trigo – 100%	2,22±0,11ns	554,31±108,21B
Padrão sorgo s/ trat.	2,17±0,00	1074,19±254,84A
Trat. hidrotérmico	2,38±0,03	1080,26±95,76A
2,5 % de ácido láctico	2,39±0,04	966,75±79,74A
5,0 % de ácido láctico	2,27±0,09	938,19±135,66A

Médias de 3 repetições  $\pm$  o desvio padrão. Trigo -100% - somente farinha de trigo; Padrão Sorgo – sem tratamento. Trat. hidrotérmico, nesta amostra não foi adicionado ácido láctico somente água e submetida no tratamento térmico; 2,5 % de ácido láctico – foi adicionado 2,5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; 5,0 % de ácido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente a 5% de significância p/teste de Tukey; NS – não significativo.

Os valores de dureza dos bolos apresentaram variação significativa entre 554,31g a 1080,26 g nas diferentes formulações (Tabela 5). Observa-se que a adição de farinha de sorgo as formulações de bolos houve um aumento significativo

nos valores de dureza dos bolos, quando comparado com a formulação padrão (Trigo 100%).

Os parâmetros de cor dos bolos constituem um fator importante para a sua comercialização, sendo diretamente influenciada pelas matérias primas que compõem sua formulação e pelas condições de forneamento (SCHMIELE et al, 2011).

Na Tabela 6 e 7 estão apresentados os valores dos parâmetros de cor da crosta e do miolo dos bolos, respectivamente. Observa-se que houve uma redução nos valores de luminosidade da crosta de 64,55 na amostra padrão (Trigo 100%) para 52,23 nas amostras com adição de farinha de sorgo e no miolo esses valores variaram entre 73,13 para 52,34. Isto indica um escurecimento das amostras, característica de produtos que utilizam ingredientes integrais na formulação. Os valores do parâmetro b\* da cor da crosta e do miolo dos bolos apresentaram redução com a adição de farinha de sorgo na formulação tornando os bolos mais escuros. Enquanto que para o parâmetro a\* da cor houve um aumento dos valores tanto na crosta, como no miolo intensificando a coloração avermelhada dos bolos. Este comportamento também foi observado por outros autores (SCHMIELE et al, 2011).

Tabela 6 - Valores dos parâmetros de cor da crosta dos bolos elaborados com e sem adição de farinha de sorgo tratada com ácido láctico

<b>Amostras</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
Trigo – 100%	64,55 ±1,50A	2,195± 1,11C	32,76± 1,01A
Padrão sorgo s/ trat.	53,9±1,84 B	5,586±0,65A	22,888±0,41B
Trat. hidrotérmico	52,23±2,08 B	4,988±0,63A	19,348±0,48C
2,5 % de ácido láctico	53,50±0,92B	5,724±0,57A	22,128±0,39B
5,0 % de ácido láctico	56,61±0,42B	4,662±0,40B	22,338±0,70B

Médias de 3 repetições ± o desvio padrão. Trigo -100% - somente farinha de trigo; Padrão Sorgo – sem tratamento. Trat. hidrotérmico, nesta amostra não foi adicionado ácido láctico somente água e submetida no tratamento térmico; 2,5 % de ácido láctico – foi adicionado 2,5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; 5,0 % de ácido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente a 5% de significância p/teste de Tukey.

Quanto ao parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) da crosta e do miolo dos bolos, todas as formulações adicionadas de farinha de sorgo foram consideradas escuras, já que na escala de 0 a 100 apresentaram valores próximos a 50 e 60 ( $L^* < 50$ ) (Esteller et al., 2006).

A presença de açúcares e ovos na formulação assim como o calor aceleram reações de caramelização e Maillard, levando ao escurecimento progressivo da crosta e miolo, que podem ser desejados ou não (Giese, 2000).

Valores de  $L^*$  mais altos indicam maior reflectância da luz traduzindo-se em bolo com coloração clara, pobre em açúcares, cacau/cupuaçu, fermento químico inadequado, temperatura baixa e tempo insuficiente de cocção. Maiores valores de  $a^*$  indicam coloração mais escura (Esteller et al., 2006).

Tabela 7 - Valores dos parâmetros de cor do miolo dos bolos elaborados com e sem adição de farinha de sorgo tratada com ácido láctico

<b>Amostras</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>
Trigo – 100%	73,128±1,38 B	-5,402±0,15B	23,116±0,58A
Padrão sorgo s/ trat.	60,71± 0,87A	0,124±0,07B	16,974±0,37B
Trat. hidrotérmico	52,34±1,42 A	1,876±0,22A	14,692±0,42B
2,5 % de ácido láctico	60,722±1,25 A	0,838±0,24A	16,346±0,44B
5,0 % de ácido láctico	62,118±1,32 A	0,24±0,16B	15,758±0,37B

Médias de 3 repetições ± o desvio padrão. Trigo -100% - somente farinha de trigo; Padrão Sorgo – sem tratamento. Trat. hidrotérmico, nesta amostra não foi adicionado ácido láctico somente água e submetida no tratamento térmico; 2,5 % de ácido láctico – foi adicionado 2,5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas; 5,0 % de ácido láctico - foi adicionado 5% de ácido láctico e submetida a tratamento térmico a 50°C por 12 horas. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente a 5% de significância p/teste de Tukey.

## Conclusão

O tratamento das amostras de farinha de sorgo tratadas com ácido láctico e aplicação de calor não apresentaram efeito significativo no índice de absorção de água (IAA), porém houve maior índice solubilidade em água nas amostras tratadas em relação ao padrão. Quanto os parâmetros da cor das farinhas houve uma redução da luminosidade e aumento dos valores do parâmetro  $a^*$  tornando as amostras com coloração mais escuras e avermelhadas.

A elaboração de formulações de bolos adicionados de 15% de farinha de sorgo não influenciou no volume específico, porém promoveu aumento significativo da dureza em aproximadamente uma vez em comparação com o padrão (trigo 100%). Além disso, promoveu uma redução dos valores de luminosidade, parâmetro  $b^*$  da cor e aumentou dos parâmetros  $a^*$  da cor da crosta e miolo tornando as amostras de bolo mais escuras, intensificando a coloração amarelada que é característica de produtos elaborados com ingredientes integrais.

No entanto mesmo com as alterações provocadas pela adição de farinha de sorgo nas características tecnológicas do bolo, foi possível adicionar 15% de farinha de sorgo sem alterar o volume específico.

A partir destes resultados pode-se desenvolver em futuros trabalhos a aplicação da farinha de sorgo em produtos panificados.

## Referências

ALBINO, L.F.T., NERY, J.R., SILVEIRA, J.J.M., *et al.* Substituição do milho pelo sorgo sacarino em rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, 1982.

APLEVICZ, Krischina Singer; DEMIATE, Ivo Mottin. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciênc. Technol. Aliment.**, Campinas, p. 478-484, 2007.

BELLO-PEREZ, L. A.; SAYAGO-AYERDI, S.G.; MENDEZ-MONTEALVO, G.; TOVAR, J. In vitro digestibility of cookies prepared with banana starch. *Plant Foods for Human Nutrition*, p.79-83, 2004.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido. Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino-americanas, 2001.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKEL, W. J. H. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology*. Nairobi, p. 384-395, 2006.

EMBRAPA, 2009. O Sorgo na Alimentação Humana. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Circ+133\\_000gd1q62zq02wx5ok0rofsmqcc098ea.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Circ+133_000gd1q62zq02wx5ok0rofsmqcc098ea.pdf)>. Acesso em: 01 jul. 2015.

ESTELLER, M.S.; LIMA, A.C.O.; LANNES, S.C.S. Color measurement in hamburger buns with fat and sugar replacers. *LWT*, Wädenswil, 2006.

FERREIRA, et al. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. ALAN, Caracas, 2009.

JERACHAIMONGKOL, Sudarat. et al. Modification of cassava starch by esterification and properties of cassava starch ester films. *Kasetsart Journal: Natural Science*. Bangkok, p. 148-151. 2006.

LIU, J.; WANG, B.; LIN, L.; ZHANG, J.; LIU, W.; XIE, J.; DING, Y. Functional, physicochemical properties and structure of cross-linked oxidized maize starch. **Food Hydrocolloids**, p. 45-52, 2010.

NYACHOTI, C.M., ATKINSON, J.L., LEESON, S. Sorghum tannins: a review. *World's Poul. Sci.* 1997.

NOCEK, J.E., TAMINGA, S. Site of digestion in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 1991.

MORIKAWA, K; NISHINARI, K. Effects of concentration dependence of retrogradation behaviour os dispersions for native and chemically modified potato starch. *Food Hydrocolloids*, p.395-401, 2000.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. *Química dos Alimentos*. São Paulo: Edgard Blucher , 2004.

SILVA, V. M. Obtenção de ácido láctico via fermentação descontínua utilizando o melaço de cana de açúcar, farinha de varredura, frutose e fécula de mandioca. *Revista Brasileira de Pesquisas em alimentos*. Campo Mourão, 2010.

SCHMIELE, M. et al. Influência da adição de farinha integral de aveia, flocos de aveia e isolado proteico de soja na qualidade tecnológica de bolo inglês. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, p.71-82, 2011.

SMITH, R.J. Characterization and analysis of starches. In: WHISTLER, R.L.; PASCHALL, E.F. *Starch: chemistry and technology*, New York: Academic Press. New York, 1967.

TAYLOR, J. R. N.; SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*. London, p. 252-271, 2006.

VILPOUX, O. *Amidos adaptados ao uso nas indústrias de alimentos*. Fax/Jornal CERAT/UNESP, Botucatu, 1998.