

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE FARMÁCIA

NATÁLIA DE CARVALHO TEIXEIRA

FARINHAS DE BANANA VERDE E SORGO COM ELEVADOS TEORES DE AMIDO  
RESISTENTE: OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E USO NA PRODUÇÃO DE  
BISCOITOS TIPO COOKIE AVALIADOS SENSORIALMENTE

Belo Horizonte

2016

NATÁLIA DE CARVALHO TEIXEIRA

FARINHAS DE BANANA VERDE E SORGO COM ELEVADOS TEORES DE AMIDO  
RESISTENTE: OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E USO NA PRODUÇÃO DE  
BISCOITOS TIPO COOKIE AVALIADOS SENSORIALMENTE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ciência de Alimentos.

Área de concentração: Ciência de Alimentos

Orientador: Dr. Roberto Gonçalves Junqueira

Coorientadora: Dra. Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia

Colaboradora: Dra. Lúcia Helena Esteves dos Santos Laboissière

Belo Horizonte

2016

**Doutoranda:** Natália de Carvalho de Teixeira

**Orientador:** Roberto Gonçalves Junqueira

**Coorientadora:** Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia

**Colaboradora:** Lúcia Helena Esteves dos Santos Laboissière

**Linha de Pesquisa PPGCA:**

QA – Qualidade de Alimentos

**Áreas de conhecimento (CNPq/CAPES):**

**5.00.00.00-4 CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**5.07.00.00-6 CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

5.07.01.00-2 Ciência de Alimentos

5.07.01.06-1 Avaliação e Controle de Qualidade de Alimentos

1.06.04.00-6 Química Analítica

**Instituições e laboratórios participantes:**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Milho e Sorgo.

Grupo de tecnologias ambientais (GRUTAM), Departamento De Química, UFMG.

Laboratório de Bromatologia, Departamento de Alimentos, Faculdade de Farmácia UFMG.

Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LABTAL), Departamento de Alimentos, Faculdade de Farmácia UFMG.

Laboratório de Análise Sensorial e Estudos de Consumidor (LASEC), Departamento de Alimentos, Faculdade de Farmácia UFMG.

266f

Teixeira, Natália de Carvalho.

Farinhas de banana verde e sorgo com elevados teores de amido resistente: obtenção, caracterização e uso na produção de biscoitos tipo cookie avaliados sensorialmente / Natália de Carvalho Teixeira. – 2016.

98f. : il.

Orientador: Roberto Gonçalves Junqueira.

Coorientadora: Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.

1. Banana - Teses. 2. Farinha de banana - Teses. 3. Amido - Teses. 4. Biscoitos – Teses. I. Junqueira, Roberto Gonçalves. II. Garcia, Maria Aparecida Vieira Teixeira. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. IV. Título.

CDD: 664.07

NATÁLIA DE CARVALHO TEIXEIRA

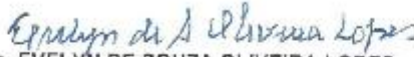
FARINHAS DE BANANA VERDE E SORGO COM ELEVADOS TEORES DE  
AMIDO RESISTENTE: OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E USO NA  
PRODUÇÃO DE BISCOITOS TIPO *COOKIE*  
AVALIADOS SENSORIALMENTE

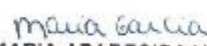
TESE APROVADA EM 19 DE ABRIL DE 2016


COMISSÃO EXAMINADORA

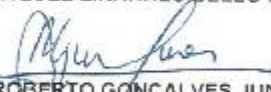
  
Prof. Dr. LANAMAR DE ALMEIDA CARLOS

  
Prof. Dr. VALÉRIA APARECIDA VIEIRA QUEIROZ

  
Prof. Dr. EVELYN DE SOUZA OLIVEIRA LOPES

  
Prof. Dr. MARIA APARECIDA VIEIRA TEIXEIRA GARCIA  
Coorientadora

  
Prof. Dr. RAQUEL LINHARES BELLO DE ARAÚJO

  
Prof. Dr. ROBERTO GONÇALVES JUNQUEIRA  
Orientador e Presidente da Comissão

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais Paulo e Tânia, aos meus irmãos, ao meu namorado e aos meus amigos pelo apoio e compreensão, e por estarem sempre ao meu lado nos momentos alegres e nos momentos difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me proporcionar a oportunidade de realizar mais um sonho em minha vida;

Ao professor Dr. Roberto Gonçalves Junqueira pela orientação, apoio e ajuda na execução deste trabalho;

À professor Dra. Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia pela co-orientação, apoio e ajuda na execução deste trabalho;

À professora Dra. Lúcia Helena E.S. Laboissière pela colaboração, apoio e ajuda na execução deste trabalho;

À Embrapa Milho e Sorgo pelos pelo apoio financeiro para execução deste trabalho;

Aos professores doutores membros da banca pela preciosa ajuda e pertinentes sugestões;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da UFMG pela contribuição em minha formação científica;

Aos professores do Departamento de Alimentos da Faculdade de Farmácia da UFMG pela contribuição em minha formação acadêmica;

Aos funcionários do Departamento de Alimentos, em especial Ronália Leite, Marcos Lage, Edna Aparecida e Maria Paula pela ajuda constante e pela amizade;

Aos colegas de departamento pela companhia, apoio e disponibilidade;

Às amigas Aline Cristina, Kézia Elizama, Thaís Monteiro e Thayana Oliveira pela ajuda durante as análises e pelas valiosas risadas ao longo desses quatro anos;

Ao amigo Rodrigo de Melo, por gentilmente transportar as bananas verdes de Taquaraçu de Minas até Belo Horizonte;

Ao Pedro Antônio por, ainda na barriga da mamãe Aline, ter me ajudado a enfrentar os momentos difíceis;

Aos meus pais Paulo e Tânia por todo o apoio, dedicação e incentivo;

Aos meus irmãos Ana Paula e Paulo Júnior pelo incentivo e exemplo;

Ao meu namorado, Glauco, pela paciência e incentivo.



## RESUMO

*Cookies* foram produzidos empregando diferentes proporções de farinhas de sorgo híbrido BR 305 e de banana verde com elevado teor de amido resistente (AR) e submetidos à avaliação sensorial. Inicialmente foram estudados os teores de AR em sorgo a fim de encontrar genótipos com elevado teor deste componente, bem como a influência do calor seco e úmido na retenção do mesmo. Entre os 49 genótipos de sorgo estudados, o SC59 apresentou destaque para uso na alimentação humana, com 65,66 g/100 g de AR, bem como o híbrido BR 305, com 52,26 g/100 g de AR. Para estes dois genótipos, o calor úmido levou a uma perda drástica de AR após ebulição dos grãos e das farinhas, enquanto que o calor seco levou a uma perda máxima de 15% de AR, sendo, portanto, uma melhor opção de processamento térmico para farinha de sorgo. As condições de tempo e temperatura mais adequadas para a produção de farinha de banana verde com elevado teor de AR também foram avaliadas. De uma maneira geral, a farinha de banana verde, na qual foram utilizados o menor tempo (4 horas) e a menor temperatura (40 °C) apresentou o teor mais elevado de AR (77,89 g/100 g), sendo que, estas condições, resultam em farinha de banana verde com o conteúdo de AR significativamente ( $p < 0,05$ ) maior do que na própria banana verde. A farinha elaborada sob estas condições apresentou cor clara, segundo avaliação de parâmetros ópticos, o que permite sua incorporação em diversos tipos de alimentos, enquanto que os teores de fibra e compostos fenólicos foram significativamente ( $p < 0,05$ ) menores que os da banana verde *in natura*. O *cookie* feito com 100% de farinha de banana verde apresentou o meio teor de AR (15,20 g/100 g), significativamente ( $p < 0,05$ ) superior aos demais produtos estudados. A este *cookie* foram atribuídas, pelos consumidores, as melhores médias de aceitação, sendo este caracterizado como tendo uma cor clara. Nenhum dos produtos apresentou médias de aceitação na área de rejeição da escala hedônica utilizada. Além disso, nenhuma das formulações experimentais apresentou médias de aceitação significativamente menores que o produto elaborado com formulação convencional, com farinha de trigo, demonstrando o potencial uso das farinhas de banana verde e de sorgo no desenvolvimento de biscoito do tipo *cookie*.

## ABSTRACT

Cookies were produced using different proportions of hybrid sorghum flour BR 305 and green banana flour with high resistant starch (RS) content and subjected to sensory evaluation. Initially the RS content in sorghum were studied in order to find genotypes with high levels of this component as well as the influence of dry and moist heat in its retention. Among the 49 studied sorghum genotypes, the SC59 presented 65.66 g / 100 g of RS, and was considered a good RS source, with the BR 305 Hybrid (52.26 g / 100 g of RS). For both genotypes, the moist heat led to a drastic loss of RS after boiling the grain and the flour, while the dry heat resulted in a maximum loss of 15% of RS and, therefore, better thermal processing option for sorghum flour. The conditions of time and temperature most suitable for the green banana flour production with high RS content were also evaluated. In general, green banana flour produced using the shorter time (4 hours) and the lowest temperature (40 °C) showed the highest level of RS (77.89 g / 100 g), and these conditions resulted in a green banana flour with RS content significantly ( $p < 0.05$ ) higher than in in nature green bananas. The flour prepared under these conditions presented clear color, according to the evaluation of optical parameters, which allows its incorporation into various types of food, while the fiber content and phenolic compounds were significantly ( $p < 0.05$ ) lower than in in nature green banana. The cookie made with 100% of this green banana flour presented RS levels significantly ( $p < 0.05$ ) higher than the other products studied. This cookie assigned evaluated by biscuit consumers, presented better acceptance means, and was characterized as having a clear color. None of the products presented acceptance means the rejection area of hedonic scale used. Moreover, none of the experimental formulations had significantly lower mean acceptance than the product made with wheat flour, demonstrating the potential use of green banana flour and sorghum flour in the cookie development.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 – Híbridos de sorgo granífero comercializados nas safras 2007-2008. ....	16
Tabela 2. 2 – Classificação segundo as classes dos frutos da bananeira .....	18
Tabela 2. 3 – Composição centesimal da banana ( <i>Musa Cavendish</i> ).....	19
Tabela 3. 1 – Cor do pericarpo e origem dos 49 genótipos de sorgo avaliados	31
Tabela 3. 2 – Teor de Amido Resistente (g/100 g) em diferentes genótipos de sorgo .....	35
Tabela 3. 3 – Retenção média de amido resistente (%) em genótipos de sorgo submetidos a diferentes tratamentos térmicos.....	39
Tabela 5. 1 – Formulações dos biscoitos tipo cookie desenvolvidos feitos com farinha de banana verde, farinha de sorgo e farinha de trigo .....	71
Tabela 5. 2 – Características sociodemográficas dos participantes do teste sensorial.....	76
Tabela 5. 3 – Aceitação das seis amostras de biscoito tipo <i>cookie</i> estudadas.	79

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 – Detalhamento das partes componentes do fruto da bananeira. ...	18
Figura 2. 2 – Classificação segundo escala de maturação de Von Loesecke dos frutos da bananeira .....	19
Figura 2. 3 – Estrutura química da amilose (a) e da amilopectina (b).....	20
Figura 3. 1 – Frequência de distribuição do teor de amido resistente em 49 genótipos de sorgo. ....	36
Figura 3. 2 – Teor de Amido Resistente em dois genótipos de sorgo sob diferentes processamentos.....	37
Figura 3. 3 – Teores de Amido Não Resistente em dois genótipos de sorgo submetidos a diferentes tipos de processamento .....	38
Figura 4. 1 – Espectros de infravermelhos de bananas verdes não processadas e de Farinha de Banana Verde (FBV) secas durante quatro horas a 40°C (FBV40/4).....	56
Figura 4. 2 – Espectros de Raman de bananas verdes não processadas e de Farinha de Banana Verde (FBV) seca durante quatro horas a 40°C (FBV 40/4) e amido resistente (AR) .....	57
Figura 4. 3 – Curvas termogravimétricas (A) e curvas termogravimétricas diferenciais (B), de bananas verdes não processadas e de Farinha de Banana Verde (FBV) seca durante quatro horas a 40°C (FBV40/4).....	58
Figura 5. 1 – Teor de amido resistente nas seis amostras de biscoito tipo <i>cookie</i> desenvolvidos. ....	75
Figura 5. 2 – Hábitos de consumo do biscoito tipo entre os consumidores de biscoitos.....	77
Figura 5. 3 – Momentos associados ao consumo de biscoito tipo <i>cookie</i> entre os consumidores de biscoitos.....	77
Figura 5. 4 – Tipos de <i>cookies</i> consumidos pelos consumidores de biscoito.	78
Figura 5. 5 – Informações de rotulagem de biscoitos tipo <i>cookie</i> observadas pelos consumidores de biscoito.....	78

<b>Figura 5. 6 – Influência da Informação na Expectativa e Aceitação de biscoitos tipo <i>cookie</i>.</b> .....	<b>81</b>
<b>Figura 5. 7 – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de <i>Cookies</i> em relação à Aparência.</b> .....	<b>84</b>
<b>Figura 5. 8 – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de <i>Cookies</i> em relação à Aroma.</b> .....	<b>85</b>
<b>Figura 5. 9 – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de <i>Cookies</i> em relação à Textura.....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 5. 10 – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de <i>Cookies</i> em relação à Sabor.</b> .....	<b>87</b>

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	12
2 – CAPÍTULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 –Sorgo.....	15
2.2 – Banana .....	17
2.3 – Amido Resistente.....	19
2.4 Biscoitos tipo <i>Cookies</i> .....	25
3 - CAPITULO II: TEOR DE AMIDO RESISTENTE EM DIFERENTES GENÓTIPOS DE SORGO ( <i>SORGHUM BICOLOR</i> ) E O EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RETENÇÃO DE AMIDO RESISTENTE EM DOIS GENÓTIPOS .....	27
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	28
3.1 – INTRODUÇÃO.....	29
3.2 – MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.2.1 – Amostras .....	30
3.2.2 – Determinação do teor de Amido Resistente.....	32
3.2.3 – Efeito do processamento no teor de amido resistente em dois genótipos de sorgo.....	32
3.2.4 – Análise Estatística .....	33
3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.3.1 – Teor de Amido Resistente em 49 genótipos de sorgo .....	34
3.3.2 – Efeitos do processamento do teor de amido resistente em genótipos de sorgo.....	36
3.4 – CONCLUSÕES.....	40
AGRADECIMENTOS.....	41
REFERÊNCIAS .....	41
4 - CAPÍTULO III: EFEITO DO TEMPO E DA TEMPERATURA NO TEOR DE AMIDO RESISTENTE EM FARINHA DE BANANA ( <i>MUSA CAVENDISH</i> ) VERDE	45
RESUMO.....	46
ABSTRACT .....	46
4.1 – INTRODUÇÃO.....	47
4.2 – MATERIAL E MÉTODOS .....	48
4.2.1 – Produção de Farinhas de Banana Verde (FBV).....	48
4.2.2 – Determinação do teor de AR nas nove farinhas de banana verde (FBV) desenvolvidas.....	49

4.2.3 – Determinação do teor de fibra alimentar .....	49
4.2.4 – Determinação do teor de compostos fenólicos .....	49
4.2.5 – Propriedades Óticas .....	50
4.2.6 – Espectroscopia de Infravermelho .....	50
4.2.7 – Espectroscopia de Raman .....	50
4.2.8 – Análises Termogravimétricas .....	50
4.2.9 – Análises Estatísticas .....	51
4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
4.3.1 – Efeito do tempo e da temperatura no teor de AR nas Farinhas e Banana Verde (FBV) elaboradas .....	51
4.3.2 – Conteúdo de Fibras e Compostos Fenólicos .....	53
4.3.3 – Propriedades Óticas .....	54
4.3.4 – Espectroscopia de Infravermelho .....	54
4.3.5 – Espectroscopia de Raman .....	56
4.3.6 – Análises termogravimétricas .....	57
4.4 CONCLUSÕES .....	59
AGRADECIMENTOS .....	59
REFERÊNCIAS .....	59
5 - CAPÍTULO IV: TEOR DE AMIDO RESISTENTE E ANÁLISE SENSORIAL DE BISCOITOS TIPO <i>COOKIE</i> ELABORADOS COM FARINHA DE SORGO E DE BANANA VERDE .....	64
RESUMO .....	65
ABSTRACT .....	65
5.1 – INTRODUÇÃO .....	67
5.2 - MATERIAL E MÉTODOS .....	69
5.2.1 – Material .....	69
5.2.2 – Preparação de biscoitos tipo <i>cookie</i> .....	70
5.2.3 – Determinação do teor de amido resistente nos seis biscoitos tipo <i>cookie</i> produzidos .....	71
5.2.4 – Testes de Consumidor .....	72
5.2.4.1 – Grupo Humano .....	72
5.2.4.2 – Testes de Aceitação .....	72
5.2.4.3 – Check All That Apply (CATA) .....	73
5.2.5 – Análise dos Dados .....	74

<b>5.3 – RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>
<b>5.3.1 – Teor de amido resistente nos seis biscoitos tipo <i>cookie</i> desenvolvidos.....</b>	<b>75</b>
<b>5.3.2 – Grupo Humano.....</b>	<b>76</b>
<b>5.3.3 – Testes de aceitação .....</b>	<b>79</b>
<b>5.3.4 –<i>Check All That Apply (CATA)</i>.....</b>	<b>83</b>
<b>5.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>87</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>
<b>CONCLUSÕES INTEGRADAS .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>95</b>



## 1 – INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é o quinto cereal mais produzido do mundo, atrás apenas do milho, arroz, trigo e cevada (FAO, 2014), e é o grão mais importante na alimentação de mais 750 milhões de pessoas na África, Ásia e América Latina (FAO, 2009). Os Estados Unidos são o maior produtor mundial, com cerca de 15 milhões de toneladas produzidas em 2015 enquanto que o Brasil, na 10ª posição, produziu quase 2 milhões de toneladas do grão no mesmo período (CONAB, 2016).

Embora na maioria dos países o sorgo seja usado principalmente, para alimentação animal (MEHMOODA, et al., 2008), estudos têm despertado o interesse no uso na alimentação humana devido às suas características nutricionais atrativas, como o elevado teor de Amido Resistente (AR) (NIBA & HOFFMAN, 2003; KHAN et al., 2013; MORAES et al., 2015).

A banana (*Musa cavendish*) – fruto tipicamente tropical – apresenta grande importância na agricultura nacional e mundial. Sua produção em 2013 ultrapassou 106 milhões de toneladas sendo quase sete milhões provenientes do Brasil, fazendo com que o país ocupasse o 4º lugar em produção (FAO, 2014). Além de ser rica em nutrientes como as vitaminas A e do complexo B e o mineral potássio (TACO 2011), este fruto, quando verde, também apresenta grandes quantidades de AR (IZIDORO et al., 2011).

O amido pode ser classificado de acordo com a velocidade em que é digerido *in vitro*, quando incubado com amilase pancreática e amiloglicosidase em temperatura de 37 °C em três categorias: rapidamente digerível, que se converte em glicose em 20 minutos; lentamente digerível, que é convertido em glicose em 120 minutos; Amido Resistente (AR), que resiste à ação das enzimas digestivas (ENGLYST, KINGMAN & CUMMINGS, 1992). O AR, por sua vez, pode ser classificado em amido fisicamente inacessível (AR<sub>1</sub>), grânulos de amido resistente (AR<sub>2</sub>) e amido retrogradado (AR<sub>3</sub>) (ENGLYST, KINGMAN & CUMMINGS, 1992).

O termo “amido resistente” foi utilizado pela primeira vez por Englyst, Wiggins e Cummings em 1982, para designar o amido não hidrolisado na incubação com  $\alpha$ -amilase e pululanase. Por ser resistente à digestão, o AR chega intacto ao intestino grosso, onde é fermentado pela microbiota intestinal (YUE & WARING, 1998).

Vários estudos *in vivo* demonstraram que o AR apresenta efeitos fisiológicos que são potencialmente benéficos à saúde, como o retardo do crescimento e/ou desenvolvimento de lesões neoplásicas no cólon (LIU E XU, 2008), Redução dos níveis de colesterol total (KIM et al., 2003; BRITES et al., 2011), controle da saciedade (WILLI et al., 2009), melhora da microbiota intestinal (RODRÍGUEZ-CABEZAS et al., 2010) além de Redução nos valores de pH fecal e melhor resposta glicêmica pós-prandial (BRITES et al., 2011).

A demanda crescente por alimentos saudáveis tem impulsionado vários estudos para o desenvolvimento de produtos com ingredientes que tragam benefícios à saúde, estimulando, por exemplo, a utilização de frutas e cereais com propriedades antioxidantes, ricos em fibras, amido resistente, entre outros (PAUCAR-MENACHO et al., 2008; KEMPKA et al., 2008; MARETI et al., 2010; COSTA et al., 2010). Diversos pesquisadores têm desenvolvido formulações de biscoitos do tipo *cookie* com o uso de ingredientes que os tornem mais saudáveis e estimulando, desta forma, o consumo de produtos com propriedades benéficas à saúde (ABDEL-MOEMIN, 2015; CHAUHAN, SAXENA & SINGH, 2015; DUTA & CULETU, 2015; HADNADEV et al., 2015; PARK, CHOI & KIM, 2015;).

Uma vez que a banana verde e o sorgo são boas fontes de AR, e estes produtos apresentam grande importância econômica mundial, justifica-se a escolha deles como fonte de AR para o desenvolvimento de um produto de amplo consumo mundial, como o *cookie*.

A hipótese desta tese é que a banana verde e o sorgo podem ser utilizados para a produção de farinhas que apresentem elevado teor de AR, mesmo após passarem por tratamentos térmicos para a sua produção ou consumo, e que, estas farinhas podem ser incorporadas em formulações de biscoito tipo *cookie*, com boa aceitação sensorial por consumidores de biscoitos.

O objetivo geral deste trabalho é estudar e utilizar farinhas de banana verde, de sorgo e suas misturas na produção de biscoitos tipo *cookies* com elevado teor de AR. Como objetivos específicos, destacam-se:

- Avaliar o teor de AR em diferentes genótipos de sorgo;
- Estudar os efeitos do tratamento térmico em um genótipo e em um híbrido de sorgo com elevado teor de AR;
- Estudar os efeitos do tempo e da temperatura na produção de farinhas de banana verde;

- Caracterizar físico-quimicamente a farinha de banana verde com maior teor de AR;
- Formular *cookies* com diferentes proporções de farinha de sorgo e de banana verde;
- Avaliar o teor de AR nos *cookies* desenvolvidos;
- Avaliar sensorialmente os *cookies* elaborados em estudos de consumidor.

Esta tese de doutorado será apresentada na estrutura de capítulos, sendo o primeiro composto por uma revisão bibliográfica a respeito dos temas aqui abordados. O capítulo II refere-se a um artigo publicado no volume 197 (Parte A) de 2016 do periódico *Food Chemistry*, a respeito do teor de AR em diferentes genótipos de sorgo e o efeito do tratamento térmico na retenção de AR em dois genótipos. O capítulo III apresentará um artigo a respeito do efeito do tempo e da temperatura de secagem nos teores de AR de farinhas de banana verde. O capítulo IV se refere a um artigo sobre a avaliação sensorial de *cookies* elaborados com farinha de banana verde e de sorgo. Por fim, será apresentada uma conclusão geral, envolvendo os três artigos apresentados.

## 2 – CAPÍTULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 –Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é o quinto cereal mais produzido no mundo (FAO, 2014), e apresenta importância como fonte de alimento para populações da África, Ásia e América Latina (FAO, 2008). O maior produtor mundial deste cereal são os Estados Unidos, com uma produção estimada, entre os anos de 2014 e 2015 de mais de 10 milhões de toneladas, seguidos do México (7 milhões de toneladas), Nigéria (6,3 milhões de toneladas), Índia (5 milhões de toneladas) e Argentina (4,2 milhões de toneladas). O Brasil ocupa a 10ª colocação, com um total de 2,4 milhões de toneladas produzidas (USDA, 2014). Sua origem está provavelmente na África, embora haja indícios de sua presença remota também na Índia. Pode ser classificado em quatro grupos: granífero, forrageiro, sacarino e vassoura. Destes, o primeiro é o de maior importância (RIBAS, 2003).

A planta de sorgo, como é conhecida atualmente, originou-se da intervenção humana, tendo sido iniciada sua domesticação há muitos anos, com registros arqueológicos por volta de 3000 A.C. Em 1857, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos lançou a primeira cultivar moderna de sorgo no mundo, obtida a partir de manipulação genética. No início do século XX, os Estados Unidos utilizaram o sorgo em larga escala para a produção de xarope ou melaço, especialmente no sul do país, devido à proximidade da região Equatorial, cujo clima favorecia seu desenvolvimento. Posteriormente, as novas tecnologias empregadas para a produção de híbridos e para maximização da lavoura permitiram a disseminação da cultura por todo o território americano, bem como a expansão a outros países, como o Brasil (RIBAS, 2007).

Segundo Duarte (2012) a planta de sorgo é capaz de se adaptar a ambientes adversos, inclusive em condições em que não há abundância hídrica, ao contrário da maioria dos outros cereais. Quando encontra estas condições, o sorgo é capaz de diminuir seu metabolismo ou até paralisar seu crescimento e, quando a água se torna novamente disponível, o crescimento e desenvolvimento são retomados. Por esta razão, considera-se que esta cultura se adapta bem em regiões onde não há distribuição regular de chuvas, e faz com sua produção possa ocorrer

mesmo em condições adversas. Ele apresenta grande potencial de produção, além de vantagens como, cobertura verde quando o solo está exposto a excesso de radiação solar e chuvas fortes; cultivo e receita adicional em período de entressafra; opção de rotação de cultura; e menor necessidade de investimento em máquinas e equipamentos quando já há outra produção no local, como a soja, por exemplo.

É possível a aquisição de sementes em condições que atendam as demandas de produção de diferentes locais, adaptando-se a várias regiões. Assim, é possível a escolha entre diferentes opções que permitem ao produtor maior eficiência de produção, de acordo com as condições de clima e solo (SANTOS & TARDIM, 2007). Alguns exemplos de híbridos comercializados entre 2007 e 2008 encontram-se na Tabela 2.1.

**Tabela 2. 1 – Híbridos de sorgo granífero comercializados nas safras 2007-2008.**

<b>Híbrido</b>	<b>Ciclo</b>	<b>Origem</b>
BRS 305 <sup>1</sup>	Médio	EMBRAPA
BRS 307	Médio	EMBRAPA
BRS 308	Médio	EMBRAPA
BR 310	Precoce	EMBRAPA
1G 150	Precoce	Dow AgroSciences
1G 200	Médio	Dow AgroSciences
1G 220	Precoce	Dow AgroSciences
740	Médio	Dow AgroSciences
741	Médio	Dow AgroSciences
822	Médio	Dow AgroSciences
8419 <sup>1</sup>	Precoce	PIONEER
85G79	Precoce	PIONEER
AG 1018	Precoce	Agrocere
AG 1020	Precoce	Agrocere
AG 1040	Precoce	Agrocere
SARA	Médio	Agrocere
DKB 510	Precoce	Dekalb
DKB 599	Precoce	Dekalb
A 6022	Precoce	SEMEALI
A 6304	Precoce	SEMEALI
A 9904 <sup>1</sup>	Precoce	SEMEALI
ESMERALDA	Precoce	SEMEALI
RANCHERO	Médio	SEMEALI
AGN 8040	Precoce	AGROMEN
SHS 400	Precoce	SANTA HELENA

Fonte: SANTOS & TARDIM, 2007

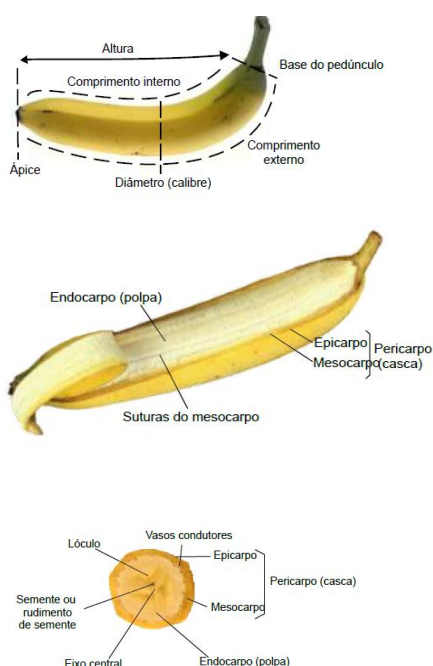
Embora com expressiva produção, na maioria dos países a utilização do sorgo concentra-se na alimentação animal (MEHMOODA et al., 2008). Contudo, as pesquisas apontam para um aumento do interesse de seu uso na alimentação humana, o que faz com que ele se torne uma fonte potencial para produção de bebidas e alimentos (TAYLOR, SCHOBBER & BEAN, 2006). Este interesse deve-se principalmente ao seu baixo custo de produção, além de suas características nutricionais, como a baixa digestibilidade de proteínas, atividade antioxidante, presença de amido resistente, fibras dietéticas e compostos bioativos, que tornam possível seu uso como um ingrediente com apelo benéfico à saúde (NIBA & HOFFMAN, 2003; DICKO et al., 2006; LEMLIOGLU-AUSTIN et al., 2012; MORAES et al., 2012; QUEIROZ et al., 2012; KHAN et al., 2013, CARDOSO et al., 2014).

## 2.2 – Banana

A banana é um fruto simples, carnosos, do tipo baga alongada e trilobular conforme apresentado na Figura 2.1 (PBMH & PIF, 2006). Os frutos de banana são o resultado do desenvolvimento partenocárpico ou polinizado dos ovários das flores femininas de uma inflorescência. O cacho da fruta é constituído por engaço, pencas, ráquis e coração (ITAL, 1985).

A bananeira é uma planta tipicamente tropical, cujo bom desenvolvimento exige calor constante, elevada umidade (>80%) e boa distribuição de chuvas (100 a 180 mm/mês). A maioria das cultivares de banana originou-se no continente asiático, embora existam centros secundários de origem na África Oriental e nas ilhas do Pacífico (DANTAS & SOARES FILHO, 2000; SILVA et al., 2006).

A palavra banana é originária das línguas serra-leonesa e liberiana (costa ocidental da África), a qual foi simplesmente incorporada pelos portugueses à sua língua (MOREIRA & CORDEIRO, 2006). Devido à sua ampla adaptação, é cultivada em quase todos os países tropicais. No Brasil, a bananeira é cultivada de norte a sul, envolvendo desde a faixa litorânea até os planaltos interioranos (DANTAS & SOARES FILHO, 2000; PBMH & PIF, 2006). O gênero *Musa sp* ocupa lugar de destaque dentro do conjunto de vegetais úteis ao homem, principalmente pelo grande valor econômico de algumas cultivares como produtoras de fruta (ITAL, 1985).



**Figura 2. 1** – Detalhamento das partes componentes do fruto da bananeira.

Fonte: (PBMH & PIF, 2006).

O agrupamento em classes garante a homogeneidade de tamanho entre frutos do mesmo lote. As classes da banana são determinadas pelo comprimento do fruto e são apresentados na Tabela 2.1 (PBMH & PIF, 2006). Na figura 2.2 encontra-se a classificação do fruto de acordo com a escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006).

**Tabela 2. 2** – Classificação segundo as classes dos frutos da bananeira

Classe	Comprimento (cm)
6	> que 6 até 9
9	> que 9 até 12
12	> que 12 até 15
15	> que 15 até 18
18	> que 18 até 22
22	> que 22 até 26
26	> que 26

Fonte: (PBMH & PIF, 2006).



**Figura 2. 2** – Classificação segundo escala de maturação de Von Loesecke dos frutos da bananeira

Fonte: PBMH & PIF, 2006.

Este fruto é também bastante nutritivo (Tabela 2.2), sendo que apenas uma unidade supre cerca de um quarto das necessidades diárias de crianças de vitamina C. Ele apresenta, também, açúcares, vitaminas A e do complexo B e minerais, especialmente potássio (EMBRAPA, 1998).

**Tabela 2. 3** – Composição centesimal da banana (*Musa Cavendish*)

Nutriente	Composição em 100g de Banana Nanica
Calorias	92 kcal
Umidade	74 %
Carboidratos	23,8 g
Proteínas	1,4 g
Gorduras Totais	0,1 g
Fibra Alimentar	1,9 g
Cálcio	3mg
Sódio	Tr
Potássio	376 mg
Fósforo	27 mg
Magnésio	28 mg
Ácido Ascórbico	5,9 mg

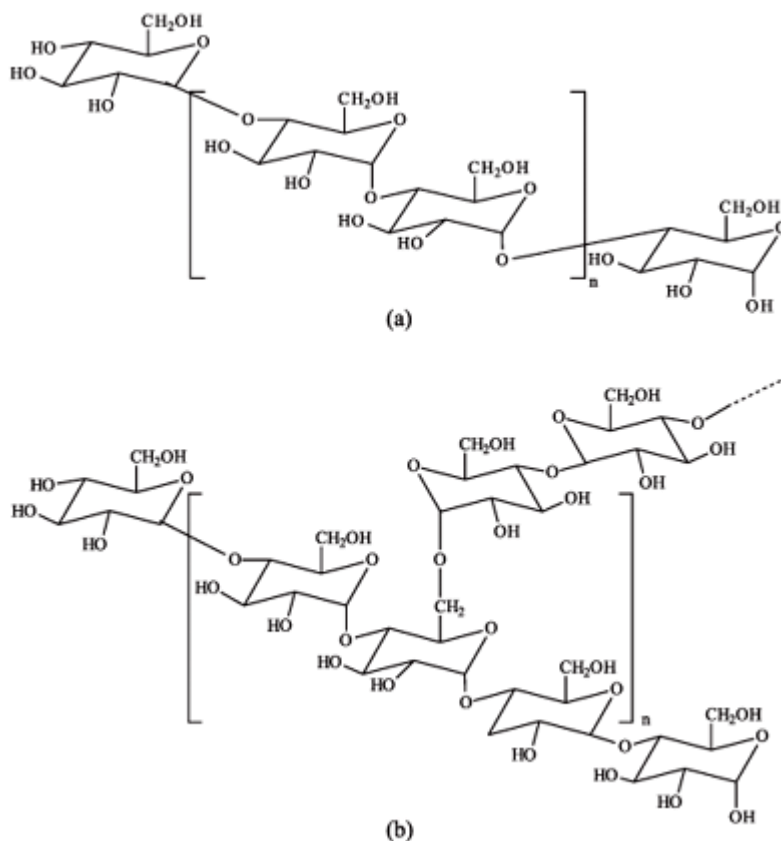
Fonte: TACO, 2011.

### 2.3 – Amido Resistente

O amido – mais importante reserva nutricional de plantas – é constituído por uma mistura de dois polissacarídeos: *amilose* e *amilopectina* (Figura 2.3). A



amilose é um polissacarídeo linear, constituído de unidades de D-glicopirranose, unidas entre si por ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$ . A amilopectina é uma fração altamente ramificada que apresenta 20 a 25 unidades de D-glicopirranose unidas em  $\alpha(1\rightarrow4)$ . Estas cadeias, por sua vez, são unidas entre si por ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$  (BOBBIO & BOBBIO, 2003).



**Figura 2. 3** – Estrutura química da amilose (a) e da amilopectina (b).

Fonte: Corradini et al., 2005.

As ligações químicas presentes no amido são susceptíveis à hidrólise por meio das enzimas digestivas do trato gastrointestinal humano, o que faz com que o amido seja potencialmente digerível. Entretanto, estudos da década de 80 relataram que uma parte do amido poderia ser resistente à ação destas enzimas. O termo “amido resistente” foi utilizado pela primeira vez por Englyst et al., em 1982 para designar o amido não hidrolisado na incubação com  $\alpha$ -amilase e pululanase. Por ser resistente à digestão, o AR chega intacto ao intestino grosso, onde é fermentado pela microbiota intestinal (YUE & WARING, 1998).

De acordo com a velocidade em que é digerido *in vitro*, quando incubado com amilase pancreática e amiloglicosidase, em temperatura de 37°C, o amido pode

ser classificado em: rapidamente digerível, que se converte em glicose em 20 minutos; lentamente digerível, que é convertido em glicose em 120 minutos; e amido resistente (AR), que resiste à ação das enzimas digestivas (ENGLYST et al., 1992)

O AR, por sua vez, pode ser classificado em amido fisicamente inacessível (AR<sub>1</sub>), grânulos de amido resistente (AR<sub>2</sub>) e amido retrogradado (AR<sub>3</sub>) (ENGLYST et al., 1992). O AR<sub>1</sub> refere-se ao amido cuja forma física pode impedir o acesso da amilase pancreática. Isso pode ocorrer se o amido estiver contido em uma estrutura inteira ou parcialmente rompida da planta, como nos grãos; se as paredes celulares rígidas inibirem o seu intumescimento e dispersão, como nos legumes; ou por sua estrutura densamente empacotada, como no macarrão tipo espaguete. O AR<sub>2</sub> refere-se à forma como o grânulo de amido encontra-se no alimento – A, B ou C. As cadeias externas relativamente curtas das moléculas de amilopectina de cereais (menos de 20 unidades de glicose) favorecem a formação de polimorfos cristalinos tipo A. Já as cadeias externas maiores das moléculas de amilopectina de tubérculos (mais de 22 unidades de glicose) favorecem a formação de polimorfos tipo B, encontrados também na banana, em amidos retrogradados e em amidos ricos em amilose. Por sua vez, o polimorfo tipo C é considerado um intermediário entre os tipos A e B, sendo característico de amido de legumes e sementes. Os grânulos dos tipos B e C tendem a ser mais resistentes à digestão enzimática. Já o AR<sub>3</sub> refere-se ao amido que sofreu processo de retrogradação, formando uma estrutura parcialmente resistente (ENGLYST et al. 1992).

O sorgo é uma importante fonte de AR (KHAN et al., 2013; MORAES et al., 2015, TEIXEIRA et al., 2016). Segundo Da Cruz et al. (2015), o grânulo de amido do sorgo apresenta tanto como uma forma poliédrica irregular quanto como uma forma esférica. Esta estrutura parece não ser modificada pelo aquecimento e armazenamento dos grãos. A estrutura cristalina apresentada pelo amido deste cereal é o do tipo A, que é mais compacta e cristalina que as do tipo B e C, porém, menos resistente à digestão. A secagem em temperaturas de 45 e 65 °C foram capazes de reduzir a cristalinidade dos grânulos de amido do sorgo.

Outra importante fonte de AR na natureza é a banana verde. Cerca de 50% do amido presente na banana verde é constituído de AR (LAJOLO, 2001). Em estudo com farinha de banana verde, Ramos, Leonel e Leonel (2009) obtiveram teores variando entre 10 e 40,25% de AR, sendo que o cultivar “Nam” foi o que apresentou maior quantidade. Izidoro et al., (2010) também observaram altos teores

de AR em amido de banana verde – entre 60 e 80%. Neste fruto o AR se encontra na forma AR<sub>2</sub>, polimorfo tipo B (ENGLYST et al., 1992; ALMEIDA, 2009), que mostra-se mais resistente à digestão que o polimorfo cristalino do tipo A, de acordo com Jiang et al. (2015). Ainda segundo estes mesmos autores, a estrutura do grânulo de amido de banana verde se apresenta irregular, com forma compacta e alongada e relativamente grande. Possivelmente devido à sua superfície de contato, grânulos de amido grandes são mais resistentes à digestão.

A estrutura de macromoléculas pode ser observada por meio de espectroscopia na região do Infravermelho e de Raman. Estas análises podem apresentar informações a respeito de grupos químicos presentes em amostras estudadas, indicando, por exemplo, alterações de cristalinidade (FLORES-MORALES, JIMÉNEZ-ESTRADA & MORA-ECOBEDO, 2012). Wang et al. (2014) obtiveram espectros de infravermelho de bananas em cinco estágios de maturação diferentes. Embora o teor de AR tenha caído ao longo do amadurecimento, estes autores observaram espectros de infravermelhos muito similares, indicando que as características dos grupos químicos presentes no AR não foram afetados pelo processo de amadurecimento. Bandas típicas de grupos presentes no amido, como: 3400 cm<sup>-1</sup> para grupos OH; 2800 cm<sup>-1</sup> para CH<sub>2</sub>; 1600 cm<sup>-1</sup> para COO<sup>-</sup>; e 620 cm<sup>-1</sup> para esqueleto de piranose, podem ser observadas para a banana verde. Estudo de Raman em banana verde não são descritos na literatura, mas de acordo com Flores-Morales, Jiménez-Estrada & Mora-Ecobedo (2012), esta metodologia permite observar bandas próximas a 2900, 856 e 477 cm<sup>-1</sup> ligadas à amilose e amilopectina.

A análise termogravimétrica permite observar a perda de massa por meio da volatilização dos compostos com o aumento de temperatura da amostra. A decomposição de macromoléculas normalmente ocorre em três etapas distintas; inicialmente há perda de água em temperaturas próximas a 100 °C; em temperaturas ligeiramente abaixo de 300 °C pode ocorrer a volatilização de macromoléculas, como a amilose e a amilopectina no amido. Por fim, após o aquecimento a temperaturas de até 500 °C apenas o resultado da calcinação total da amostra é observado (LIU et al., 2008, LONDONO-RESTREPO et al., 2014 e LOPEZ et al., 2015).

O método de determinação de AR *in vitro* baseia-se na incubação das amostras em banho a 37°C, com agitação interna na presença das enzimas α-amilase e amiloglicosidase por 16 horas, para solubilização e hidrólise do AR. O fim

da reação se dá com a adição de etanol, e posteriormente, o AR é removido por centrifugação. O *pellet* formado é dissolvido em hidróxido de potássio e neutralizado com solução tampão de acetato. O AR é então, quantitativamente hidrolisado em glicose com amiloglucosidase. O teor de glicose é mensurado com reagente glicose oxidase/peroxidase por meio de espectrofotometria com leitura em comprimento de onda de 510nm (AACC, 2000).

Vários estudos *in vivo* demonstram que o AR apresenta efeitos fisiológicos que são potencialmente benéficos à saúde. Durante a fermentação do AR no intestino, ocorre a produção de ácidos graxos de cadeia curta, especialmente o butirato, que contribui para a saúde do cólon, ao desfavorecer o crescimento de células cancerígenas devido à redução do pH no intestino grosso. Após revisar trabalhos que investigaram a ação do AR, Pereira (2007) afirma que o AR apresenta uma ação benéfica superior a fibras alimentares, uma vez que leva à maior produção de butirato, e menor desconforto, devido à sua fermentação lenta, que não favorece a formação elevada de gases.

Liu e Xu (2008), baseado em estudo com ratos, sugerem que a administração de AR pode retardar o crescimento e ou desenvolvimento de lesões neoplásicas no cólon na fase de promoção, e este efeito é diretamente dependente da dose de AR oferecida, sendo que os melhores resultados foram obtidos nas maiores doses, com um máximo observado com a dose de 22,8 g de AR por kg de peso do animal. Neste mesmo estudo, os autores observaram que o ganho de peso total durante o experimento foi significativamente ( $p < 0,05$ ) menor em animais alimentados com dieta rica em AR, mesmo não tendo havido diferença significativa em relação ao consumo alimentar dos grupos estudados.

Em estudo sobre o efeito do consumo de amido resistente de milho e arroz por ratos com diabetes induzida, Kim et al. (2003) observaram Redução dos níveis de colesterol total nos animais alimentados com AR em relação ao grupo controle. Eles também observaram que o AR foi capaz de reduzir os elevados teores de lipídeos no sangue nos ratos diabéticos. O AR do arroz foi capaz de reduzir o teor de colesterol do fígado dos animais estudados, enquanto que as duas fontes de AR levaram à Redução do tempo de trânsito intestinal dos ratos.

Brites et al. (2011) estudaram a resposta glicêmica pós-prandial em ratos alimentados com pães enriquecidos com AR de milho. Os autores também observaram Redução de colesterol total nos ratos alimentados com pão enriquecido

com AR. Além disso, nesse mesmo estudo, o grupo de animais alimentado com AR apresentou Redução nos valores de pH fecal e melhor resposta glicêmica pós-prandial. Os resultados obtidos sugeriram que a adição de AR ao pão foi capaz de reverter o efeito da insulina tradicionalmente observado após a ingestão dos pães brancos tradicionais. Caso estes efeitos sejam confirmados em humanos, este produto teria um forte apelo saudável para consumo regular.

Johnston et al. (2010) demonstraram que uma dieta rica em AR, obtida a partir de suplementação, foi capaz de melhorar a sensibilidade à insulina em indivíduos saudáveis. Além disso, estes autores afirmam que a substituição de farinha refinada por farinhas com alto teor de AR na dieta teria um efeito direto não só na melhoria da sensibilidade à insulina, mas também, na diminuição do desenvolvimento de *diabetes melitus* tipo 2 na população.

O AR também está relacionado ao controle de saciedade. Em bolos adicionados de diferentes fontes de fibras (farelo de milho, cevada, aveia, polidextrose e AR), Willis et al. (2009) observaram que o adicionado de AR e aquele com farelo de milho em sua composição apresentaram melhores resultados que os demais, sendo capaz de manter a saciedade por até 180 minutos. Este estudo demonstrou que os diferentes tipos de componentes não digeríveis avaliados agem de maneira diferente no controle da saciedade, sendo importante, portanto, fazer diferenciação entre eles. Por outro lado, mesmo com diferentes efeitos, a combinação de fontes de componentes não digeríveis pode apresentar implicações positivas no organismo. Em combinação com o prebiótico frutooligosacarídeo (FOS), o AR foi capaz de modificar a microbiota intestinal de ratos, com aumento de lactobacilos e de bifidobactérias no intestino, melhorando seus efeitos benéficos à saúde (RODRÍGUEZ-CABEZAS et al., 2010).

Alguns estudos têm associado o consumo de AR ao controle da obesidade e fatores a ela relacionados. Higgins et al. (2011) observaram que, independente da prática de atividade física, o consumo de amido resistente mostrou-se uma boa estratégia para manutenção e perda de peso em estudo com ratos. Em outro estudo com ratos, foi demonstrado que uma alimentação com alto teor de AR reduziu a síntese total de gordura em tecido adiposo branco em relação a uma dieta com elevada quantidade de amido digerível. Os autores sugerem que essa diminuição na síntese lipídica pode contribuir efetivamente para o controle do

tamanho de células de gordura a longo prazo, com importantes implicações no tratamento e controle da obesidade (HIGGINS et al., 2004).

## 2.4 Biscoitos tipo *Cookies*

A legislação brasileira, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em sua Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005, define biscoitos ou bolachas como “os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos” (BRASIL, 2005). A Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA) nº12, de 1978 destaca, ainda, que as matérias primas utilizadas para a produção de biscoitos devem ser limpas, isentas de matéria terrosa, parasitos e estar em perfeito estado de conservação. Biscoitos ou bolachas mal cozidos, queimados ou com características sensoriais anormais devem ser rejeitados. Substâncias corantes não são permitidas, exceto nos revestimentos e recheio açucarados. A resolução afirma, ainda, que, após assada, a massa deve ter aspecto torrado, cor, cheiro e sabor próprios (BRASIL, 1978)

A Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI, 2016) relata em 2015 um consumo *per capita* de 8,47 kg de biscoito por ano, quase metade do total de pão francês consumido (19 kg/ano). Este valor era de 7,18 kg/ano em 2010, mostrando uma crescente importância deste produto. Em 2015 foram comercializados 1.732,013 toneladas de biscoitos, sendo mais de 31 mil toneladas de biscoitos tipo *cookie*.

*Cookies* são biscoitos tipicamente americanos, caracterizados por serem pequenos produtos assados, açucarados à base de cereais (AACC, 2008, MILLER, 2016).

A demanda crescente por alimentos saudáveis tem impulsionado vários estudos para o desenvolvimento de produtos com ingredientes que tragam benefícios à saúde, como o AR (PAUCAR-MENACHO et al., 2008; KEMPKA et al., 2008; MARETI et al., 2010; COSTA et al., 2010). Diversos pesquisadores têm desenvolvido formulações de biscoitos do tipo *cookie* com o uso de ingredientes que os tornem mais saudáveis e permitam o consumo de produtos com propriedades

benéficas à saúde (PARK, CHOI e KIM, 2015; CHAUHAN, SAXENA e SINGH, 2015). Hadnadev et al. (2015) desenvolveram *cookies* com substituição de gordura por emulsões de óleo em água. Embora a amostra controle, feita sem substituição de gordura por emulsão tenha apresentado médias de aceitação significativamente ( $p < 0.05$ ) maiores que os *cookies* experimentais, todos os produtos ficaram na área de aceitação da escala hedônica usada. Abdel-Moemin (2015) produziu *cookies* com elevado teor de ômega 3 por meio da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de ossos de peixe, e eles apresentaram boa aceitação sensorial. Duta e Culetu (2015) avaliaram *cookies* sem glúten com utilização de farelo de aveia, e todos apresentaram médias de aceitação global na área de aceitação da escala hedônica usada. *Cookies* produzidos com amido de banana verde foram estudados por Aparicio-Saguilán et al. (2007). Este produto foi bem aceito e não apresentou diferença significativa de aceitação em relação a um *cookie* padrão produzido a partir de farinha de trigo.

### **3 - CAPITULO II: TEOR DE AMIDO RESISTENTE EM DIFERENTES GENÓTIPOS DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR*) E O EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RETENÇÃO DE AMIDO RESISTENTE EM DOIS GENÓTIPOS**

#### **Artigo publicado em 20/10/2015 (ANEXO I)**

Food Chemistry 197 (2016) 291–296, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.10.099

Natália de Carvalho Teixeira<sup>a,b</sup>, Valéria Aparecida Vieira Queiroz<sup>e</sup>, Maria Clara Rocha<sup>c</sup>, Aline Cristina Pinheiro Amorim<sup>a,b</sup>, Thayana Oliveira Soares<sup>b</sup>, Marlene Azevedo Magalhães Monteiro<sup>d</sup>, Cícero Beserra de Menezes<sup>e</sup>, Robert Eugene Schaffert<sup>e</sup>, Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia<sup>b</sup>, Roberto Gonçalves Junqueira<sup>a,b\*</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, 31270-010, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>b</sup>Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>c</sup>Departamento de Alimentos, Universidade Federal de São João del Rei, Sete Lagoas, MG, Brasil.

<sup>d</sup>Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>e</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil.

\*Autor de correspondência: Tel.: +55-031-3409-6913, Fax: +55-031-3409-6989

E-mail: rjunqueira@ufmg.br (R.G. Junqueira)



## RESUMO

O teor de amido resistente (AR) em 49 genótipos de sorgo e os efeitos do tratamento térmico usando calor úmido e calor seco em dois diferentes genótipos foram avaliados. Os resultados demonstraram grande variação nos teores de AR nos genótipos analisados. Os teores médios de AR foram agrupados em seis grupos distintos e variaram de  $0,31 \pm 0,33$  g/100 g a  $65,66 \pm 5,6$  g/100 g de AR em sorgo expressões em base seca. O calor seco causou menores perdas de AR, com retenção de até  $97,19 \pm 1,92\%$ , enquanto que o calor úmido reteve, no máximo,  $6,98 \pm 0,43\%$  de AR. Os cultivares SC 59 e (SSN76)FC6608 VERMELHO KAFIR BAZINE (ASA N23), que apresentaram os teor médio de AR de  $65,51$  g/100 g foram considerados apropriados para consumo humano, e o uso de calor seco foi uma melhor alternativa para a preservação do AR em grãos tratados termicamente.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*, amido resistente, calor úmido e calor seco.

## ABSTRACT

The resistant starch (RS) contents in 49 sorghum genotypes and the effects of heat treatment using dry and wet heat on the grain and flour from two sorghum genotypes were investigated. The results showed a wide variation in the RS contents of the genotypes analysed. The RS mean values were grouped into six distinct groups and ranged from  $0.31 \pm 0.33$  g/100 g to  $65.66 \pm 5.46$  g/100 g sorghum flour on dry basis. Dry heat causes minor losses in the RS content with retentions of up to  $97.19 \pm 1.92\%$  of this compound, whereas wet heat retained at most  $6.98 \pm 0.43\%$  of the RS. The SC 59 and (SSN76)FC6608 VERMELHO KAFIR BAZINE (ASA N23) cultivars, which have an average RS content of  $65.51$  g/100 g, were appropriate for human consumption, and the use of dry heat is presented as a better alternative for the preservation of RS in heat-treated grains.

**Key-words:** *Sorghum bicolor*, resistant starch, wet heat, dry heat

### 3.1 – INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é o quinto cereal mais produzido no mundo, atrás apenas do milho, arroz, trigo e cevada (FAO,2014), e é um dos mais importantes grãos para mais de 750 milhões de pessoas na África, Ásia e América Latina (FATO, 2008). Sua origem mais provável é na África, embora haja indícios de sua presença remota na Índia. O sorgo pode ser classificado em quatro grupos: granífero, sacarino, vassoura e forrageiro (RIBAS, 2003).

Embora a produção de sorgo seja muito importante, na maioria dos países o sorgo é usado principalmente na alimentação animal (MEHMOODA et al., 2008). Contudo, estudos demonstram o crescimento no interesse para uso na alimentação humana, o que faz do sorgo uma fonte potencial para produção de bebidas e alimentos. Este interesse se deve, principalmente, devido ao seu baixo custo de produção e características nutricionais, incluindo baixa digestibilidade de proteínas (LEMLIOGLU-AUSTIN et al., 2012), atividade antioxidante (CARDOSO et al., 2014), presença de amido resistente (AR) (NIBA & HOFFMAN, 2003), fibras alimentares (DICKO et al., 2006) e compostos bioativos (KHAN et al, 2003), o que torna possível seu uso como ingrediente funcional.

O termo “amido resistente” foi usado pela primeira vez por Englyst, Wiggins e Cummings (1982) para designar o amido que não era hidrolisado durante a incubação com enzimas digestivas. Para ser considerado resistente à digestão, o amido precisa chegar intacto ao intestino grosso, onde é fermentado pela microbiota intestinal (YUE & WARING, 1998). Por isso, seus efeitos podem ser comparados aos das fibras alimentares.

Vários estudos *in vivo* demonstraram que o AR tem efeitos fisiológicos que o tornam benéficos à saúde: Liu & Xu (2008), baseados em um estudo com ratos, sugeriram que a administração de AR pode reduzir o crescimento e/ou o desenvolvimento de lesões neoplásicas no cólon; em estudo sobre o efeito do consumo de AR de milho e arroz por ratos com diabetes induzida, Brites et al. (2011) observaram Redução dos níveis totais de colesterol em ratos alimentados com pães enriquecidos com AR. Além disso, no mesmo estudo, o grupo de animais alimentados com AR apresentou Redução do pH fecal e melhor resposta glicêmica pós-prandial. Um estudo de Shen et al. (2015) avaliou os efeitos do AR de sorgo no

peso corporal, lipídeos sanguíneo e microbiota intestinal no cólon de ratos com sobrepeso e obesidade alimentados com uma dieta rica em lipídeos. O AR foi obtido por meio de aquecimento do sorgo em autoclave, seguido de resfriamento e hidrólise do amido não resistente (ANR) por meio de  $\alpha$ -amilase. O sedimento foi, então separado por centrifugação, lavado e seco. Os resultados indicaram que o AR de sorgo auxiliou a prevenção de tratamento de obesidade por vários mecanismos, incluindo a síntese e secreção de leptina e adiponectina, além do aumento na microbiota intestinal.

Willis et al. (2009) afirmaram que bolos feitos usando diferentes fontes de fibras e produtos adicionados de AR foram capazes de manter a saciedade por maior período (até 180 minutos) que aqueles feitos de amido de milho, aveia, batatas e polidextrina.

Apesar de toda esta importância, há poucos estudos relacionando o teor de AR em grãos de sorgo, e aqueles que existem (MKANDAWIRE et al., 2013) não mostram a variabilidade entre diferentes genótipos ou os efeitos do tratamento térmico na retenção de AR.

Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o teor de AR em genótipos de sorgo com potencial para uso em programas de melhoramento genético a fim de desenvolver variedades de sorgo que possam ser usadas como ingredientes que tragam benefícios à saúde. Além disso, este estudo determinou a influência de tratamentos térmicos na retenção de AR em genótipos de sorgo com elevado teor de AR.

## **3.2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 – Amostras**

Amostras de grãos de 49 genótipos de sorgo (Tabela 3.1) foram selecionadas de um painel de elevada variabilidade genética pertencente à coleção do Programa de Melhoramento Genético de Sorgo da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Milho e Sorgo, localizado em Nova Porteirinha, MG, em junho de 2010. As parcelas experimentais foram compostas por duas fileiras de três metros, com espaçamento de 0,50 metros entre linhas. A adubação de plantio

consistiu na aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 (NPK). A colheita dos experimentos ocorreu em outubro de 2010.

**Tabela 3. 1 – Cor do pericarpo e origem dos 49 genótipos de sorgo avaliados**

Genótipo	Cor do Pericarpo	Origem	Genótipo	Cor do Pericarpo	Origem
SC6	Marrom	Etiópia	01MN1589-B	Bronze	Estados Unidos da América
ATF 14B	Bronze	s/i	SC53	Vermelho	Sudão
SC1038	Amarelo	Etiópia	Lian Tang A	Marrom	China
P898012	Cinza	Estados Unidos da América	SC323	Cinza	Sudão
B.Tx626	Vermelho	Estados Unidos da América	(SN149)SA7000 CAPROCK (ASA N°88) Tx7000	Bronze	Estados Unidos da América
SC562	Vermelho	Sudão	SC115	Marrom	Uganda
R.Tx431	Bronze	Estados Unidos da América	SC108	Vermelho	Etiópia
SC391	Amarelo	Egito	SC1201	Marrom	s/i
SC964	Marrom	Uganda	N268B	Bronze	Estados Unidos da América
P-721	Creme	Estados Unidos da América	SC42	Marrom	Etiópia
LG70	Vermelho	Estados Unidos da América	SC49	Marrom	Sudão
SC1356	Bronze	Sudão	ATF 13B	Bronze	s/i
SC1158	Bronze	Etiópia	SC648	Marrom	África do Sul
B.TX399	Amarelo	Estados Unidos da América	SC63	Vermelho	Sudão
SC566	Bronze	Nigéria	SC325	Marrom	Estados Unidos da América
EBA-3	Amarelo	s/i	BR007B	Vermelho	s/i
TX2911	Vermelho	Estados Unidos da América	SC672	Marrom	Zimbábue
SC135	Marrom	Etiópia	R.Tx2783	Vermelho	Estados Unidos da América
SC320	Creme	Chade	SC1328	Marrom	Sudão
sc467	Vermelho	Índia	SC655	Marrom	África do Sul
CSM-63	Cinza	Mali	B.AZ9504	Marrom	Estados Unidos da América
(SN142)SA386 VERMELHOBINE-60 (ASA N98)	Bronze	s/i	SC319	Marrom	Uganda
SC725	Marrom	Japão	(SSN76)FC6608 VERMELHO KAFIR BAZINE (ASA N23)	Vermelho	Estados Unidos da América
B.DLO357	Vermelho	Estados Unidos da América	SC 59	Marrom	Sudão

Os grãos de sorgo foram obtidos de uma plantação em um campo com três repetições. Uma amostra composta foi criada, para cada genótipo, com grãos destas três repetições. Desta amostra composta, três replicatas foram tomadas para as análises de laboratório.

Uma vez colhidas, as sementes foram enviadas à Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas, Minas Gerais, onde elas foram armazenadas em uma câmara fria a  $10 \pm 2$  °C. Os grãos foram moídos por 30 segundos em um moinho Wiley IKA A11 Basic (Staufen, Alemanha) antes da análise.

### **3.2.2 – Determinação do teor de Amido Resistente**

A quantificação do teor de AR foi realizada de acordo com o método certificado pela AACC (2001) e AOAC (2002) usando o kit de AR fornecido pela Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Irlanda. Inicialmente, foi realizada a hidrólise enzimática do ANR por meio da ação simultânea de  $\alpha$ -amilase pancreática (10 mg/mL) e amiloglicosidase (3 U/mL) incubando-se a amostra por 16 h a 37 °C. Em seguida, o ANR foi separado por centrifugação, e o pellet contendo o AR foi purificado com etanol e solubilizado com KOH 2 mol/L. A concentração de AR foi mensurada a 510°nm, e o conteúdo foi expresso como g/100 g de farinha de sorgo em base seca. Os resultados foram obtidos em triplicata analítica e foram apresentados como a média  $\pm$  o desvio padrão.

### **3.2.3 – Efeito do processamento no teor de amido resistente em dois genótipos de sorgo**

Para verificar o efeito do processamento térmico no teor de AR em sorgo, o genótipo SC 59 e o híbrido BR 305 foram plantados em junho de 2014. Estas amostras foram selecionadas por apresentarem os maiores teores de AR entre os 49 genótipos de sorgo estudados (presente trabalho) e entre grãos de sorgo híbridos (dados não publicados). As sementes foram plantadas no campo experimental da Embrapa – Milho e Sorgo (Nova Porteirinha, MG, Brasil). As parcelas experimentais

foram compostas por duas fileiras de três metros, com espaçamento de 0,50 metros entre linhas. A adubação de plantio consistiu na aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 (NPK). A colheita dos experimentos ocorreu em outubro de 2013. Uma vez colhidas, as amostras foram enviadas para a Embrapa – Milho e Sorgo em Sete Lagoas, Minas Gerais, e foram submetidas aos seguintes tratamentos: CRU – Grãos crus: os grãos foram moídos como recebidos, sem nenhum tratamento térmico; GCZ – Grãos cozidos (calor úmido): 20 g de grãos de sorgo foram submetidos à ebulição em 200 mL de água por 1 h em uma placa aquecedora. Os grãos foram secos em um forno por 2 dias a 65°C e foram moídos após resfriamento; FCZ – Farinha cozida (calor úmido): 20°g de farinha crua foi misturada a 100°mL de água e cozida em uma placa aquecedora por 8 minutos. EM seguida, as amostras foram secas em um forno por 4 horas a 65 °C; GAS – Grãos assados (calor seco): 20 g de grãos foram assados em um forno elétrico a 180 °C por 15 minutos e foram moídos após resfriamento; FAZ – Farinha assada (calor seco): 20 g de farinha foram assados em um forno elétrico a 180 °C por 15 minutos e foram moídos após resfriamento. Após a moagem realizada em moinho IKA A11 (Staufen, Alemanha) por 30 segundos, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos sob refrigeração.

O teor AR foi determinado de acordo com a metodologia descrita na sessão 3.2.2. O cálculo da retenção aparente de AR foi realizado de acordo com a equação proposta por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004):

$$\text{Retenção aparente (\%)} = \frac{\text{AR no alimento processado (g/100g)}}{\text{AR no alimento não - processado (g/100g)}} \times 100$$

#### **3.2.4 – Análise Estatística**

Análise de Variância (ANOVA) foi realizada para o teor de AR dos 49 genótipos analisados, considerando um delineamento completamente randomizado com três repetições. A significância do contrastes entre as médias foi verificada por meio do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, usando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

No estudo do efeito do processamento no teor de AR de dois genótipos de sorgo, foi realizada análise de variância (ANOVA) considerando um fatorial 2 x 5 completamente aleatorizado (genótipo x tratamentos) com três replicatas. A significância do contraste entre as médias foi verificada por meio de teste de Tukey a 5% de probabilidade usando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### **3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.3.1 – Teor de Amido Resistente em 49 genótipos de sorgo**

Houve grande variação no teor de AR dos 49 genótipos de sorgo; suas médias foram divididas em seis grupos usando o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3.2). O método usado na análise foi capaz de detectar desde teores muito baixos a teores muito elevados de AR, com valores variando de  $0,31 \pm 0,33$  a  $65,66 \pm 5,46$  g/100 g.

De acordo com a frequência de distribuição (Figura 3.1), o intervalo modal é o Grupo c, que apresentou teores de AR entre 12,71 g/100 g e 20,31 g/100 g. Os grupos com maiores teores de AR apresentaram os menores números de genótipos. Os 10 genótipos no Grupo a apresentaram os menores teores de AR, variando de 0,31 g/100 g a 3,86 g/100 g. Este grupo apresentou melhor potencial para uso em alimentação animal, uma vez que alto conteúdo de amido não digerível é uma característica indesejável para o ganho de peso dos animais.

Por outro lado, os produtos com elevados teores de amidos indigeríveis apresentam elevada demanda de consumo humano. Os genótipos do grupo f, com teores de AR variando de 65,36 a 65,65 g/100 g, são altamente recomendados para uso em produtos para alimentação humana com benefícios à saúde.

Em um estudo realizado por Niba et al. (2003), o teor de AR observado em sorgo sem tratamento térmico foi de  $6,46 \pm 2,0$  g/100 g, enquanto que Saravanabavan, Shivanna e Bhattacharya (2013) observaram valores entre 3,4 e 4,3 g/100 g de AR em três variedades de sorgo (pipoca, maldandi e vermelho) não processados.

Nos estudos citados acima, o teor de AR não alcançou o maior valor observado no presente estudo, demonstrando seu potencial para a nutrição humana.

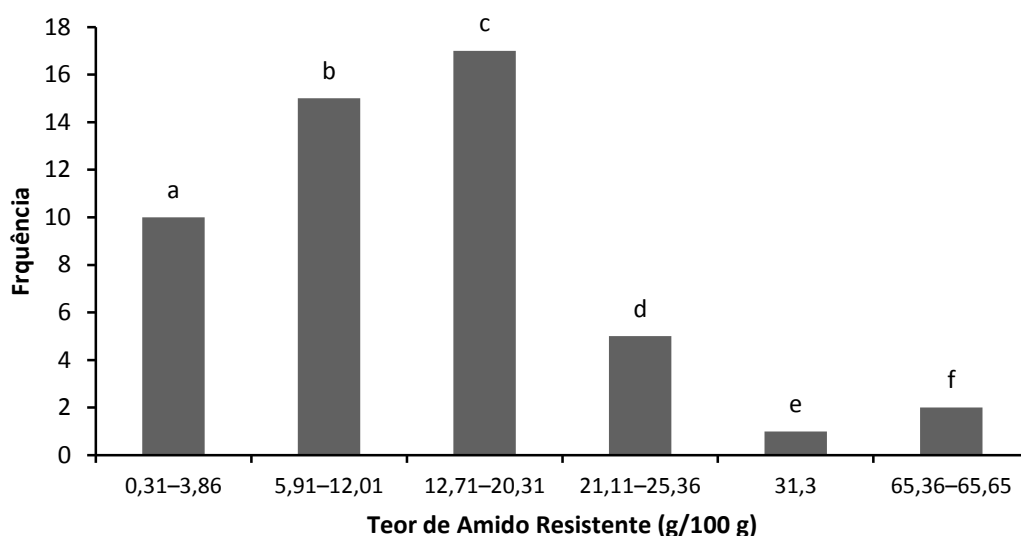
Ragae, Abdel-Aal e Noaman (2006) observaram teores de AR de  $1,77 \pm 0,02$  g/100 g em grãos de sorgo. Khan et al. (2013) observaram teores de AR de  $0,42 \pm 0,06$  g/100 g,  $2,21 \pm 0,06$  g/100 g e  $2,95 \pm 0,15$  g/100 g em farinha de trigo, farinha de sorgo branco e farinha de sorgo vermelho, respectivamente, indicando que a porção de amido indigerível do sorgo é maior que do trigo. Apenas 6% das amostras do presente estudo apresentaram teor de AR menor que da farinha de sorgo vermelho do estudo de Khan et al. (2013).

**Tabela 3. 2 – Teor de Amido Resistente (g/100 g) em diferentes genótipos de sorgo**

<b>Genótipos</b>	<b>Amido Resistente (g/100 g)</b>	<b>Genótipos</b>	<b>Amido Resistente (g/100 g)</b>
SC6	0,31±0,33 <sup>a</sup>	01MN1589-B	12,71±2,93 <sup>c</sup>
ATF 14B	0,69±0,25 <sup>a</sup>	SC53	12,88±1,97 <sup>c</sup>
SC1038	0,97±0,12 <sup>a</sup>	Lian Tang A	12,88±2,67 <sup>c</sup>
P898012	3,29±0,49 <sup>a</sup>	SC323	14,58±4,04 <sup>c</sup>
B.Tx626	3,34±0,19 <sup>a</sup>	(SN149)SA7000 CAPROCK (ASA N°88) Tx7000	14,78±1,45 <sup>c</sup>
SC562	3,35±2,02 <sup>a</sup>	SC115	15,54±4,59 <sup>c</sup>
R.Tx431	3,40±1,19 <sup>a</sup>	SC108	15,58±1,18 <sup>c</sup>
SC391	3,57±0,05 <sup>a</sup>	SC1201	16,45±0,93 <sup>c</sup>
SC964	3,82±0,63 <sup>a</sup>	N268B	16,58±1,37 <sup>c</sup>
P-721	3,86±0,85 <sup>a</sup>	SC42	16,76±3,81 <sup>c</sup>
LG70	5,91±0,90 <sup>b</sup>	SC49	17,34±0,66 <sup>c</sup>
SC1356	6,26±2,72 <sup>b</sup>	ATF 13B	18,12±6,15 <sup>c</sup>
SC1158	6,55±0,44 <sup>b</sup>	SC648	18,12±4,34 <sup>c</sup>
B.TX399	6,80±1,30 <sup>b</sup>	SC63	18,19±5,66 <sup>c</sup>
SC566	6,93±3,09 <sup>b</sup>	SC35	19,29±4,81 <sup>c</sup>
EBA-3	7,22±1,80 <sup>b</sup>	BR007B	20,13±2,81 <sup>c</sup>
TX2911	7,39±2,13 <sup>b</sup>	SC672	20,31±7,09 <sup>c</sup>
SC135	7,69±3,98 <sup>b</sup>	R.Tx2783	21,46±2,20 <sup>d</sup>
SC320	7,76±2,92 <sup>b</sup>	SC1328	23,69±0,67 <sup>d</sup>
sc467	8,02±1,19 <sup>b</sup>	SC655	25,16±1,25 <sup>d</sup>
CSM-63	8,88±5,27 <sup>b</sup>	B.AZ9504	25,36±4,51 <sup>d</sup>
(SN142)SA386			
VERMELHOBINE-60 (ASA N98)	9,19±0,53 <sup>b</sup>	SC319	31,30±1,72 <sup>e</sup>
SC725	10,04±2,89 <sup>b</sup>	(SSN76)FC6608 VERMELHO KAFIR	65,36±5,48 <sup>f</sup>
B.DLO357	11,57±0,87 <sup>b</sup>	BAZINE (ASA N23)	
Dorado	12,01±6,24 <sup>b</sup>	SC 59	65,65±2,93 <sup>f</sup>

\* Os teores de amido resistente (g/100 g) são os valores médios  $\pm$  desvio padrão de três resultados. Diferentes letras sobrescritas (a-f) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido resistente, determinadas usando o teste Scott-Knott.





**Figura 3. 1** – Frequência de distribuição do teor de amido resistente em 49 genótipos de sorgo.

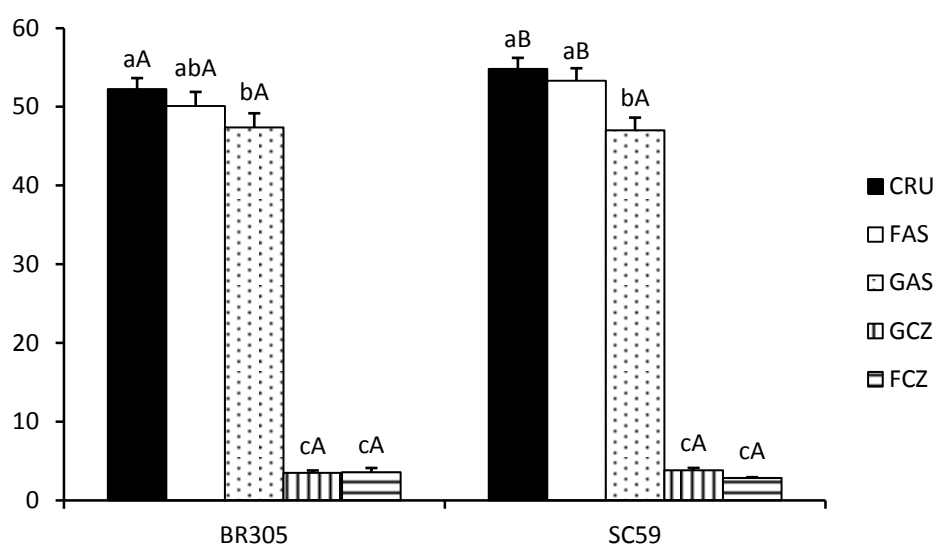
Diferentes letras sobrescritas (a-f) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as medias de valores de amido resistente, determinadas usando o teste Scott-Knott.

### 3.3.2 – Efeitos do processamento do teor de amido resistente em genótipos de sorgo

Os teores de AR dos dois genótipos submetidos a diferentes tratamentos térmicos são apresentados na Figura 3.2. O teor de AR observado para o genótipo SC 59 cru foi maior ( $p < 0,05$ ) que o observado para o híbrido BR 305. Entretanto, os cultivares apresentaram teores de AR semelhantes após o processamento. O tipo de sorgo não influenciou ( $p > 0,05$ ) o efeito do processamento do teor de AR, exceto para o tratamento FAS. O tratamento CRU apresentou os níveis mais elevados de AR para ambos os genótipos BR 305 ( $52,26 \pm 1,38$  g/100 g) e SC 59 ( $54,83 \pm 1,38$  g/100 g), seguidos do tratamento FAS ( $50,11 \pm 1,89$  g/100 g para BR 305 e  $53,29 \pm 1,29$  g/100 g para SC 59) e GAS ( $47,39 \pm 1,78$  g/100 g para BR 305 e  $47,02 \pm 1,60$  g/100 g for SC 59). Não foi detectada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois tratamentos com calor seco (FAS e GAS) nos dois genótipos. Os menores resultados foram observados para os tratamentos que usam calor úmido – GCZ ( $3,5 \pm 0,29$  g/100 g para o BR 305 e  $3,83 \pm 0,29$  g/100 g para o SC 59) e FCZ ( $3,57 \pm$

0,54 g/100 g para o BR 305 e  $2,86 \pm 0,08$  g/100 g para o SC 59), sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre eles.

O genótipo SC 59 apresentou teor de AR em 2013 ( $54,8$  g/100 g) menor que em 2010 ( $65,65$  g/100g), indicando a possibilidade de influência de fatores ambientais. Embora tenha sido observado um decréscimo, o genótipo SC 59 ainda permaneceu como uma importante fonte de AR, e, assim, como um cultivar promissor para uso em alimentação humana.



**Figura 3. 2** – Teor de Amido Resistente em dois genótipos de sorgo sob diferentes processamentos

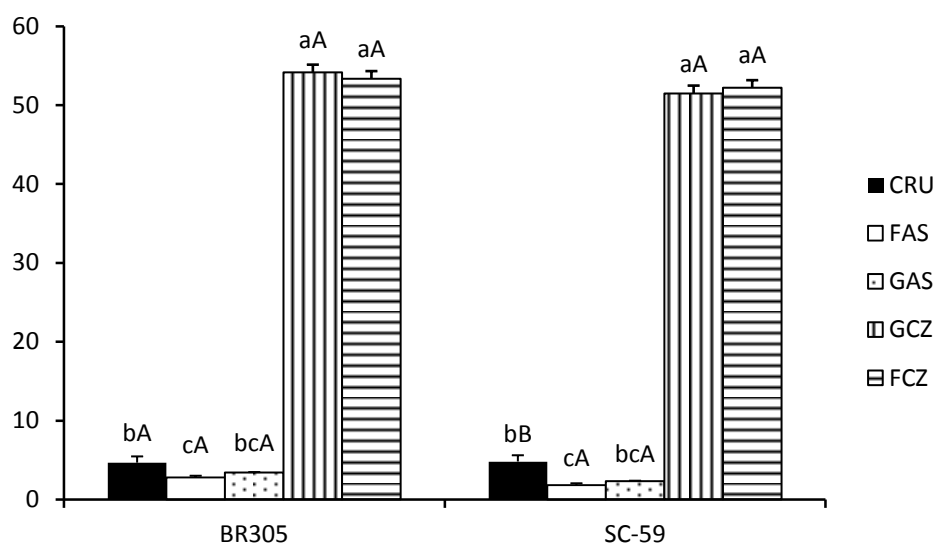
CRU – Grãos crus; GCZ – Grãos cozidos (calor úmido); FCZ – Farinha cozida (calor úmido); GAS – Grãos assados (calor seco); FAS – Farinha assada

Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a-c) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido resistente, usando diferentes tratamentos térmicos, para um mesmo genótipo de sorgo, determinadas usando o teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas sobrescritas (A-B) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido resistente, em diferentes genótipos, para um mesmo tratamento, determinadas usando o teste de Tukey.

Ao contrário do que foi observado para o teor de AR, os níveis de ANR foram altos no tratamento GCZ ( $54,13 \pm 0,64$  g/100 g para o BR 305 e  $51,47 \pm 0,99$  g/100 g para o SC 59) e no tratamento FCZ ( $53,33 \pm 0,49$  g/100 g para o BR 305 e  $52,18 \pm 0,97$  g/100 g para o SC 59) e baixos no tratamento CRU ( $4,66 \pm 0,31$  g/100 g para o BR 305 e  $4,80 \pm 0,79$  g/100 g para o SC 59), GAS ( $3,42 \pm 0,52$  g/100 g para o BR 305 e  $2,32 \pm 0,05$  g/100 g para o SC 59) e FAS ( $2,80 \pm 0,25$  g/100 g para o BR 305 e  $1,84 \pm 0,20$  g/100 g para o SC 59), indicando que o calor úmido promoveu a conversão do AR para ANR (Figura 3.3)

O Calor úmido causou uma drástica redução dos níveis de AR em grãos e farinha de sorgo de ambos os genótipos, com retenções de apenas  $6,70 \pm 0,46\%$  e  $6,84 \pm 0,83\%$ , respectivamente, para o híbrido BR 305, e  $6,98 \pm 0,43\%$  e  $5,21 \pm 0,12\%$  respectivamente para o genótipo SC 59 (Tabela 3.3.).

Por outro lado, o calor seco não causou elevadas perdas de AR na farinha assada, com retenções de  $95,87 \pm 2,95\%$  e  $97,19 \pm 1,92\%$  para o BR 305 e SC 59, respectivamente. Embora o teor de AR nos grãos assados tenha sido significativamente menor ( $p > 0,05$ ) que nos grãos crus, a redução nos níveis de amido resistente causada por este tipo de processamento foi muito menor que aquele causado pelo calor úmido, levando a mais de  $91,31 \pm 3,45\%$  de retenção no BR 305 e  $85,75 \pm 2,38\%$  no SC 59.



**Figura 3. 3** – Teores de Amido Não Resistente em dois genótipos de sorgo submetidos a diferentes tipos de processamento

CRU – Grãos crus; GCZ – Grãos cozidos (calor úmido); FCZ – Farinha cozida (calor úmido); GAS – Grãos assados (calor seco); FAS – Farinha assada

Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a-c) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido não resistente, usando diferentes tratamentos térmicos, para um mesmo genótipo de sorgo, determinadas usando o teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas sobrescritas (A-B) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido não resistente, em diferentes genótipos, para um mesmo tratamento, determinadas usando o teste de Tukey.

**Tabela 3. 3** – Retenção média de amido resistente (%) em genótipos de sorgo submetidos a diferentes tratamentos térmicos

Tratamento	Genótipo	
	BR 305 Retenção de AR (%)	SC 59 Retenção de AR (%)
FAS	95,87±2,95 <sup>aA</sup>	97,19±1,92 <sup>aA</sup>
GAS	91,31±3,45 <sup>aA</sup>	85,75±2,38 <sup>bB</sup>
FCZ	6,84±0,83 <sup>bA</sup>	5,21±0,12 <sup>cA</sup>
GCZ	6,70±0,46 <sup>bA</sup>	6,98±0,43 <sup>cA</sup>

GCZ – Grãos cozidos (calor úmido); FCZ – Farinha cozida (calor úmido); GAS – Grãos assados (calor seco); FAS – Farinha assada

Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a-c) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido resistente, usando diferentes tratamentos térmicos, para um mesmo genótipo de sorgo, determinadas usando o teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas sobrescritas (A-B) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido resistente, em diferentes genótipos, para um mesmo tratamento, determinadas usando o teste de Tukey.

A resistência do amido pode ser devida à diversos fatores, os quais podem ser classificados em três tipos: AR1 (fisicamente inacessível), AR2 (grânulos de estrutura resistente) e AR3 (amido retrogradado) (ENGLYST et al., 1982). A redução do teor de AR após o processamento térmico pode estar associada à ruptura dos grânulos de amido, que pode ter aumentado o acesso das enzimas digestivas ao amido, permitindo sua digestão. Este fato é confirmado pelo estudo de Freitas e Leonel (2008). Contudo, o efeito do aquecimento no teor de AR do sorgo ainda não está completamente estabelecido.

Os resultados do presente estudo indicam que o processamento térmico afeta a digestibilidade do amido, provavelmente influenciando sua gelatinização, o que permite uma maior ação das enzimas digestivas. Como observado por Alsaffar (2010), o amido gelatinizado é mais facilmente hidrolisado que o amido nativo por meio das enzimas amilolíticas. Este autor afirma que quanto maior é a proporção de água adicionada durante o aquecimento, maior é o grau de gelatinização e de digestibilidade do amido. No presente estudo, o calor seco reduziu o teor de AR das amostras em, no máximo 13,4% (GAS SC 59), enquanto que o calor úmido foi capaz de reduzir o teor de AR em até 94,7% (FCZ SC 59).

Em estudo a respeito dos fatores que afetam o nível de hidrólise do amido em alimentos, Snow e O’Dea (1981) observaram redução de 12 para 5,3

g/100 g de AR em arroz submetido a cozimento, enquanto que, em aveia cozida, os valores caíram de 16 para 3 g/100 g. Muir e O'Dea (1992) também observaram redução de AR em aveias e bananas cozidas. Estes autores demonstraram que o aumento na taxa de hidrólise causado pelo tratamento térmico ocorreu devido à gelatinização do amido que passou a ser mais disponível para a ação enzimática.

Niba et al (2003) demonstraram um aumento de 6,5 g/100 g em grãos de sorgo não processados para 10,4 g/100 g em amostras aquecidas em autoclave a 120 °C. Saravanabavan et al. (2013) observaram que a produção de pipoca de sorgo reduziu o teor de AR em três variedades (pipoca, maldandi e vermelho), levando a um aumento na digestibilidade. Khan et al. (2013) não observaram modificações no teor de amido resistente em macarrão adicionado de farinha de sorgo branca e vermelha após cocção.

Estudos com outros produtos também demonstraram o efeito do processamento térmico no teor de AR. Shrestha et al. (2010) e Shrestha et al. (2015) observaram redução no teor de AR de milho extrudado a temperaturas de até 120 °C. Usando calor úmido com ou sem pressão, Eyearu, Shrestha e Arcot (2009) demonstraram redução de AR de até 75 e 90%, respectivamente, em diferentes plantas.

### **3.4 – CONCLUSÕES**

A viabilidade de uso do sorgo como uma fonte de Ar para nutrição humana foi confirmada porque grãos de diferentes genótipos apresentaram elevados teores deste componente. Dois genótipos se destacaram com mais de 65% de AR. Os 10 genótipos com teores extremamente baixos de AR (entre 0,31 e 3,86 g/100 g) podem ser úteis para alimentação animal.

O tratamento térmico influenciou o teor de Ar em grãos e farinha dos dois genótipos, sendo que o calor úmido causou redução drástica nos níveis deste composto. O calor úmido levou à redução de até 15% do teor de AR, e se apresentou como uma melhor alternativa para o processamento de sorgo quando se deseja manter elevados teores de AR.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa – Milho e Sorgo (Brasil), à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, Brasil), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) pelo suporte financeiro e bolsas de graduação e pós-graduação.

## REFERÊNCIAS

AACC International. (2001). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (method 32-40) for Resistant Starch. (11<sup>th</sup> ed). St. Paul, Mn, Usa.

ALSAFFAR, Ayten Aylin. Effect of thermal processing and storage on digestibility of starch in whole wheat grains. **Journal of cereal science**, v. 52, n. 3, p. 480-485, 2010.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists, Horwitz, W. (2000). Official Methods of Analysis. (17<sup>th</sup> ed). Gaithersburg, Md.

BRITES, Carla M. et al. Maize and resistant starch enriched breads reduce postprandial glycemic responses in rats. **Nutrition Research**, v. 31, n. 4, p. 302-308, 2011.

DE MORAIS CARDOSO, Leandro et al. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. **Food chemistry**, v. 152, p. 210-217, 2014.

DICKO, Mamoudou H. et al. Review: Sorghum grain as human food in Africa: relevance of starch content and amylase activities. **African journal of biotechnology**, v. 5, p. 384-395, 2006.

ENGLYST, H.; WIGGINS, H. S.; CUMMINGS, J. H. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. **Analyst**, v. 107, n. 1272, p. 307-318, 1982.

EYARU, Richard; SHRESTHA, Ashok K.; ARCOT, Jayashree. Effect of various processing techniques on digestibility of starch in Red kidney bean (*Phaseolus*

vulgaris) and two varieties of peas (*Pisum sativum*). **Food research international**, v. 42, n. 8, p. 956-962, 2009.

FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). Information on Post-harvest Operations of Sorghum, 1999. URL <http://www.fao.org/inpho/inpho-post-harvest-compendium/cereals-grains/en/>. Accessed 10.01.14.

FAOSTAT (Food and Agriculture organization of the United Nations Statistics Division), 2014. URL <http://faostat3.fao.org/home/E>. Accessed 10.01.14.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, T. S.; LEONEL, Magali. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 2, p. 183-190, 2009.

KHAN, Imran et al. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. **Food research international**, v. 54, n. 1, p. 578-586, 2013.

LEMLIOGLU-AUSTIN, Dilek et al. Effects of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] crude extracts on starch digestibility, estimated glycemic index (EGI), and resistant starch (RS) contents of porridges. **Molecules**, v. 17, n. 9, p. 11124-11138, 2012.

LIU, Ruiping; XU, Guifa. Effects of resistant starch on colonic preneoplastic aberrant crypt foci in rats. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 8, p. 2672-2679, 2008.

MEHMOOD, Sajid et al. Fatty acid composition of seed oil of different *Sorghum bicolor* varieties. **Food chemistry**, v. 109, n. 4, p. 855-859, 2008.

MKANDAWIRE, Nyambe L. et al. Effects of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tannins on  $\alpha$ -amylase activity and in vitro digestibility of starch in raw and processed flours. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 18, p. 4448-4454, 2013.

MUIR, J. G.; O'DEA, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. **The American journal of clinical nutrition**, v. 56, n. 1, p. 123-127, 1992.

NIBA, Lorraine L.; HOFFMAN, Jill. Resistant starch and  $\beta$ -glucan levels in grain sorghum (*Sorghum bicolor* M.) are influenced by soaking and autoclaving. **Food Chemistry**, v. 81, n. 1, p. 113-118, 2003.

RAGAE, Sanaa; ABDEL-AAL, El-Sayed M.; NOAMAN, Maher. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. **Food Chemistry**, v. 98, n. 1, p. 32-38, 2006.

RIBAS, Paulo Motta. **Sorgo: introdução e importância econômica**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B.; KIMURA, Mieko. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2004.

SARAVANABAVAN, Sandhya Nathakattur; SHIVANNA, Meera Manchanahally; BHATTACHARYA, Sila. Effect of popping on sorghum starch digestibility and predicted glycemic index. **Journal of food science and technology**, v. 50, n. 2, p. 387-392, 2013.

SHEN, Rui-Ling et al. Sorghum resistant starch reduces adiposity in high-fat diet-induced overweight and obese rats via mechanisms involving adipokines and intestinal flora. **Food and Agricultural Immunology**, v. 26, n. 1, p. 120-130, 2015.

SHRESTHA, Ashok K. et al. Molecular, mesoscopic and microscopic structure evolution during amylase digestion of extruded maize and high amylose maize starches. **Carbohydrate polymers**, v. 118, p. 224-234, 2015.

SHRESTHA, Ashok K. et al. Enzyme resistance and structural organization in extruded high amylose maize starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 80, n. 3, p. 699-710, 2010.

SHEN, Rui-Ling et al. Sorghum resistant starch reduces adiposity in high-fat diet-induced overweight and obese rats via mechanisms involving adipokines and intestinal flora. **Food and Agricultural Immunology**, v. 26, n. 1, p. 120-130, 2015.

SNOW, Penny; O'DEA, Kerin. Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in food. **The American journal of clinical nutrition**, v. 34, n. 12, p. 2721-2727, 1981.

WILLIS, Holly J. et al. Greater satiety response with resistant starch and corn bran in human subjects. **Nutrition Research**, v. 29, n. 2, p. 100-105, 2009.



YUE, P.; WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal foods world (USA)**, 1998.

#### **4 - CAPÍTULO III: EFEITO DO TEMPO E DA TEMPERATURA NO TEOR DE AMIDO RESISTENTE EM FARINHA DE BANANA (*MUSA CAVENDISH*) VERDE**

Natália de Carvalho Teixeira<sup>a,b</sup>, Ana Paula de Carvalho Teixeira<sup>c</sup>, Aline Cristina Pinheiro Amorim<sup>a,b</sup>, Thayana Oliveira Soares<sup>b</sup>, Marlene Azevedo Magalhães Monteiro<sup>d</sup> Lúcia Helena Esteves dos Santos Laboissière<sup>b</sup>, Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia<sup>b</sup>, Roberto Gonçalves Junqueira<sup>a,b\*</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, 31270-010, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>b</sup>Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>c</sup>Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>d</sup>Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

\*Autor de correspondência: Tel.: +55-031-3409-6913, Fax: +55-031-3409-6989

Endereço de correspondência: rjunqueira@ufmg.br (R.G. Junqueira)

## RESUMO

A influência do tempo e da temperatura no desenvolvimento de Farinha de Banana Verde (FBV) seca por 4, 6 ou 8 horas a temperatura de 40 °C, 50 °C ou 60 °C foi investigada e as características da FBV com maior teor de Amido Resistente (AR) foram comparadas com a banana *in natura*. O teor de AR das nove FBV produzidas variou de 35,84 g/100 g (FVB60/4) a 77,89 g/100 g (FBV40/4) em base seca. Em geral, altas temperaturas e longos tempos reduziram o teor de AR durante a produção de FBV, demonstrando que tempos curtos e temperaturas mais baixas são mais indicados para a produção de FBV com retenção de AR mais desejável. O tratamento térmico a 40 °C por quatro horas aumentou o teor de AR comparada à banana verde, mas reduziu os teores de fibras e compostos fenólicos. Estas condições levaram a poucas mudanças a nível molecular, com uma pequena redução na organização cristalina do amido durante o processo de aquecimento.

**Palavras-chave:** Farinha de banana verde, banana verde, amido resistente, tempo, temperatura.

## ABSTRACT

The influence of time and temperature on the development of Green Banana Flour (GBF) dried for 4, 6 or 8 hours at 40 °C, 50 °C or 60 °C was investigated and the characteristics of GBF with the highest Resistant Starch (RS) content were compared to *in natura* green banana, to be used as a food ingredient. RS content in the nine produced GBF varied from 35.84 g/100 g (GBF60/4) to 77.89 g/100 g (GBF40/4) on dry basis. In general, high temperatures and long times reduced RS content during production of GBF, demonstrating that short times and low temperatures are more indicated to produce GBF with desirable nutrient retention. Heat treatment at 40 °C for four hours improved RS level when compared to green banana, but reduced fiber and phenolic compounds content. These conditions led to few molecular level changes, with a reduction in crystalline organization due to heating process.

**Key-words:** *Green banana flour, green banana, resistant starch, time, temperature.*

## 4.1 – INTRODUÇÃO

A banana (*Musa Cavendish*) é uma fruta tipicamente tropical, oriunda da Ásia, embora haja centros secundários de origem na África e em Ilhas do Pacífico (Dantas e Soares Filho, 2000; Silva et al., 2006). Trata-se de uma das frutas mais importantes do mundo. Em 2013, sua produção mundial excedeu 106 milhões de toneladas, com destaque para Índia (27 milhões de toneladas), China (12 milhões de toneladas), Filipinas (8 milhões de toneladas) e Brasil (6,8 milhões de toneladas) (FAO, 2014).

A banana verde é uma importante fonte de Amido Resistente (AR). Em estudo com farinha de banana verde (FBV), Ramos, Leonel e Leonel (2009) observaram teores de AR variando de 10 a 40,25 g/100 g. Izidoro et al. (2011) observaram valores ainda mais altos de AR em amido de banana verde – entre 60 e 80 g/100 g.

O termo AR foi utilizado pela primeira vez por Englyst, Wiggins e Cummings (1982) para designar o amido que não é hidrolisado durante a incubação com enzimas digestivas. Para ser considerado resistente à digestão, o amido precisa chegar intacto ao intestino grosso, onde é fermentado pela microbiota intestinal (Yue e Waring, 1998), tendo, assim, seus efeitos comparado aos das fibras alimentares.

Estudos *in vivo* têm demonstrado que o AR tem efeitos fisiológicos que são potencialmente benéficos à saúde. Higgins et al. (2011) observaram que, independente da atividade física, o consume de AR se mostrou uma boa estratégia para a manutenção e perda de peso em estudo com ratos. Em outro estudo com ratos, foi demonstrado que uma refeição com elevado teor de AR reduziu a síntese total de tecido adiposo comparado a uma dieta com grandes quantidades de amido digerível. Os autores sugeriram que esta redução na síntese lipídica poderia contribuir efetivamente para o controle a longo prazo do tamanho das células adiposas (Higgins et al., 2004). Johnston et al. (2010) associaram o consume de AR ao controle da obesidade e a fatores relacionados. Estes autores demonstraram que uma dieta rica em AR foi capaz de melhorar a sensibilidade à insulina em indivíduos saudáveis. Além disso, afirmou-se que a substituição de farinhas refinadas por farinhas com elevado teor de AR não apenas afeta diretamente a sensibilidade à insulina, mas também na redução do desenvolvimento de *diabetes mellitus* na

população. Um estudo realizado por Scamino et al. (2012) avaliou os efeitos do AR de banana verde na inflamação intestinal os resultados indicaram que o AR de banana verde apresenta ação anti-inflamatória intestinal.

Está bem estabelecido que a banana verde é uma importante fonte de AR. Entretanto, poucos estudos observaram o efeito do tempo e da temperatura durante a produção de FVB em seus teores de AR. Alkarkhi et al. (2011) afirmam que é necessário realizar mais estudos a respeito de métodos de secagem para o desenvolvimento de refeições com melhor qualidade nutricional.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tempo e da temperatura de produção de FBV com elevado teor de AR e caracterizar a FBV com o maior teor de AR por meio de Colorimetria, espectroscopias de infravermelho e de Raman e por termogravimetria.

## **4.2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1 – Produção de Farinhas de Banana Verde (FBV)**

Foram utilizadas bananas verdes “Nanicas” obtidas de uma produção orgânica localizada na cidade de Taquaraçu de Minas, MG, Brasil, no estágio de maturação totalmente verde, de acordo com escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006). No terceiro dia após a colheita, as amostras foram higienizadas e sanitizadas e as cascas foram removidas usando uma faca de aço inoxidável. Os frutos foram fatiados finamente em um processador de alimentos (Walita Master Plus, Brasil) e deixadas de molho em solução de ácido cítrico (0,5 g/100 g) por 10 minutos para prevenir o escurecimento.

As bananas fatiadas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçada (320-SE, Fanem, São Paulo, Brasil) para obtenção de nove diferentes farinhas, como descrito a seguir: FBV40/4 – seca a 40 °C por 4 horas; FBV40/6 – seca a 40 °C por 6 horas; FBV40/8 – seca a 40 °C por 8 horas; 50/4 – seca a 50 °C por 4 horas; 50/6 – seca a 50 °C por 6 horas; 50/8 – seca a 50 °C por 8 horas; FBV60/4 – seca a 60 °C por 4 horas; 60/6 – seca a 40 °C por 6 horas; e 60/8 – seca a 40 °C por 8 horas. Depois de secas, para finalizar a produção das FBV, as amostras foram moídas em um moinho de facas (TE-648, Tecnal, Piracicaba, Brasil)

por cinco minutos. As nove FBV resultantes foram então armazenadas em sacos plásticos de polipropileno selados a temperatura de congelamento.

#### **4.2.2 – Determinação do teor de AR nas nove farinhas de banana verde (FBV) desenvolvidas**

A fim de verificar o efeito do tempo e da temperatura no teor de AR nas diferentes FBV, seu conteúdo foi determinado nas FBV produzidas. O conteúdo de Ar também foi avaliado nas bananas verdes não processadas para comparação.

A quantificação do conteúdo de AR foi realizada usando o kit de AR fornecido pela Megazyme Intenational (Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland), de acordo com os métodos certificados pela AACC (2001) e AOAC (2002). A hidrólise enzimática do amido não resistente (ANR) foi obtida por meio da ação simultânea de  $\alpha$ -amilase pancreática (10 mg/ml) e amiloglicosidase (3U/mL) por meio de incubação das amostras por 16 horas a 37 °C. O ANR foi separado por centrifugação, e o *pellet* formado contendo o AR foi purificado com etanol e solubilizado com solução de KOH 2mol/L. A concentração de AR foi mensurada a 510 nm e o conteúdo foi expresso como g/100 g do produto em base seca. Os resultados foram obtidos a partir de três repetições e são apresentados como médias  $\pm$  o desvio padrão.

#### **4.2.3 – Determinação do teor de fibra alimentar**

A FBV com o maior teor de AR e a banana verde não processada tiveram o teor de fibra alimentar total mensurado por meio do método enzimático gravimétrico 991.43 (AOAC, 2012). Os resultados foram obtidos a partir de três repetições e são expressos como g/100 g do produto em base seca.

#### **4.2.4 – Determinação do teor de compostos fenólicos**

A FBV com o maior teor de AR e a banana verde não processada tiveram o teor de compostos fenólicos avaliados seguindo a metodologia sugerido por

Folin0Cioucalteu (1927). O conteúdo foi expresso como mg/100 g de Equivalentes de Ácido Gálico (EAG) em base seca.

#### **4.2.5 – Propriedades Óticas**

A FBV com o maior teor de AR e a banana verde não processadas tiveram suas propriedades óticas avaliadas em um espectrofotômetro de refletância (ColoQuest II, HunterLab, Reston, EUA), usando uma fonte de luz D65. Os resultados foram expressos em termos de  $L^*$  (luminosidade), chroma  $a^*$  e chroma  $b^*$ , em que os valores de  $L^*$  variam de preto (0) a branco (100), os valores de chroma  $a^*$  de verde (-60) a vermelho (60) e os de chroma  $b^*$  de azul (-60) a amarelo (60).

#### **4.2.6 – Espectroscopia de Infravermelho**

Para as medidas de espectroscopia de infravermelho, a FBV com o maior teor de Ar e a banana verde foram prensadas em KBr. A técnica foi realizada em um aparelho Bruker, e 64 ciclos foram gravados a temperatura ambiente em um espectro variando de 4000 a  $400\text{m}^{-1}$ .

#### **4.2.7 – Espectroscopia de Raman**

Os estudos de espectroscopia de Raman foram realizados em um espectrômetro de Raman (Bruker), equipado com um detector CDC e microscópio ótico (OLYMPUS BX51), usando um laser a 633nm (2mW) na FBV com o maior teor de AR e na banana verde não processada.

#### **4.2.8 – Análises Termogravimétricas**

A FBV com o maior teor de AR e a banana verde não processada foram posicionadas em um cadinho de platina do equipamento termogravimétrico (DTG 60H Shimadzu), com ritmo de aquecimento de  $10^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  até  $100^{\circ}\text{C}$ , sob atmosfera de Nitrogênio, a um fluxo de  $50\text{ mL}/\text{minuto}$ . Curvas de perda de peso em função de da temperatura foram construídas.

#### **4.2.9 – Análises Estatísticas**

A fim de verificar o efeito do tempo e da temperatura no teor de AR nas FBV desenvolvidas, foi realizada Análise de Variância (ANOVA), adotando um delineamento fatorial completamente ranzomizado 3x3, com um tratamento adicional (banana verde) com três replicatas. Com relação aos outros parâmetros avaliados, procedeu-se à ANOVA. As diferenças entre os valores foram consideradas significativas quando  $p < 0,05$  baseado no teste de Tukey (Montgomery, 2013). As análises estatísticas foram realizadas com o pacote estatístico IMB SPSS versão 19.0 (IBM Corporation, Somers, NY, EUA).

### **4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

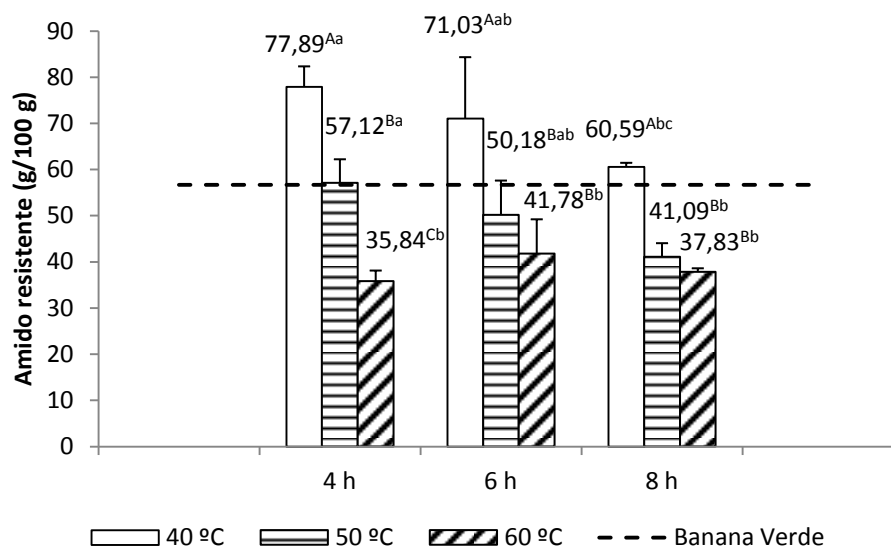
#### **4.3.1 – Efeito do tempo e da temperatura no teor de AR nas Farinhas e Banana Verde (FBV) elaboradas**

O efeito do tempo e da temperatura no teor de AR das nove FBV produzidas e na banana verde não processada é apresentado no Tabela 4.1. FBV40/4 e FBV40/6 apresentaram teor de AR significativamente ( $p < 0,05$ ) maior (77,89 g/100 g e 71,03 g/100 g, respectivamente, que as bananas verdes não processadas (56,68 g/100 g). Este resultado indica que o tratamento térmico a 40 °C por quatro ou seis horas aumentou o teor de AR.

Em contrapartida, GBV50/8 (41,09 g/100 g) e as farinhas produzidas a 60 °C por quatro (35,84 g/100 g), seis (41,78 g/100 g) e oito horas (37,83 g/100 g) apresentaram teores de AR significativamente ( $p < 0,05$ ) menores que as bananas verdes, indicando que, independente do aumento inicial no teor de AR, as altas temperaturas e os tempos longos levarão a posterior redução do teor de AR das FBV analisada.



**Figura 4. 1**– Efeito do tempo e da temperatura no teor de Amido Resistente em diferentes farinhas de banana verde



Os teores de amido resistente (g/100 g) são os valores médios  $\pm$  desvio padrão de três resultados. Diferentes letras minúsculas sobrescritas (a-b) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido resistente (g/100 g), usando tempos diferentes para uma mesma temperatura, determinadas usando o teste de Tukey a 5% de significância. Diferentes letras maiúsculas sobrescritas (A-B) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de valores de amido resistente (g/100 g), usando temperaturas diferentes para um mesmo tempo, determinadas usando o teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação ao efeito do tempo, quando as bananas verdes foram aquecidas a 40 °C ou 50 °C, um aumento no tempo de secagem de quatro para oito horas reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) o teor de AR de 77,89 g/100 g para 60,59 g/100g e de 57,12 g/100 g para 41,08 g/100 g, respectivamente. Entretanto, um aumento de duas horas no tempo de secagem (de quatro para seis horas) acarretou em redução não significativa ( $p > 0,05$ ) nos teores de AR em farinhas que foram secas a 40 °C ou a 50 °C (de 77,89 g/100 g para 71,03 g/100 g e de 57,12 g/100 g para 50,12 g/100 g, respectivamente). Comportamento similar pode ser observado quando o tempo de secagem é aumento de seis para oito horas a 40 °C ou a 50 °C (de 71,03 g/100 g para 60,59 g/100 g e de 50,18 g/100 g para 41,09 g/100 g). A estas temperaturas, não foi possível detectar diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) com o aumento de duas de tempo de secagem. Entretanto, foi observada uma tendência linear ( $p < 0,05$ ) de redução de AR em função do tempo, indicando que, para a obtenção de produtos com elevado teor de AR é importante usar o menor tempo necessário para o processo de secagem. Por outro lado, uma diferença não significativa ( $p > 0,05$ ) foi observada quando a FBV foi produzida a 60 °C por quatro

horas (35,84 g/100 g), seis horas (41,78 g/100 g) ou oito horas (37,83 g/100 g), sugerindo que altas temperaturas e tempos curtos resultam em elevado decréscimo nos teores de AR, enquanto que baixas temperaturas e longos tempos causam apenas reduções discretas no teor de AR.

Em relação aos efeitos da temperatura, quando a FBV foi seca por quatro horas foi possível observar redução significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de AR com o aumento da temperatura – 77,89 g/100 g a 40 °C, 57,12 g/100 g a 50 °C e 35,84 g/100 g a 60 °C. Quando o tempo de secagem foi de seis ou oito horas, foi observada a redução significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de AR com o aumento da temperatura de 10 °C para 50 °C (de 71,03 g/100 g para 50,18 g/100 g e de 60,59 g/100 g para 41,09 g/100 g, respectivamente), mas não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) quando a temperatura subiu de 50 °C para 60 °C (de 50,18 g/100 g para 41,78 g/100 g e de 41,09 g/100 g para 37,83 g/100 g, respectivamente). Estes resultados indicam que, apenas para tempos curtos (quatro horas), a temperatura parece reduzir o teor de AR neste produto.

Tribess et al. (2009) produziram FBV sob diferentes temperaturas e observaram teores de AR comparáveis aos do presente estudo sob as mesmas condições. A 55 °C por 5,7 horas foi relatado um teor de  $56,0 \pm 3,3$  g/100 g de AR.

O tratamento térmico parece afetar a gelatinização do amido, que aumenta a atividade das enzimas digestivas e reduz o teor de AR. Recentemente, nós observamos que o tratamento térmico influenciou o teor de AR em grãos e farinha de sorgo, mas o calor seco levou a uma menor redução deste componente comparado ao calor úmido. Este fato indica que o calor seco é uma boa alternativa para a manutenção dos níveis de AR em cereais (TEIXEIRA et al., 2016).

Uma vez que a FBV40/4 apresentou os maiores teores de AR, ela foi comparada com bananas verdes não processadas, considerando os seguintes parâmetros: conteúdo de fibras e compostos fenólicos, propriedades óticas, espectroscopia de infravermelho e de Raman e análises termogravimétricas.

#### **4.3.2 – Conteúdo de Fibras e Compostos Fenólicos**

O teor de fibra dietética foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) na FBV40/4 ( $20,38 \pm 1,31$  g/100 g) do que em bananas verdes não processadas ( $27,4 \pm 1,91$  g/100 g). Durante a produção de FBV, a temperatura pode ter destruído parte

do teor de fibra dietética. Kalla et al. (2015) também observaram uma diminuição no teor de fibra alimentar em hibiscos submetidos a temperaturas entre 43 °C e 45 °C.

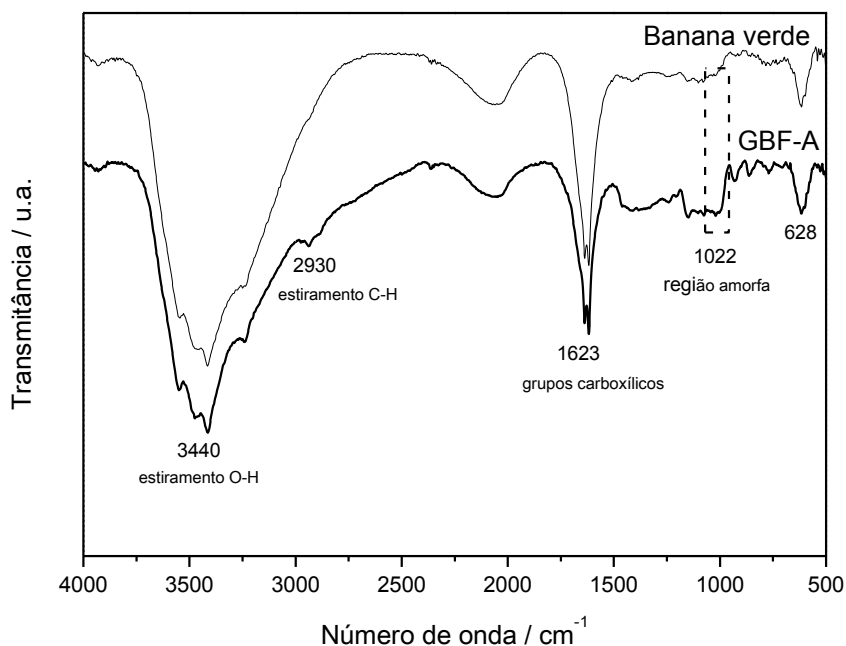
Os teores decompostos fenólicos na FBV40/4 foram significativamente ( $p < 0,05$ ) mais baixos ( $6,17 \pm 0,31$  mg GAE/100 g) do que em bananas verdes não processadas ( $30,6 \pm 2,16$  mg GAE / 100g). Someya, Yoshiki e Okubo (2002) observaram valores similares de compostos fenólicos em polpa de banana ( $29,6$  mg/100 g). É bem estabelecido que os compostos fenólicos são reduzidos pelo tratamento térmico. Sarawong et al. (2014) observaram uma redução de compostos fenólicos em FBV submetidas a cozimento por extrusão em temperaturas que variaram de 40 °C a 130 °C. Mesmo com uma alta redução de compostos fenólicos comparado ao fruto *in natura*, a FB apresentou um maior teor destes compostos que resíduos de banana ( $3,8$  mg/100 g) (BABBAR et al., 2011).

#### 4.3.3 – Propriedades Óticas

Todos os parâmetros de cor diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. O parâmetro luminosidade ( $L^*$ ) indica que a FBV40/1 apresentou uma cor mais clara ( $80,4 \pm 0,03$ ) do que as bananas verdes não processadas ( $53,4 \pm 1,15$ ). Estes resultados demonstram que a solução de ácido cítrico foi eficiente para evitar o escurecimento da farinha. Além disso, eles são consistentes com a degradação de compostos fenólicos na FBV40/4. A alta luminosidade da FBV40/4 permite a sua incorporação em muitos produtos alimentares sem alterar a sua cor original. Os valores de Cromo  $a^*$  e  $b^*$  foram inferiores na FBV40/4 ( $1,70 \pm 0,01$  e  $11,35 \pm 0,01$  respectivamente) do que em bananas verdes não processadas ( $17,5 \pm 0,67$  e  $34,0 \pm 1,21$ , respectivamente). Isso sugere que a FBV40/4 tem uma maior tendência para verde e não a vermelho. Alkarkhi et al. (2011) também analisaram cor FBV. Eles observaram menores valores de  $L^*$  ( $64,37 \pm 4,62$ ) e de  $a^*$  ( $1,57 \pm 0,78$ ) valores e um maior valor  $b^*$  ( $14,69 \pm 2,32$ ) em FBV comparação com o presente estudo.

#### 4.3.4 – Espectroscopia de Infravermelho

A Figura 4.2 apresenta o Espectro Infravermelho de bananas verdes não processadas e da FBV40/4, que representa as mudanças de nível molecular durante o processo de secagem. Esta análise pode fornecer informações sobre grupos químicos com bandas polares ou bandas com diferentes momentos de dipolo durante a vibração, por exemplo, C=O e grupos OH (FLORES-MORALES, JIMÉNEZ-ESTRADA E MORA-ECOBEDO, 2012). O espectro infravermelho da FBV40/4 e das bananas verdes foram muito semelhantes, o que demonstra que a fruta *in natura* não foi substancialmente decomposta durante a produção de farinha. Ambos os espectros mostraram uma banda perto de  $3440\text{ cm}^{-1}$  típica de alongamento O-H e uma banda a  $2930\text{ cm}^{-1}$ , relacionados com o estiramento C-H. Ainda é possível observar uma banda em  $1623\text{ cm}^{-1}$  da vibração grupo carboxílico, tipicamente esperados para o amido. O espectro da FBV40/4 apresentou uma banda perto de  $1022\text{ cm}^{-1}$  que podem ser associadas com uma região amorfa do material. Esta banda não é evidente no espectro das bananas verdes, o que pode sugerir um decréscimo na organização cristalina do amido de banana causado pelo processo de secagem, que pode ser associado com o polimorfismo de grânulo de amido (HTOON et al, 2009; JIANG et al., 2015). Por fim, a banda próxima a  $628\text{ cm}^{-1}$  está relacionada com o esqueleto do anel de piranose da glicose (WANG et al., 2014). Estes fatos demonstram uma ligeira modificação morfológica dos materiais durante o processo de secagem (IRUDAYARAJ e YANG, 2002, FLORES-MORALES et al., 2012, PELLISARI et al., 2013, NASRIN e ANAL, 2014).

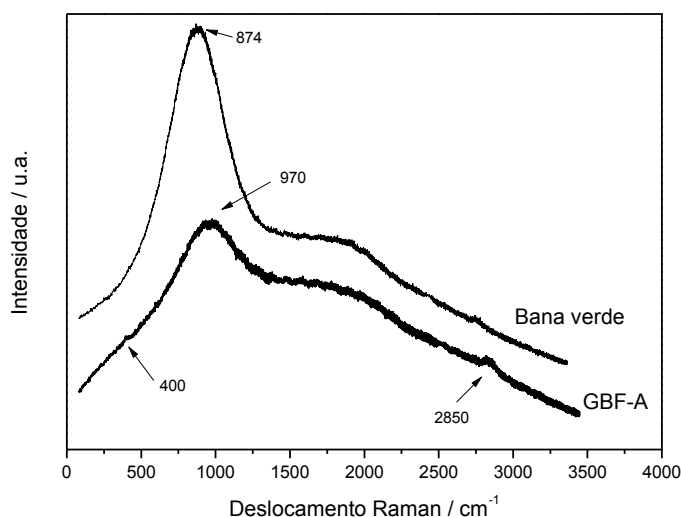


**Figura 4. 2** – Espectros de infravermelhos de bananas verdes não processadas e de Farinha de Banana Verde (FBV) secas durante quatro horas a 40°C (FBV40/4)

#### 4.3.5 – Espectroscopia de Raman

A Figura 4.3 mostra o espectro de Raman de bananas verdes não processadas e da FBV40/4, que, como afirma Flores-Morales et al. (2012), investiga as vibrações internas de moléculas de amido e fornece resultados mais sensíveis sobre vibrações fundamentais de ligações moleculares menos polares e grupos e vibrações simétricas. Nas bananas verdes não processadas é possível observar uma banda a cerca de  $874\text{ cm}^{-1}$ , que podem ser relacionados com a ligação  $\nu$  (COC) +  $\delta$  (CH) +  $\delta$  (CH<sub>2</sub>), em que o modo de  $\delta$  envolve mudança de ângulo de ligação (deformação) (HAAJ et al., 2013). Esta banda não aparece no espectro da FBV40/4, e pode estar relacionada com um decréscimo da cristalinidade, possivelmente associada com o polimorfismo de grânulo de amido A banda perto de  $1022\text{ cm}^{-1}$  na FBV40/4 pode ser atribuída ao alongamento CO e deformação COH, enquanto que a banda a cerca de  $480\text{ cm}^{-1}$  pode ser associada ao esqueleto do anel de piranose. A banda a cerca de  $2,900\text{ cm}^{-1}$  encontradas na FBV40/4, pode ser correlacionada com a ligação  $\nu$  (C H), em que  $\nu$  modo envolve a mudança de comprimento de

ligação (alongamento) (HAAJ et al., 2013). De acordo com Flores-Morales et al. (2012), bandas de Raman perto de 2900, 856 e 477  $\text{cm}^{-1}$  estão ligadas à amilose e à amilopectina no amido.

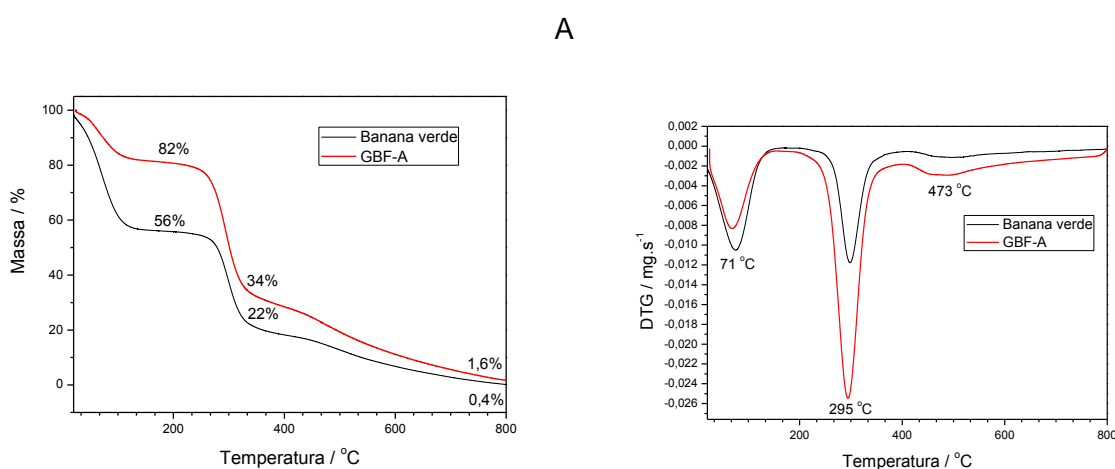


**Figura 4. 3** – Espectros de Raman de bananas verdes não processadas e de Farinha de Banana Verde (FBV) seca durante quatro horas a 40°C (FBV 40/4) e amido resistente (AR)

#### 4.3.6 – Análises termogravimétricas

Os resultados das Análises termogravimétricas (Figura 4.4) mostraram que as perdas de peso total da FBV40/4 foram menores do que a das bananas verdes não processadas durante o tratamento térmico (97% e 99%, respectivamente). Esses achados foram próximos ao teor de cinzas observadas por calcinação completa a 600 ° C da FBV40/4 ( $2,31 \pm 0,11 \text{ g} / 100 \text{ g}$ ) e das bananas verdes não processadas ( $1,32 \pm 0,46 \text{ g} / 100 \text{ g}$ ). Para ambas as amostras, o processo de decomposição térmica foi desenvolvido em três etapas. A primeira fase, correspondendo a uma redução de massa a temperaturas inferiores a 100 °C, pode ser associado a perda de água disponível nas amostras. Este valor foi de aproximadamente 44% do peso das bananas verdes não processadas, enquanto que na FBV40/4 foi de 18%. Esses resultados já eram esperados, uma vez que a fruta *in natura* apresentou maior teor de umidade ( $71,72 \pm 0,08 \text{ g} / 100\text{g}$ ) do que FBV40/4 ( $26,38 \pm 0,16 \text{ g} / 100 \text{ g}$ ). Liu et al., (2008) também observaram que a

porcentagem de perda de peso nesta fase depende do teor de umidade de amostras. No entanto, no presente estudo, o tempo que as amostras permaneceram nestas temperaturas iniciais não foi, provavelmente, suficiente para remover toda a umidade dos produtos. O segundo passo pode ser relacionado com o processo de decomposição das principais macromoléculas do amido (amilose e amilopectina), e ocorreu próximo a temperatura de 300 °C para ambos os produtos. Estes resultados estão de acordo com outros estudos com amido (LIU et al., 2008, LOPEZ et al., 2015). Neste ponto, toda a água restante deve ter sido removida, restando apenas 20% e 32% da massa inicial de bananas verdes não processadas e da FBV40/4, respectivamente. De fato, o AR também apresentou altas perdas próximas a 300 °C. Finalmente, na terceira fase, a temperaturas próximas de 500 °C para ambas as amostras, resíduos carbonáceos inertes foram formados e a perda de massa foi estabilizada. Londono-Restrepo et al. (2014) também observaram formação de resíduos carbonáceos inertes e estabilização de perda de massa para amido de *Xanthosoma robustum* de em temperaturas acima de 400 °C.



**Figura 4. 4** – Curvas termogravimétricas (A) e curvas termogravimétricas diferenciais (B), de bananas verdes não processadas e de Farinha de Banana Verde (FBV) seca durante quatro horas a 40°C (FBV40/4).

#### 4.4 CONCLUSÕES

Em geral, temperaturas elevadas e longos tempos de secagem reduziram o teor de AR nas FBV produzidas, o que indica que é importante controlar as condições de aquecimento de FBV para obter produtos com maior retenção de AR.

O teor de AR da FBV40/4 foi de 77,89 g/100 g, a qual pode ser considerada uma fonte notável deste componente. Assim, esta farinha pode ser utilizada no desenvolvimento de produtos com níveis elevados AR. A FBV40/4 apresentou teores de fibras e de compostos fenólicos mais baixos que a banana verde, mas o teor de AR foi mais elevado do que no fruto *in natura*. Esta farinha apresentou uma cor clara, que permite a sua incorporação em diferentes produtos alimentares.

Os espectros de Infravermelho e de Raman e as análises termogravimétricas demonstraram algumas mudanças a nível molecular durante o processo de secagem, com uma ligeira redução na organização cristalina devido ao processo de aquecimento.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa – Milho e Sorgo (Brasil), à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, Brasil), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) pelo suporte financeiro e bolsas de graduação e pós-graduação.

#### REFERÊNCIAS

AACC International. (2001). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (method 32-40) for Resistant Starch. (11th ed). St. Paul, Mn, Usa.

ALKARKHI, Abbas FM et al. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. **Food Chemistry**, v. 129, n. 2, p.



312-318, 2011. Association of Official Analytical Chemists. (2002). Official Methods of Analysis. (17th ed). Gaithersburg, Md.

Association of Official Analytical Chemists. (2012). Official Methods of Analysis. (19th ed). Gaithersburg, Md.

BABBAR, Neha et al. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 391-396, 2011.

CHUNG, Hyun-Jung; HOOVER, Ratnajothi; LIU, Qiang. The impact of single and dual hydrothermal modifications on the molecular structure and physicochemical properties of normal corn starch. **International journal of biological macromolecules**, v. 44, n. 2, p. 203-210, 2009.

DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. dos S. Classificação botânica, origem e evo

ENGLYST, H.; WIGGINS, H. S.; CUMMINGS, J. H. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. **Analyst**, v. 107, n. 1272, p. 307-318, 1982.

FAOSTAT (Food and Agriculture organization of the United Nations Statistics Division), 2014. URL <http://faostat3.fao.org/home/E>. Accessed 10.01.14.

FLORES-MORALES, A.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; MORA-ESCOBEDO, Rosalva. Determination of the structural changes by FT-IR, Raman, and CP/MAS 13 C NMR spectroscopy on retrograded starch of maize tortillas. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 1, p. 61-68, 2012.

FOLIN, Otto; CIOCALTEU, Vintila. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. **J. biol. Chem**, v. 73, n. 2, p. 627-650, 1927.

HAAJ, Sihem Bel et al. Starch nanoparticles formation via high power ultrasonication. **Carbohydrate polymers**, v. 92, n. 2, p. 1625-1632, 2013.

HIGGINS, Janine A. et al. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. **Nutrition & Metabolism**, v. 1, n. 1, p. 1, 2004.

HIGGINS, Janine A. et al. Resistant starch and exercise independently attenuate weight regain on a high fat diet in a rat model of obesity. **Nutrition & metabolism**, v. 8, n. 1, p. 1, 2011.

HTOON, A. et al. Effects of processing high amylose maize starches under controlled conditions on structural organisation and amylase digestibility. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, n. 2, p. 236-245, 2009.

VAN HUNG, Pham; VIEN, Ngo Lam; PHI, Nguyen Thi Lan. Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat-moisture treatments. **Food chemistry**, v. 191, p. 67-73, 2016.

IRUDAYARAJ, Joseph; YANG, Hong. Depth profiling of a heterogeneous food-packaging model using step-scan Fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 1, p. 25-33, 2002.

IZIDORO, Dayane Rosalyn et al. Physical and chemical properties of ultrasonically, spray-dried green banana (*Musa cavendish*) starch. **Journal of food engineering**, v. 104, n. 4, p. 639-648, 2011.

JIANG, Huanhuan et al. Digestibility and changes to structural characteristics of green banana starch during in vitro digestion. **Food Hydrocolloids**, v. 49, p. 192-199, 2015.

JOHNSTON, K. L. et al. Resistant starch improves insulin sensitivity in metabolic syndrome. **Diabetic Medicine**, v. 27, n. 4, p. 391-397, 2010.

KALLA, Marie Liliane Mouto et al. Effect of re-extraction parameters and drying temperature on the antioxidant properties and dietary fiber of Red sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces residues. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 680-688, 2015.

KIATPONGLARP, Worawikunya et al. Crystallization and chain reorganization of debranched rice starches in relation to resistant starch formation. **Carbohydrate polymers**, v. 122, p. 108-114, 2015.

LIU, Xingxun et al. In situ thermal decomposition of starch with constant moisture in a sealed system. **Polymer Degradation and Stability**, v. 93, n. 1, p. 260-262, 2008.

BILIADERIS, Costas G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian journal of physiology and pharmacology**, v. 69, n. 1, p. 60-78, 1991.

LÓPEZ, Olivia V. et al. Thermoplastic starch plasticized with alginate–glycerol mixtures: Melt-processing evaluation and film properties. **Carbohydrate polymers**, v. 126, p. 83-90, 2015.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to statistical quality control**. John Wiley & Sons, 2007.

MUTUNGI, Christopher et al. Debranched cassava starch crystallinity determination by Raman spectroscopy: Correlation of features in Raman spectra with X-ray diffraction and <sup>13</sup>C CP/MAS NMR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 1, p. 598-606, 2012.

NASRIN, Taslima Ayesha Aktar; ANAL, Anil Kumar. Resistant starch III from culled banana and its functional properties in fish oil emulsion. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 403-409, 2014.

PELISSARI, Franciele Maria et al. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 2, p. 681-690, 2013.

RAMOS, Dayana Portes; LEONEL, Magali; LEONEL, Sarita. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 3, p. 479-484, 2010.

SARAWONG, Chonthira et al. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food chemistry**, v. 143, p. 33-39, 2014.

SCARMINIO, Viviane et al. Dietary intervention with green dwarf banana flour (*Musa* sp AAA) prevents intestinal inflammation in a trinitrobenzenesulfonic acid model of rat colitis. **Nutrition research**, v. 32, n. 3, p. 202-209, 2012.

SILVA, Sebastião de Oliveira et al. Avaliação de clones de banana Cavendish. 2015.

SOMEYA, Shinichi; YOSHIKI, Yumiko; OKUBO, Kazuyoshi. Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). **Food Chemistry**, v. 79, n. 3, p. 351-354, 2002.

DE CARVALHO TEIXEIRA, Natália et al. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. **Food Chemistry**, v. 197, p. 291-296, 2016.

TRIBESS, T. B. et al. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **LWT-Food S**

VON LOESECKE, H. W. (1950). Bananas (pp. 52–66). (2nd ed). New York: Interscience Publishers

WANG, Juan et al. Changes in resistant starch from two banana cultivars during postharvest storage. **Food chemistry**, v. 156, p. 319-325, 2014.

YUE, P.; WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal foods world (USA)**, 1998.

## **5 - CAPÍTULO IV: TEOR DE AMIDO RESISTENTE E ANÁLISE SENSORIAL DE BISCOITOS TIPO *COOKIE* ELABORADOS COM FARINHA DE SORGO E DE BANANA VERDE**

Natália de Carvalho Teixeira<sup>a,b</sup>, Aline Cristina Pinheiro Amorim<sup>a,b</sup>, Thayana Oliveira Soares<sup>b</sup>, Marlene Azevedo Magalhães Monteiro<sup>c</sup>, Maria Aparecida Vieira Teixeira Garcia<sup>b</sup>, Lúcia Helena Esteves dos Santos Laboissière<sup>b</sup>, Roberto Gonçalves Junqueira<sup>a,b\*</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, 31270-010, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>b</sup>Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>c</sup>Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

\*Autor de correspondência: Tel.: +55-031-3409-6913, Fax: +55-031-3409-6989

Endereço eletrônico: rjunqueira@ufmg.br (R.G. Junqueira)

## RESUMO

Cinco formulações experimentais de biscoitos tipo *cookie* foram produzidas com diferentes quantidades de Farinha de Sorgo (FS) e Farinha de Banana Verde (FBV) como descrito a seguir: 100%FBV (100 g de FBV), 75%FBV (75 g de FBV e 25 g de FS) 50%FBV/FS (50 g de FBV e 50 g de FS); 75%FS (75 g de FS e 25 g de FBV); 100%FS (100 g de FS). Além disso, uma amostra padrão (100%FT) foi feita com 100 g de farinha de trigo (FT). O teor de amido resistente (AR) destas seis formulações de biscoitos foi avaliada e, em seguida, eles foram submetidos à avaliação sensorial. Entre as amostras experimentais, 100%FBV apresentou teor de AR significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que as demais amostras 15,20 g/100 g). Esta amostra também recebeu as médias de aceitação mais altas em todas as características sensoriais avaliadas. Nenhum dos seis biscoitos estudados apresentaram médias de aceitação área de rejeição (1-4) na escala hedônica adotado. Em geral, informações sobre a presença de farinhas com alto teor de AR nos biscoitos tipo *cookies* não afetou negativamente a expectativa do consumidor sobre os produtos.

**Palavras chave:** Análise Sensorial, *Cookies*, Farinha de Sorgo, Farinha de Banana Verde, Amido Resistente, Consumidores.

## ABSTRACT

Five experimental cookies formulations were produced with different amounts of Sorghum Flour (SF) and Green Banana Flour (GBF) as follows: 100%GBF (100g of GBF), 75%GBF (75g of GBF and 25g of SF) 50%GBF/SF (50g of GBF and 50g of SF); 75%SF (75g of SF and 25g of GBF); 100%SF (100g of SF). Additionally, a standard sample (100%WF) was made with 100g of Wheat Flour (WF). The resistant starch (RS) content of these six cookies formulations was evaluated and then, they were submitted to sensory evaluation. Among the experimental samples, 100%GBF present the highest ( $p < 0.05$ ) RS content (15.20 g/100 g). This sample also received the highest scores for all evaluated sensory characteristic. None of the six studied cookies presented liking scores at the rejection area (1-4) in the adopted hedonic

scale. In general, information about the presence of flours with high RS content in cookies did not negatively affect the consumer expectation about the products.

**Key words:** Sensory Analysis, Cookies, Sorghum Flour, Green Banana Flour, Resistant Starch, Consumer.

## 5.1 – INTRODUÇÃO

Embora o sabor seja considerado como um forte fator que influencia as escolhas alimentares (KOUROUNIOTS et al., 2016), os consumidores estão cada vez mais preocupados com opções alimentares mais saudáveis. Em geral, eles consideram não apenas calorias, mas também informações de saúde como um parâmetro importante para a escolha de alimentos (FERNANDES et al., 2015). Um estudo realizado em um restaurante universitário indicou que a rotulagem nutricional foi eficaz para mudar o comportamento de compra de alimentos (CIOFFI et al., 2015). Em uma pesquisa sobre rótulos de vinhos, a alegação de saúde foi considerado a característica para a qual os consumidores atribuíram maior utilidade (ANNUNZIATA et al., 2016). Em um estudo sobre segmentação de consumidores com base na importância de um atributo em uma categoria de alimento, o sabor foi indicada como a mais importante para o consumo, seguido do preço e saudabilidade (VÉRAIN, SIJTSEMA & ANTONIDES, 2016). Assim, o desenvolvimento de produtos saudáveis deve levar em conta não só as características sensoriais, mas também os aspectos nutricionais, demonstrando a grande importância da análise sensorial como ferramenta de desenvolvimento de produtos saudáveis.

A crescente demanda por este tipo de alimento tem levado a vários estudos para o desenvolvimento de produtos com ingredientes cujos nutrientes trazer benefícios para a saúde dos consumidores (MESSIA et al, 2016; MIR et al, 2016; SUI, ZHANG e ZHOU 2016), incluindo biscoitos tipo *cookies* (ABDEL-MOEMIN, 2015, HADNAĐEVA, 2015; VALILI et al, 2015, CHENG e BHAT, 2016; ŽILIĆA et al, 2016), que são biscoitos tipicamente americanos, mundialmente consumidos. Eles são caracterizados como pequenos produtos açucarados assados, à base de cereais. Os principais ingredientes destes biscoitos são: farinha, açúcar e gordura (AACC, 2008, KWEON, 2014; MILLER, 2016).

Várias pesquisas têm avaliado sensorialmente biscoitos feitos com ingredientes com algum apelo à saúde. Cheng e Bhat (2016) desenvolveram novas formulações de biscoito com farinha feitos da semente de *Pithecellobium jiringa* Jack, uma planta asiática subutilizada, com alto teor de proteína. O sabor dos biscoitos com mais de 10% de farinha foi comparável ao biscoito controle (feito com farinha de trigo). Duta e Culetu (2015) desenvolveram biscoitos à base de aveia sem



glúten que foram submetidos a testes de aceitação. Todos os biscoitos tiveram grande aceitação, com médias superiores a cinco em uma escala hedônica de nove pontos.

Entre os nutrientes cujos estudos demonstraram os efeitos benéficos para a saúde se destaca o amido resistente (RS), um carboidrato que é resistente à digestão e por isso chega intacto ao intestino grosso onde é fermentada por microbiota intestinal (YUE & WARING, 1998); O uso de fontes AR no desenvolvimento de biscoitos também tem sido estudada. Aparicio-Saguilán et al. (2007) avaliaram biscoitos feitos com 85% de amido de banana ricos em AR, e observaram diferença não significativa entre a aceitação da amostra experimental ( $9,60 \pm 0,36$ ) e controle, feito com 100% de farinha de trigo ( $7,82 \pm 0,45$ ).

Vários estudos indicam os efeitos fisiológicos do AR na saúde. Zhou et al. (2015), em uma pesquisa com ratos, demonstraram resultados positivos importantes relacionados ao controle do diabetes, com a melhora da sensibilidade à insulina ou a redução da resistência à insulina. Eles também revelaram uma relação entre o consumo de AR e a regulação do nível de genes hepáticos envolvidas na expressão do metabolismo da glicose e de lipídios. Harazaki et al. (2014) também estudaram a utilização de AR em ratos, e eles demonstraram que este nutriente pode proporcionar benefícios para a saúde associados com a redução da acumulação de gordura no tecido adiposo e inflamação relacionada com macrófagos ativos. Gargari et al. (2015) indicaram que a suplementação com fontes de AR pode levar a benefícios em mulheres com diabetes tipo 2, tais como a melhoria dos marcadores inflamatórios e perfil lipídico. Além dos efeitos positivos no controle da diabetes em ratos, Sarteshnizi et al. (2015) observaram redução no tempo de esvaziamento intestinal e impacto benéfico sobre a saúde intestinal. O AR também foi estudada no controle e tratamento da obesidade. Higgins et al. (2004) observaram redução na síntese lipídica em ratos alimentados com AR, o que pode contribuir para o controle do tamanho das células de gordura a longo prazo. Willis et al. (2009) afirmaram que o AR foi capaz de manter a saciedade durante um tempo mais longo (180 minutos) do que outras fontes de fibras. O AR também foi associado com a atividade anti-inflamatória em um estudo realizado por Scarminio et al. (2012). Prado-Silva (2014)

associou a utilização de AR em ratos com a redução da carcinogênese do cólon e mostrou efeito protetor ao estresse oxidativo.

Duas importantes fontes de AR são o sorgo (*Sorghum bicolor*) (Niba e Hoffman, 2003; Teixeira et al, 2016) e banana (*Musa cavendish*) verde (Izidoro et al, 2010).

O sorgo é um dos cereais mais importantes do mundo (FAO, 2014), e é uma importante fonte de energia para mais de 750 milhões de pessoas na África, Ásia e América Latina (FAO, 2008). Em 2015 foram produzidas mais de 43 Milhões de toneladas de sorgo no mundo (CONAB, 2016). Apesar de sua grande importância, em muitos países, o sorgo é utilizado para alimentação animal (MEHMOODA, et al., 2008). No entanto, estudos recentes têm demonstrado a importância do sorgo como fonte de nutrientes com efeitos benéficos, como atividade antioxidante (APEA-BAH, 2016), compostos fenólicos (CARDOSO et al, 2015.) e AR (NIBA e HOFFMAN, 2003 TEIXEIRA et al., 2016).

A banana (*Musa cavendish*) é um fruto tropical oriundo da Ásia, embora existam centros secundários de origem na África Oriental e nas ilhas do Pacífico. Devido à sua ampla adaptação este fruto pode crescer em quase todos os países tropicais (DANTAS E SOARES FILHO, 2000; SILVA et al., 2006). É um dos frutos de maior importância mundial. Em 2013 mais de 106 milhões de toneladas foram produzidas em todo o mundo, incluindo 27 milhões de toneladas na Índia, 12 milhões de toneladas na China, 8 milhões de toneladas no Filipinas e 6,8 milhões de toneladas no Brasil (FAO, 2014).

Este estudo teve como objetivo avaliar a aceitação de biscoitos tipo *cookie* desenvolvidos com diferentes quantidades de Sorgo Farinha (FS) e Farinha de Banana Verde (FBV), descrever suas características sensoriais usando a metodologia "*Check All That Apply*" (CATA), além de determinar o seu teor de AR.

## **5.2 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.2.1 – Material**

A FS foi obtida a partir de grãos de sorgo do híbrido BR 305 plantadas em junho de 2013 no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo (Nova Porteirinha, MG, Brasil). As parcelas experimentais foram compostas de duas linhas que tinham três metros de comprimento, com um espaçamento de 0,50 m entre as linhas. A adubação consistiu na aplicação de 300 kg / ha de 08-28-16 (NPK) fertilizante. Os grãos de sorgo foram triturados duas vezes em um moinho (HAWOS) para obter farinhas com tamanho de partícula de 0,5 mm, as quais foram armazenadas em garrafas de plástico sob refrigeração (5 °C). Recentemente, observamos que estes grãos de sorgo têm níveis elevados AR -  $52,26 \pm 1,38$  g/100 g em base seca (TEIXEIRA et al, 2016).

A FBV foi obtida a partir de bananas verdes plantadas em uma produção orgânica localizado em Taquaraçu de Minas, MG - Brasil, no estágio de maturação totalmente verde de acordo com a escala de maturidade Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006). No terceiro dia após a colheita, as amostras foram lavadas e higienizadas e as cascas foram removidos usando uma faca de aço inoxidável. Os frutos foram, em seguida, cortados em fatias finas em um processador de alimentos (Walita Master Plus) e deixados em uma solução de ácido cítrico (0,5 g/100 g) durante 10 minutos, para evitar o escurecimento. As bananas verdes cortadas foram submetidas à secagem em uma estufa com circulação forçada de ar (320-SE, FANEM, São Paulo, Brasil), a 40 °C durante 4 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas num moinho de tipo micro Willye com facas (TE-648, Tecnal, Piracicaba, Brasil) durante cinco minutos e, em seguida, a FBV foi armazenada em sacos de plástico sob refrigeração (5 °C). Esta FBV apresentou níveis elevados AR -  $77,89 \pm 4,43$  g / 100 g, em base seca (dados não publicados).

### **5.2.2 – Preparação de biscoitos tipo *cookie***

As seis formulações de biscoitos tipo *cookie* avaliadas estão apresentados na Tabela 5.1. Eles foram nomeados de acordo com a sua composição de farinha, como a seguir: 100%FBV: 100g de FBV; 75%FBV: 75g de

FBV e 25g de FS; 50% FBV/FS: 50g de FBV e 50g de FS; 75% FS: 75g de FS e 25g de FBV; 100% FS: 100g de FS; 100%FT: 100g de farinha de trigo (FT).

**Tabela 5. 1** – Formulações dos biscoitos tipo cookie desenvolvidos feitos com farinha de banana verde, farinha de sorgo e farinha de trigo

Ingredientes (g)	100%FBV	75%FBV	50%FBV /FS	75%FS	100%FS	100%FT
Manteiga	70	70	70	70	70	70
Açúcar	80	80	80	80	80	80
Cloreto de Sódio	1	1	1	1	1	1
Bicarbonato de Sódio	1	1	1	1	1	1
Essência de Baunilha	4	4	4	4	4	4
Chocolate meio amargo	50	50	50	50	50	50
FS	0	25	50	75	100	0
FBV	100	75	50	25	0	0
FT	0	0	0	0	0	100

FS: Farinha de Sorgo; FBV: Farinha de Banana Verde; FT: Farinha de trigo.

Todos os ingredientes, exceto o chocolate, foram misturados em uma batedeira de alimentos (Arno, Brasil), e a massa formada foi aberta até uma espessura de 5 mm e cortado com um cortador circular, com 2,5 centímetros de diâmetro. Em cada cookie que foi adicionado um pedaço de chocolate. Os biscoitos foram assados durante 13 minutos a 180 °C em um forno eléctrico (Layr, Brasil) e armazenados, à temperatura ambiente, em um saco de plástico selado, até a avaliação sensorial, em, no máximo, cinco dias.

### 5.2.3 – Determinação do teor de amido resistente nos seis biscoitos tipo *cookie* produzidos

A quantificação do teor de AR foi realizada utilizando o kit de ensaio de AR fornecido pela Megazyme Internacional Ltd. (Wicklow, Ireland), de acordo com o método certificada pela AACC (2001) e da AOAC (2002). A hidrólise enzimática do amido não resistente (ANR) foi alcançada com a ação simultânea da  $\alpha$ -amilase

pancreática (10 mg/mL) e amiloglucosidase (3 U/ml) por meio da incubação das amostras durante 16 h a 37 ° C. O ANR foi separado por centrifugação, e o sedimento contendo o AR foi purificado com etanol e solubilizado com uma solução de KOH a 2 mol/L. A concentração de AR foi mensurado a 510nm, e o conteúdo foi expresso como g/100 g. Os resultados foram obtidos a partir de três repetições e são apresentados como a média  $\pm$  o desvio padrão.

## **5.2.4 – Testes de Consumidor**

### **5.2.4.1 – Grupo Humano**

O estudo foi conduzido no Laboratório de Análise Sensorial e Estudos do Consumidor (LASEC) da Faculdade de Farmácia (FAFAR) da Universidade de Minas Gerais (UFMG). Cem consumidores habituais (pelo menos duas vezes por mês) de biscoitos foram recrutados entre estudantes e funcionários da FAFAR. Indivíduos com quaisquer restrições de saúde (diabetes, intolerância ao glúten e/ou à lactose, alergia a chocolate, etc.) que impeçam ou tornem não recomendado o consumo de biscoitos tipo cookie sabor de baunilha com chocolate não foram aceitos neste estudo. Para identificar esses casos e caracterizar os participantes, um questionário sócio-demográfico foi preenchido. A participação foi voluntária, e todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê UFMG Ética em Pesquisa (protocolos n ° 03591312.0.0000.5149 e n ° 42681314.0.0000.5149).

### **5.2.4.2 – Testes de Aceitação**

Os seis biscoitos desenvolvidos foram avaliados utilizando uma escala hedônica de nove pontos, variando de 1 (“desgostei extremamente”) a 9 (“gostei extremamente”) em relação à aparência, aroma, textura e sabor.

Os testes foram realizados em três sessões. A primeira sessão (sessão cega) foi feita em condições não informadas. Os consumidores receberam apenas as amostras de biscoito tipo *cookie*, sem qualquer informação sobre eles e, em seguida, manifestaram a sua opinião sobre os biscoitos. Na segunda sessão (sessão de expectativa), os participantes receberam apenas um cartão com informações sobre o tipo - trigo, banana verde ou sorgo – e a quantidade de farinha presente em um *cookie* de imaginário, e eles avaliaram o que seria sua expectativa sobre as amostras. Finalmente, na terceira sessão (sessão informado), os consumidores receberam amostras de biscoito e um cartão com informações sobre o tipo - trigo, banana verde ou sorgo – e a quantidade de farinha presente nos biscoitos tipo *cookies* recebidos. As sessões de expectativa e informada foram realizadas ao mesmo tempo, pelo menos, uma semana após a sessão cega.

Todo o procedimento foi realizado a temperatura controlada (22 °C), sob iluminação branca em cabinas individuais, equipadas com computadores. Todos os questionários foram preenchidos em um formulário online. As amostras de biscoito tipo *cookie* foram servidas em guardanapos brancos identificados com códigos de três dígitos aleatórios e foram apresentados de forma monádica, seguindo um delineamento de blocos incompleto balanceados tipo III. Cada consumidor avaliou três das seis amostras de biscoito tipo *cookie* disponíveis. Os participantes foram solicitados a limpar a boca com água e um biscoito água entre uma amostra e outra (Macfie et al., 1989).

#### **5.2.4.3 – Check All That Apply (CATA)**

Os consumidores foram convidados a responder um questionário CATA, composto por 28 termos descritores sensoriais, selecionados com base em um teste piloto, realizado anteriormente no LASEC. Os consumidores foram solicitados a selecionar todos os termos que eles consideraram apropriados para descrever as amostras de biscoito tipo *cookie* (TARANCÓN et al., 2015). Eles eram:

- Aparência: compacto, rugoso, “esfarelento”, corado, cor clara, aerado, liso e íntegro

- Aroma: natural, característico de baunilha, característico de chocolate, artificial, integral e característico de banana.
- Textura: crocante, quebradiço, desmancha na boca, amanteigado, arenoso, seco, macio e duro.
- Sabor: artificial, característico de baunilha, característico de chocolate, natural, integral e característico de banana.

### 5.2.5 – Análise dos Dados

O teor de AR dos seis biscoitos tipo *cookie* foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), a 5% de significância, seguidos do teste de comparação de médias Tukey, também a 5% de significância.

As respostas individuais de aceitação dos consumidores para as características sensoriais (aparência, sabor, textura e sabor) de cada amostra foram analisadas por ANOVA considerando amostras e consumidores como fontes de variação e um delineamento de blocos incompletos balanceados tipo III. Quando  $p < 0,05$ , foi realizado o teste de Tukey.

ANOVA também foi realizada para verificar influência das informações sobre a expectativa e aceitação dos biscoitos tipo *cookie* avaliados, seguido pelo teste de Tukey, quando  $p < 0,05$  (GACULA, 1984).

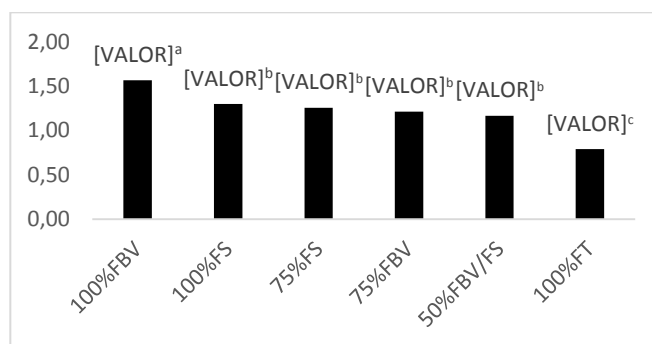
Para análise dos dados do questionário CATA, foi utilizada o teste estatístico não-paramétrico Q de Cochran, para determinar se os consumidores detectaram diferenças significativas entre as amostras para cada um dos termos descritores. Em seguida, a fim de obter uma representação bidimensional das amostras, foi realizada análise de correspondência (CA). Esta análise proporciona um mapa sensorial das amostras em relação à frequência de menção de atributos significativos, o que permite determinar as semelhanças e as diferenças na descrição das amostras (TARACÓN et al., 2015).

Todos os resultados foram expressos como valores médios.

## 5.3 – RESULTADOS

### 5.3.1 – Teor de amido resistente nos seis biscoitos tipo *cookie* desenvolvidos

O teor de AR das seis amostras de biscoitos tipos *cookie* desenvolvidos estão representados na Fig. 5.1. Todos os produtos desenvolvidos com FBV e FS (100%FBV, 75%FBV, 50%FBV/FS, 75%FS e 100%FS) apresentaram níveis de AR significativamente ( $p < 0,05$ ) mais elevados do que a amostra 100%FT. Este cookie foi produzido com farinha de trigo, um ingrediente que não é reconhecido como uma fonte de AR. Entre as amostras de biscoito tipo *cookie* feitas com FBV e FS - que apresentam elevado teor de AR – a 100% FBV apresentou o nível significativamente mais alto ( $p < 0,05$ ) de AR. Este fato era esperado porque a FBV usada no desenvolvimento dos bolinhos tinha um conteúdo mais elevado AR ( $77,89 \pm 4,43$  g/100 g) comparada à FS utilizada. Foi observada diferença não significativa ( $p < 0,05$ ) entre os outros biscoitos elaborados com FBV e FS. Estes resultados indicam que a amostra 100%FBV é o biscoito tipo *cookie* mais indicado para os consumidores que estão interessados em produtos alimentares com níveis elevados AR.



**Figura 5. 1** – Teor de amido resistente nas seis amostras de biscoito tipo *cookie* desenvolvidos.

100%FBV: 100g de farinha de banana verde; 75%FBV: 75g de farinha de banana verde e 25g de farinha de sorgo; 50%FBV/FS: 50g de farinha de banana verde e 50g de farinha de sorgo; 75%FS: 75g de farinha de sorgo e 25 g de farinha de verde; 100%FS: 100g de farinha de sorgo; 100%FT: 100 g de farinha de trigo.



Letras minúsculas sobrescritas diferentes (a-c) indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o teor de amido resistente significativo nos seis biscoitos desenvolvidos, como determinado utilizando o teste de Tukey.

### 5.3.2 – Grupo Humano

As características sociodemográficas dos participantes dos testes sensoriais estão descritas na Tabela 5.2. Entre os consumidores recrutados, a maioria (80%) eram mulheres e 78% eram jovens, com idades entre 15 e 25 anos.

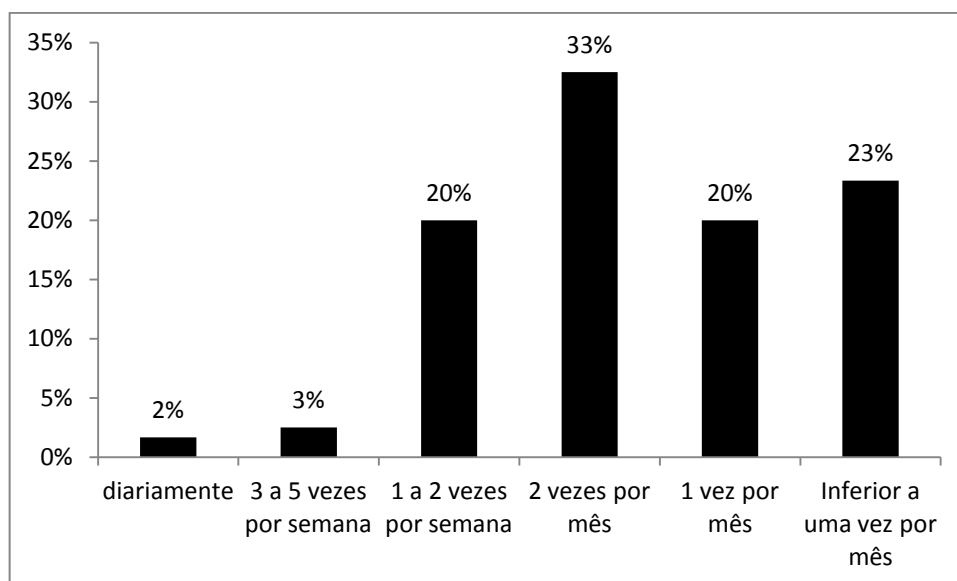
**Tabela 5. 2** – Características sociodemográficas dos participantes do teste sensorial

Gênero	
Feminino	80%
Masculino	20%
Idade (anos)	
15-25	78%
26-35	18%
36-45	3%
46-55	1%

n=120

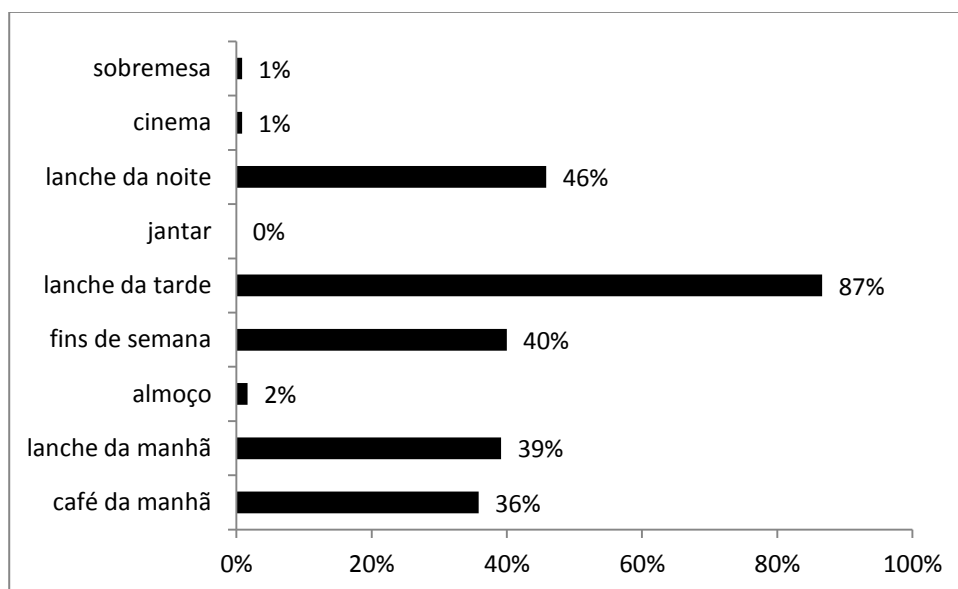
Como pode ser observado na Figura 5.3, o consumo de biscoitos tipo *cookie* é variado entre os consumidores de biscoito recrutados, mas a maioria deles (77%) afirma consumir este produto, pelo menos, uma vez por mês. Quanto ao momento do consumo de biscoitos tipo *cookie* (Figura 5.4), a maior associação foi com os lanches no período da manhã (39%), à tarde (87%) ou à noite (46%), ao passo que, no que diz respeito aos tipos de biscoito, 89% relataram que biscoitos tipo *cookies* com chocolate são a sua escolha preferida (Figura 5.5).

A frequência de observação do rótulo dos biscoitos tipo *cookie* foi citada por 94% dos consumidores de biscoitos, sendo que 23% deles afirmam sempre fazê-lo. Entre os itens mais observados, a data de validade (81%) e preço (74%) se destacaram, seguidos pela tabela de informação nutricional (69%) (Figura 5.6). Estes dados podem indicar que os consumidores estão interesse em informações nutricionais sobre os biscoitos tipo *cookies*.



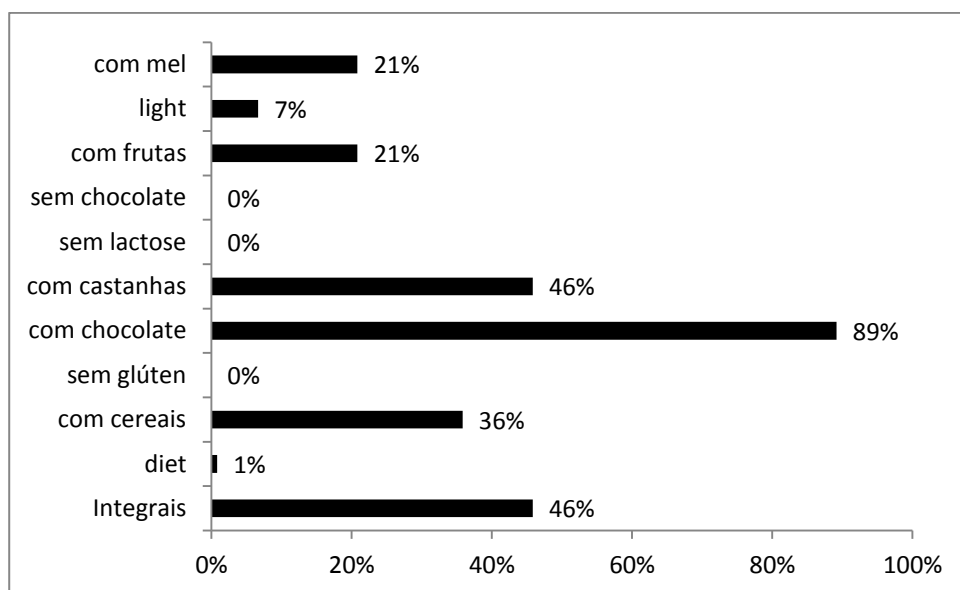
**Figura 5. 2 – Hábitos de consumo do biscoito tipo entre os consumidores de biscoitos**

n=120



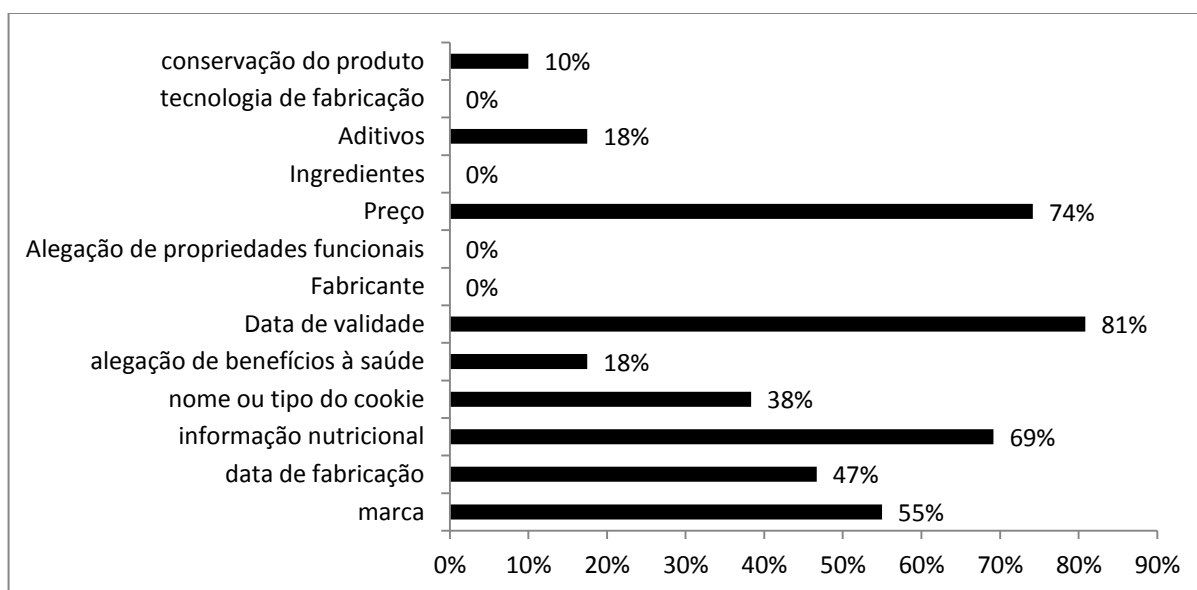
**Figura 5. 3 – Momentos associados ao consumo de biscoito tipo *cookie* entre os consumidores de biscoitos.**

n=120



**Figura 5. 4 – Tipos de *cookies* consumidos pelos consumidores de biscoito.**

n=120



**Figura 5. 5 – Informações de rotulagem de biscoitos tipo *cookie* observadas pelos consumidores de biscoito**

n=120

Quando perguntados sobre a definição AR, apenas 18% deles afirmaram conhecer este conceito. Entre eles, 45% associaram o termo com banana verde.

### 5.3.3 – Testes de aceitação

A Tabela 5.3 apresenta os resultados dos testes de aceitação em condições cegas. As pontuações mais elevadas para todas as características sensoriais avaliadas foram observadas no biscoito tipo *cookie* 100%FBV. Em relação à aparência, o produto 100%FBV apresentou média de aceitação significativamente ( $p < 0,05$ ) superior ao biscoito 100%FT, mas sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em comparação com as outras amostras. A média de sabor dos biscoitos GBF100% foi considerado significativamente ( $p < 0,05$ ) maior do que todas as outras amostras. As médias para a textura do produto 100%GBFe 75%GBF não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre elas, mas foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores em comparação com todas as outras amostras. Em última análise, a média de sabor dos biscoitos 100%GBF não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) do biscoito 100%FS, mas foi significativamente ( $p < 0,05$ ) mais elevada em comparação com todas as outras amostras.

**Tabela 5. 3 – Aceitação das seis amostras de biscoito tipo *cookie* estudadas**

<b>Amostras</b>	<b>Aparência</b>	<b>Aroma</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>
<b>100%FBV</b>	6.28 <sup>a</sup> ± 1.74	7.37 <sup>a</sup> ± 1.31	6.95 <sup>a</sup> ± 1.65	7.20 <sup>a</sup> ± 1.67
<b>75%FBV</b>	5.80 <sup>ab</sup> ± 1,93	6.32 <sup>b</sup> ± 1.88	6.58 <sup>a</sup> ± 1.52	5.65 <sup>c</sup> ± 2.11
<b>50%FBV/FS</b>	5.35 <sup>ab</sup> ± 1.70	5.93 <sup>b</sup> ± 1.74	5.97 <sup>b</sup> ± 1.98	5.65 <sup>c</sup> ± 2.20
<b>75%FS</b>	5.72 <sup>ab</sup> ± 1.86	6.63 <sup>b</sup> ± 1.69	6.05 <sup>b</sup> ± 1.86	6.02 <sup>bc</sup> ± 1.97
<b>100%FS</b>	5.52 <sup>ab</sup> ± 1.89	6.17 <sup>b</sup> ± 1.44	6.25 <sup>b</sup> ± 1.79	6.78 <sup>ab</sup> ± 1.65
<b>100%FT</b>	5.32 <sup>b</sup> ± 2.05	6.73 <sup>b</sup> ± 1.54	5.78 <sup>b</sup> ± 2.07	5.98 <sup>c</sup> ± 1.93

n=60

100%FBV: 100g de farinha de banana verde; 75%FBV: 75g de farinha de banana verde e 25g de farinha de sorgo; 50%FBV/FS: 50g de farinha de banana verde e 50g de farinha de sorgo; 75%FS: 75g de farinha de sorgo e 25 g de farinha de verde; 100%FS: 100g de farinha de sorgo; 100%FT: 100 g de farinha de trigo.

Letras minúsculas sobrescritas diferentes (a-c) na mesma coluna indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o teor de amido resistente significativo nos seis biscoitos desenvolvidos, como determinado utilizando o teste de Tukey.

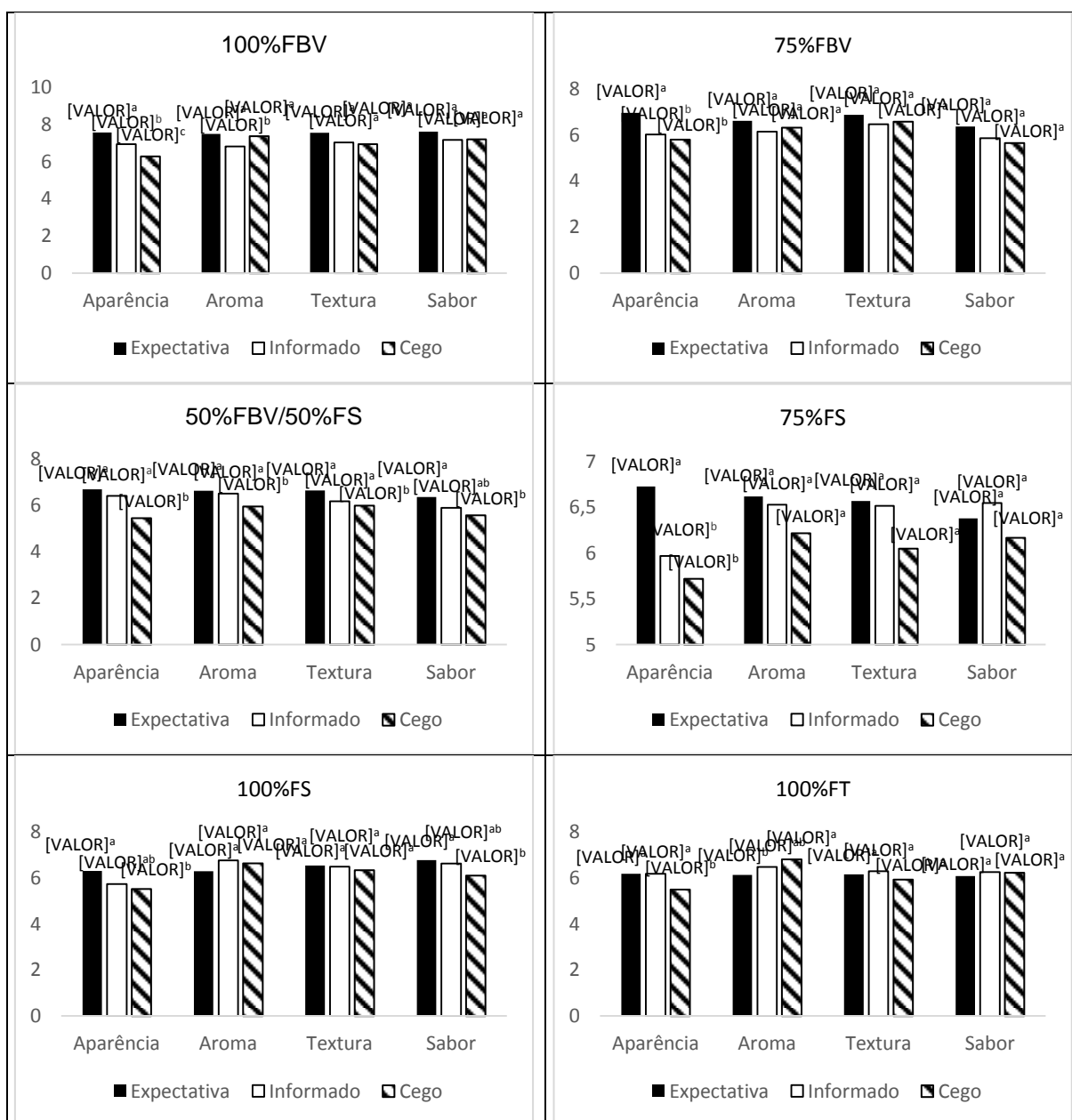
Nenhum dos seis biscoitos estudados apresentaram média de aceitação na área de rejeição (1-4) na escala hedônica de nove pontos adotado. Além disso, nenhuma das amostras experimentais, feitas com FS e FBV, apresentou média significativamente ( $p < 0,05$ ) menor em comparação com o produto padrão, feitos com farinha de trigo (100%FT). Este fato demonstra que os produtos desenvolvidos

com farinhas experimentais mostraram aceitação semelhante ou até maior do que o produto feito com a farinha tradicionalmente usado na produção de biscoitos.

Fasolini et al. (2007) estudaram biscoitos tipo *cookies* produzidos com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de banana verde. Eles observaram médias de aceitação em torno de 7, muito próximas às médias do presente estudo quando se utilizou 100% de FBV. Estes resultados sugerem que a substituição total de FT por FBV na preparação biscoitos tipo *cookie* pode levar a grande aceitação por parte dos consumidores de biscoitos. Em um estudo com biscoitos preparados com farinha de sorgo (58,34 e 66,66% de FS), além de arroz e farinha de milho, e analisados por indivíduos celíacos, Ferreira et al. (2009) também observaram médias de aceitação próximos a 7. Em nosso estudo, os biscoitos tipo *cookie* 50%FBV/FS e 75%FS apresentaram médias de aceitação um pouco inferiores – cerca de 6. Ainda assim, essas médias se encontram na área de aceitação (6-9) da escala hedônica utilizadas de nove pontos usados. Estes dois estudos estão em consonância com a nossa pesquisa, e confirmam o uso potencial da FBV e da FS para a preparação de biscoitos tipo *cookie*.

A influência das informações sobre a expectativa e aceitação dos biscoitos tipo *cookie* desenvolvidos está descrita na Figura 5.7. Para o produto 100%GBF, as médias de aceitação de aparência nas sessões cega, de expectativa e informada foram significativamente ( $p < 0,05$ ) diferentes entre si, sendo que esta última condição apresentou a maior média. Para a característica de aroma, as sessões de expectativa e cega apresentaram médias significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores que no teste informado. Para textura e sabor não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as sessões de cega, de expectativa e informada.

Para os biscoitos tipo *cookie* 75%FBV e 75%FS, só na aparência foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a sessão de expectativa - com a maior média - e as sessões cega e informada. Para todas as outras características sensoriais avaliados não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ).



**Figura 5. 6** – Influência da Informação na Expectativa e Aceitação de biscoitos tipo *cookie*.

n=60

100%FBV: 100g de farinha de banana verde; 75%FBV: 75g de farinha de banana verde e 25g de farinha de sorgo; 50%FBV/FS: 50g de farinha de banana verde e 50g de farinha de sorgo; 75%FS: 75g de farinha de sorgo e 25 g de farinha de verde; 100%FS: 100g de farinha de sorgo; 100%FT: 100 g de farinha de trigo.

Letras minúsculas sobrescritas diferentes (a-c) na mesma característica sensorial para um mesmo biscoitos tipo *cookie* indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias de aceitação dos seis biscoitos desenvolvidos, como determinado utilizando o teste de Tukey.

No que diz respeito à aparência, aroma e textura do produto 50%FBV/FS, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as médias de aceitação das

sessões de expectativa e informada, mas elas foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores do que as médias da sessão cega. Para o sabor, embora a média do teste de expectativa foi significativamente ( $p < 0,05$ ) superior à do teste cego, não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as sessões informada e cega.

As médias de aceitação para a aparência e aroma de biscoito tipo *cookie* FS100% no teste de expectativa foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores do que as médias da sessão cega, mas estes últimos não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) quando comparadas com as médias do teste informado. Para o sabor e textura, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para todas as três sessões.

Em última análise, os resultados das sessões de expectativa e informada para os produtos tradicionais (100%FT) não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre eles, mas eles foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores do que as da sessão cega. A média de aceitação da característica de aroma no teste de expectativa foi significativamente ( $p < 0,05$ ) superior à média da sessão cega, mas não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação às sessões cega e informada. Para textura e sabor, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as três sessões.

Para nenhuma das quatro características sensoriais avaliadas (aparência, sabor, textura e sabor) das amostras de biscoito tipo *cookie* com alto nível AR (100%FBV, 75% FBV, 50% FBV /FS, 75% FS e 100%FS), as médias da sessão de expectativa foram significativamente ( $p < 0,05$ ) menores do que as médias de outras sessões. Isto indica que, em geral, a informação sobre a presença de farinhas com alto teor de AR em biscoitos tipo *cookie* não afetam negativamente a expectativa do consumidor sobre os produtos. Pelo contrário, sabendo que o biscoito tipo *cookie* 100%FT não foi produzido com farinha com níveis elevados AR, afetou negativamente a expectativa dos consumidores em relação ao aroma deste biscoito.

Para a textura e o sabor do biscoito tipo *cookie* 100%FBV, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as três sessões (cega, expectativa e informada). O mesmo foi observado em relação aos produtos 75%FBV e 75%FS para as características sensoriais de sabor, aroma e textura e em relação ao produto 100%SF para sabor e textura. Nestes casos, nem a expectativa, nem as

informações causaram influência na aceitação das características sensoriais dos biscoitos mencionadas. Isto sugere que ambos, as características sensoriais e as informações sobre saudabilidade podem influenciar a aceitação dos biscoitos tipo *cookies* pelos consumidores.

Em um estudo sobre a percepção da informação sobre fonte e quantidade de gordura em biscoitos feitos com diferentes quantidades de óleo de girassol e oliva, Tarancón et al. (2014) observaram que a aceitação dos biscoitos foi influenciada tanto pelo aspecto sensorial quanto pela informação. Carillo, Varela e Fiszman (2012) também estudaram a interação entre as características sensoriais e não-sensoriais que influenciaram a aceitação de biscoitos com reduzido teor de calorias. Eles sugeriram que os fatores não-sensoriais, como informações do rótulo, poderiam influenciar a primeira compra, mas as características sensoriais poderiam influenciar o consumo contínuo do produto investigado.

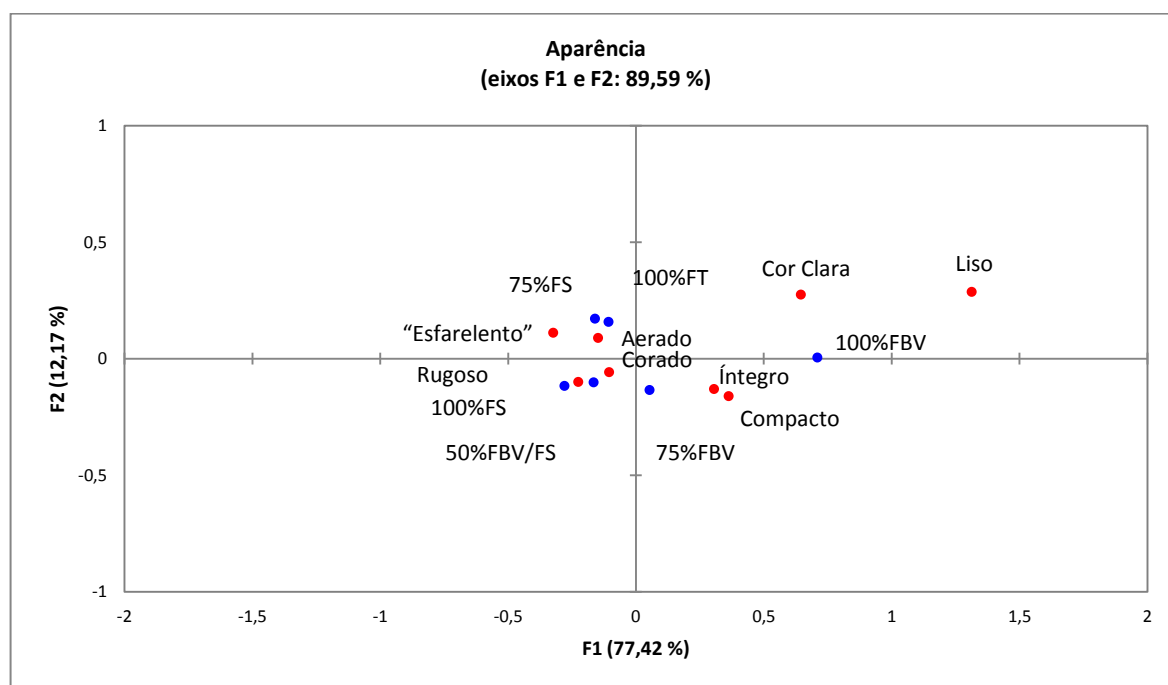
#### **5.3.4 –Check All That Apply (CATA)**

O teste não paramétrico de Q de Cochran foi realizada para determinar se os consumidores poderiam detectar diferenças significativas entre as amostras para cada um dos 28 termos descritores. Em relação à aparência, todos os oito termos apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) na frequência de uso, e poderiam, assim, ser usados para apontar diferenças na percepção dos biscoitos tipo *cookie*. Em relação ao aroma, dois dos seis termos (natural e artificial) não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na frequência de uso, e por isso foram excluídos deste estudo. Em relação à textura, quatro dos oito termos (desmancha na boca, amanteigado, seco e macio) não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nas frequências de uso, enquanto para o sabor dois dos seis (artificial e natural) não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nas frequências de utilização. Portanto, a AC foi realizada com apenas 20 dos 28 termos usados para descrever as amostras estudadas.

A AC dos oito termos de aparência esta apresentada na Figura 5.8. As duas primeiras dimensões do gráfico de AC explicaram 89,59% da variabilidade



global do conjunto de dados. A primeira e a segunda dimensões representaram 77,42% e 12,17% da variabilidade global, respectivamente. Com relação à aparência, pode-se dizer que o produto com 100% de FBV parece ser descrito como “Cor Clara” e “Liso”. Já os produtos com 75% de FS e com 100% de FT podem ser caracterizados como “Aerado” e “Esfarelento”. Os produtos com 100% de FS e com 50% de FS e 50% de FBV associam-se aos termos “Rugoso” e “Corado”. Por fim, o Produto com 75% de FBV foi descrito como “Íntegro” e “Compacto”.



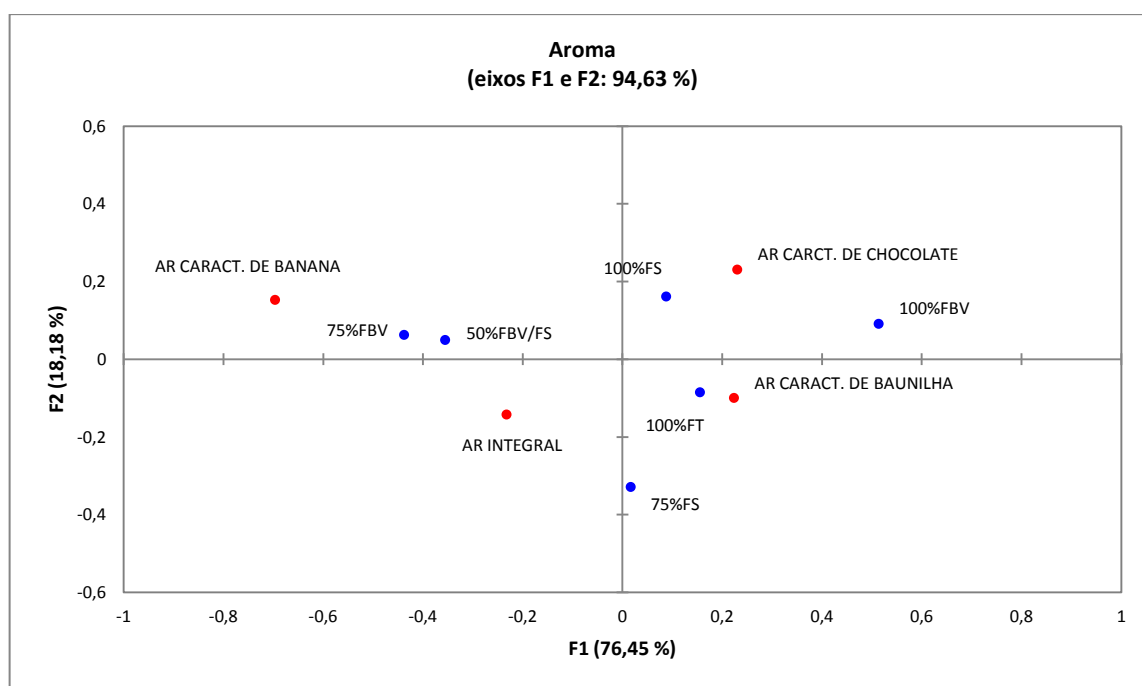
**Figura 5. 7 – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de Cookies em relação à Aparência.**

n=60

100%FBV: 100g de farinha de banana verde; 75%FBV: 75g de farinha de banana verde e 25g de farinha de sorgo; 50%FBV/FS: 50g de farinha de banana verde e 50g de farinha de sorgo; 75%FS: 75g de farinha de sorgo e 25 g de farinha de verde; 100%FS: 100g de farinha de sorgo; 100%FT: 100 g de farinha de trigo.

Quando o aroma foi analisado (Figura 5.9), as duas primeiras dimensões da do gráfico de AC explicou 94,63% da variabilidade global do conjunto de dados. A primeira e segunda dimensões representaram 76,45% e 18,18% da variabilidade global; respectivamente. É possível observar que os produtos com 100% de FS e com 100% de FBV foram descritos como tendo “Aroma Característico de Chocolate”.

A amostra com 100% de FS é bem descrita pelo termo “Aroma Característico de Baunilha”, enquanto que a Amostra com 75% de FS foi associada aos termos “Aroma Integral” e “Aroma Característico de Baunilha”. Às amostras com 75% de FBV e com 50% de FS e 50% de FBV foram atribuídos os termos “Aroma Característico de Banana” e “Aroma Integral”.

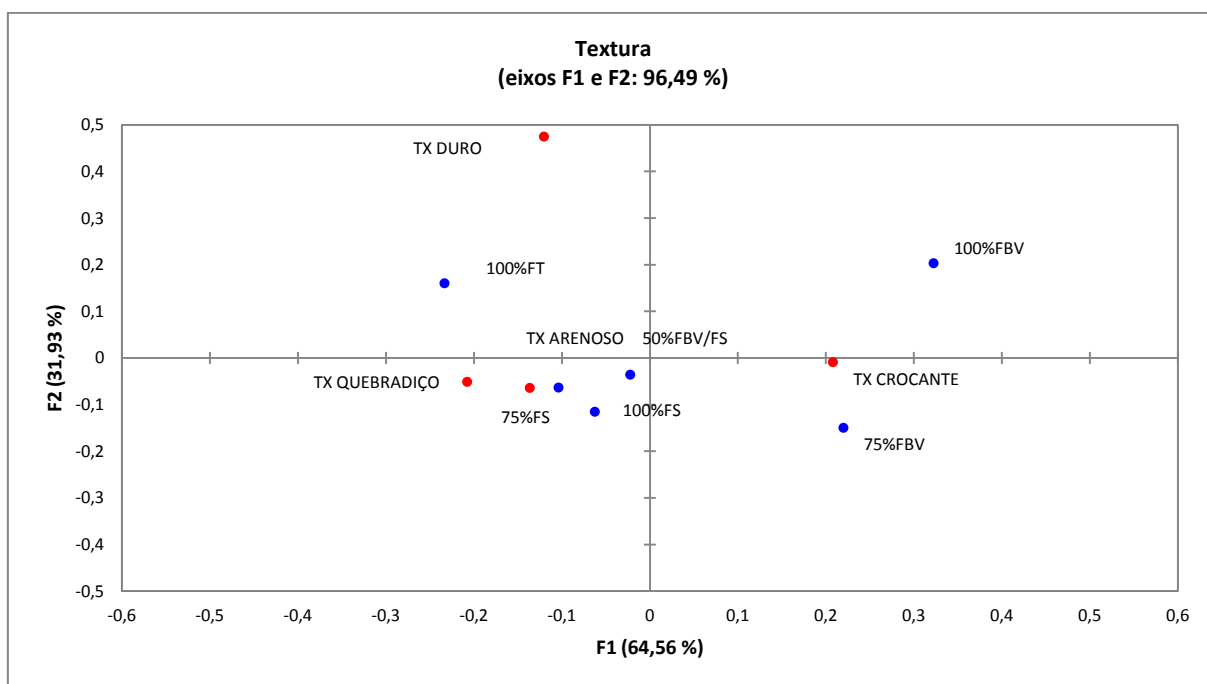


**Figura 5. 8** – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de Cookies em relação à Aroma.

n=60

100%FBV: 100g de farinha de banana verde; 75%FBV: 75g de farinha de banana verde e 25g de farinha de sorgo; 50%FBV/FS: 50g de farinha de banana verde e 50g de farinha de sorgo; 75%FS: 75g de farinha de sorgo e 25 g de farinha de verde; 100%FS: 100g de farinha de sorgo; 100%FT: 100 g de farinha de trigo.

Para textura (Figura 5.10), as duas primeiras dimensões do gráfico de AC explicaram 96,49% da variabilidade global do conjunto de dados. A primeira e segunda dimensões representaram 64,56% e 31,93% da variabilidade global; respectivamente. As amostras com 100 e 75% de FBV foram associadas ao termo “Crocante”. Já as amostras com 100 e 75% de FS foram descritas como “Quebradiça” e “Arenosa”. A Amostra com 100% de FT foi caracterizada como “Dura”.

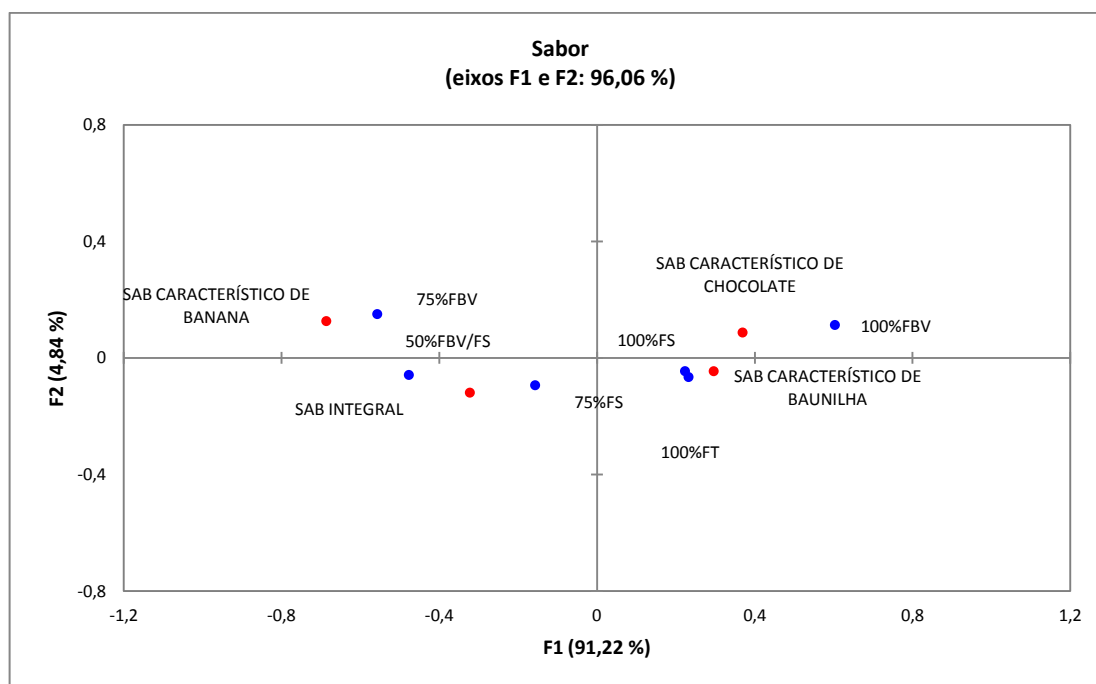


**Figura 5. 9** – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de Cookies em relação à Textura.

n=60

100%FBV: 100g de farinha de banana verde; 75%FBV: 75g de farinha de banana verde e 25g de farinha de sorgo; 50%FBV/FS: 50g de farinha de banana verde e 50g de farinha de sorgo; 75%FS: 75g de farinha de sorgo e 25 g de farinha de verde; 100%FS: 100g de farinha de sorgo; 100%FT: 100 g de farinha de trigo.

As duas primeiras dimensões do gráfico de AC para o sabor (Figura 5.11) explicaram 96,06% da variabilidade global do conjunto de dados. A primeira e segunda dimensões representaram 91,22% e 4,84% da variabilidade global; respectivamente. O Sabor da amostra com 75% de FBV foi descrito como “Característico de Banana”, enquanto que as amostras com 50 e 75% de FS foram caracterizadas como “Sabor Integral”. As Amostras com 100% de FS e com 100% de FT associaram-se ao termo “Característico de Baunilha”. A Amostra de 100% de FBV foi descrita com o termo “Característico de Chocolate”.



**Figura 5. 10** – Análise de Correspondência do questionário de CATA para avaliação de Cookies em relação à Sabor.

n=60

100%FBV: 100g de farinha de banana verde; 75%FBV: 75g de farinha de banana verde e 25g de farinha de sorgo; 50%FBV/FS: 50g de farinha de banana verde e 50g de farinha de sorgo; 75%FS: 75g de farinha de sorgo e 25 g de farinha de verde; 100%FS: 100g de farinha de sorgo; 100%FT: 100 g de farinha de trigo.

## 5.4 CONCLUSÕES

Todos os biscoitos tipo *cookie* desenvolvidos com FBV e FS apresentaram níveis de AR significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores do que a amostra 100 %FT. O produto com 100%FBV apresentou o mais alto ( $p < 0,05$ ), nível AR o que sugere que este é o *cookie* mais indicado para os consumidores que estão interessados em produtos alimentares com níveis elevados AR.

Em geral, informações sobre a presença de farinhas com alto teor de AR em cookies não afetou negativamente a expectativa do consumidor sobre os produtos, uma vez que para nenhuma das quatro características sensoriais avaliadas a média da sessão de expectativa foi significativamente ( $p < 0,05$ ) menor do que as médias das outras sessões.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa – Milho e Sorgo (Brasil), à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, Brasil), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) pelo suporte financeiro e bolsas de graduação e pós-graduação.

## REFERÊNCIAS

AACC International. (2001). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (method 32-40) for Resistant Starch. (11<sup>th</sup> ed). St. Paul, Mn, Usa.

AACC. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 9ed, Saint Paul, 2008.

ABDEL-MOEMIN, Aly R. Healthy cookies from cooked fish bones. **Food Bioscience**, v. 12, p. 114-121, 2015.

ANNUNZIATA, A. et al. Nutritional information and health warnings on wine labels: Exploring consumer interest and preferences. **Appetite**, 2016.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. (2002). Official Methods of Analysis. (17th ed). Gaithersburg, Md.

APARICIO-SAGUILÁN, Alejandro et al. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3, p. 175-181, 2007.

APEA-BAH, Franklin B. et al. Sorghum–cowpea composite porridge as a functional food, Part II: Antioxidant properties as affected by simulated in vitro gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 197, p. 307-315, 2016.

CARRILLO, Elizabeth; VARELA, Paula; FISZMAN, Susana. Effects of food package information and sensory characteristics on the perception of healthiness and the acceptability of enriched biscuits. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 209-216, 2012.

CHENG, Yueh Fang; BHAT, Rajeev. Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour. **Food Bioscience**, v. 14, p. 54-61, 2016.

CIOFFI, Catherine E. et al. A nudge in a healthy direction. The effect of nutrition labels on food purchasing behaviors in university dining facilities. **Appetite**, v. 92, p. 7-14, 2015.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Mensal: Sorgo, janeiro de 2016**. Brasília, DF: 2016. 7p.

DANTAS, J.L.L.; SOARES FILHO, W. dos S. Classificação botânica, origem e evolução. In: CORDEIRO, J. M. (Org.). *Banana produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 143 p. (Frutas do Brasil, 1).

DE MORAIS CARDOSO, Leandro et al. Phenolic compounds profile in sorghum processed by extrusion cooking and dry heat in a conventional oven. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 220-226, 2015

DUTA, Denisa Eglantina; CULETU, Alina. Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 162, p. 1-8, 2015.

FAOSTAT (Food and Agriculture organization of the United Nations Statistics Division), 2014. URL <http://faostat3.fao.org/home/E>. Accessed 10.01.14.

FAOSTAT (Food and Agriculture organization of the United Nations Statistics Division), 2014. URL <http://faostat3.fao.org/home/E>. Accessed 10.01.14.

FASOLIN, Luiz Henrique et al. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.

FERNANDES, Ana Carolina et al. Perceptions of university students regarding calories, food healthiness, and the importance of calorie information in menu labelling. **Appetite**, v. 91, p. 173-178, 2015.

FERREIRA, Sila Mary Rodrigues et al. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 59, n. 4, p. 433, 2009.

GACULA, Maximo C. **Design and analysis of sensory optimization**. Trumbull, Conn., USA: Food & Nutrition Press, c1993. xi, 301 p

GARGARI, Bahram Pourghassem et al. Is there any place for resistant starch, as alimentary prebiotic, for patients with type 2 diabetes?. **Complementary therapies in medicine**, v. 23, n. 6, p. 810-815, 2015.

HADNADEV, Tamara Dapčević et al. Functionality of OSA starch stabilized emulsions as fat replacers in cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 167, p. 133-138, 2015.

HARAZAKI, Tomomi et al. Resistant starch improves insulin resistance and Reduces adipose tissue weight and CD11c expression in rat OLETF adipose tissue. **Nutrition**, v. 30, n. 5, p. 590-595, 2014.

HIGGINS, Janine A. et al. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. **Nutrition & Metabolism**, v. 1, n. 1, p. 1, 2004.

IZIDORO, D.R.; IERAKOWSKI, M.; HAMINIUK, C.W.I.; SOUZA, C.F.; SCHEER, A.G. Physical and chemical properties of ultrasonically, spray-dried green banana (*Musa cavendish*) starch. **Journal of Food Engineering**, v.104, n.4, p.639-648, 2011.

KOUROUNOTIS, S. et al. The importance of flavor on dietary choice, behaviour and intake in a group of young adults. **Appetite**, v. 103, p. 1-7, 2016.

KWEON, Meera et al. Cookie-Versus Cracker-Baking—What's the Difference? Flour Functionality Requirements ExploRed by SRC and Alveography. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 54, n. 1, p. 115-138, 2014.

MACFIE, H.J.H.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L.V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, p.129-148, 1989.

MEHMOOD, Sajid et al. Fatty acid composition of seed oil of different Sorghum bicolor varieties. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 109, n. 4, p.855-859, ago. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.014>. (4), 855–859.

MESSIA, M. C. et al. Effects of pre-fermented wheat bran on dough and bread characteristics. **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 138-144, 2016.

MILLER, R.. Biscuits, cookies and crackers—nature of the products. **Encyclopaedia of Food Sciences**, 2016.

MIR, Shabir Ahmad et al. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. **Trends in Food Science & Technology**, v. 51, p. 49-57, 2016.

NIBA, Lorraine L; HOFFMAN, Jill. Resistant starch and  $\beta$ -glucan levels in grain sorghum (*Sorghum bicolor* M.) are influenced by soaking and autoclaving. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 81, n. 1, p.113-118, maio 2003.

PBMH & PIF (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS). **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

PRADO-SILVA, L. et al. Sesame and resistant starch Reduce the colon carcinogenesis and oxidative stress in 1, 2-dimethylhydrazine-induced cancer in Wistar rats. **Food Research International**, v. 62, p. 609-617, 2014.

SARTESHNIZI, Roghayeh Amini et al. Optimization of prebiotic sausage formulation: Effect of using  $\beta$ -glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 704-710, 2015.

SCARMINIO, Viviane et al. Dietary intervention with green dwarf banana flour (*Musa* sp AAA) prevents intestinal inflammation in a trinitrobenzenesulfonic acid model of rat colitis. **Nutrition research**, v. 32, n. 3, p. 202-209, 2012.

SILVA, Sebastião de Oliveira et al. Avaliação de clones de banana Cavendish. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 832-837, set./out., 2006.

SUI, Xiaonan; ZHANG, Yan; ZHOU, Weibiao. Bread fortified with anthocyanin-rich extract from black rice as nutraceutical sources: Its quality attributes and in vitro digestibility. **Food chemistry**, v. 196, p. 910-916, 2016.



TARANCÓN, P. et al. Use of healthier fats in biscuits (olive and sunflower oil): changing sensory features and their relation with consumers' liking. **Food Research International**, v. 69, p. 91-96, 2015.

TARANCÓN, Paula et al. Consumers' hedonic expectations and perception of the healthiness of biscuits made with olive oil or sunflower oil. **Food Research International**, v. 55, p. 197-206, 2014.

TEIXEIRA, Nde C. et al. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. **Food chemistry**, v. 197, n. Pt A, p. 291-296, 2016.

VALLI, Veronica et al. Antioxidative and anti-inflammatory effect of in vitro digested cookies baked using different types of flours and fermentation methods. **Food Research International**, 2015.

VERAIN, Muriel CD; SIJTSEMA, Siet J.; ANTONIDES, Gerrit. Consumer segmentation based on food-category attribute importance: The relation with healthiness and sustainability perceptions. **Food Quality and Preference**, v. 48, p. 99-106, 2016.

WILLIS, Holly J. et al. Greater satiety response with resistant starch and corn bran in human subjects. **Nutrition Research**, v. 29, n. 2, p. 100-105, 2009.

YUE, P.; WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal foods world (USA)**, 1998.

ZHOU, ZhongKai et al. Resistant starch manipulated hyperglycemia/hyperlipidemia and related genes expression in diabetic rats. **International journal of biological macromolecules**, v. 75, p. 316-321, 2015.

ŽILIĆ, Slađana et al. Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 597-603, 2016.

## CONCLUSÕES INTEGRADAS

Os teores de AR nos 49 genótipos de sorgo avaliados variaram desde valores muito baixos (0,31 g/100 g) para o genótipo SC6 a valores muito altos (65,65 g/100 g) para o genótipo SC 59. Os genótipos estudados com baixo teor de AR podem ser mais indicados para a alimentação animal, enquanto que, aqueles com elevado teor deste composto, podem ser incluídos em estudos de desenvolvimento de alimentos com apelo saudável.

O tratamento térmico normalmente aplicado para a cocção dos grãos ou da farinha de sorgo causou Redução no teor de AR destes produtos. Quando foi aplicado o calor úmido, observou-se uma drástica Redução dos níveis de AR, enquanto que o calor seco causou Redução de, no máximo, 15% deste composto. O calor seco, como utilizado no assamento de biscoitos, é, portanto, mais indicado para a cocção de produtos desenvolvidos com farinha de sorgo do que o calor úmido.

Em geral, altas temperaturas e tempos longos reduziram o teor de AR durante a elaboração de farinhas de banana verde. A temperatura de 40 °C aplicada por um tempo de quatro ou seis horas elevou significativamente o teor de AR das farinhas de banana verde produzidas sob estas condições em relação à sua matéria prima (banana verde *in natura*), além de estas terem apresentados os maiores teores de AR em comparação com todas as outras farinhas desenvolvidas. Assim, controlar o tempo e a temperatura durante a produção de farinha de banana verde é essencial quando se deseja obter um produto com elevado teor de AR para incorporação em alimentos. Deve-se, portanto, utilizar o menor tempo e a menor temperatura possíveis para a elaboração de farinha de banana verde.

A farinha de banana verde produzida utilizando a temperatura de 40 °C por quatro horas apresentou elevado teor de AR (77,89 g/100 g), e pode ser considerada uma importante fonte de AR, com potencial para incorporação em produtos alimentícios diversos, uma vez que a análise colorimétrica revelou que esta farinha apresentou cor clara. O processamento térmico da banana verde para a produção de farinhas resultou em Redução no teor de fibra e de compostos fenólicos.

Todos os cookies experimentais desenvolvidos com farinhas de banana verde e sorgo em diferentes proporções apresentaram teor de AR significativamente

maior que a amostra produzida com farinha de trigo. A amostra feita apenas com farinha de banana verde apresentou o maior teor de AR entre os cookies estudados. Este resultado era esperado, uma vez que esta farinha apresentou maior teor de AR comparado à farinha de sorgo utilizada. A farinha de banana verde pode, portanto, ser utilizada para a produção de biscoitos tipo *cookie* com elevado teor de AR.

Nenhuma das amostras experimentais apresentou médias de aceitação na área de rejeição da escala hedônica adotada, nem teve aceitação significativamente menor que o produto padrão, feito com farinha de trigo, demonstrando o potencial uso das farinhas de banana verde e de sorgo como substitutos de farinhas tradicionais. As maiores médias de aceitação entre os cookies avaliados foram observadas para o produto desenvolvido com 100% de farinha de banana verde, o qual teria o maior potencial de mercado entre os produtos analisados. De uma maneira geral, a presença de informação sobre a presença de farinhas com elevado teor de AR não influenciou negativamente as expectativas dos consumidores sobre os produtos.

A presença de 100% de farinha de banana verde parece não ter alterado a cor do produto, uma vez que o cookie com esta composição foi descrito como tendo “cor clara”. Já a cor da farinha de sorgo, que é avermelhada, parece ter influenciado a aparência dos produtos feitos com 100% ou 50% de farinha de sorgo, os quais foram caracterizados como “corados”. O fato de esta farinha ser feita com o grão inteiro pode também ter contribuído para a caracterização dos produtos feitos com 100% e 75% de farinha de sorgo como “arenosos”. Os produtos feitos com 50% e 75% desta farinha foram também associados ao aroma “integral”.

## REFERÊNCIAS

AACC International. (2001). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (method 32-40) for Resistant Starch. (11<sup>th</sup> ed). St. Paul, Mn, Usa.

AACC. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 9ed, Saint Paul, 2008.

ABDEL-MOEMIN, Aly R. Healthy cookies from cooked fish bones. **Food Bioscience**, v. 12, p. 114-121, 2015.

ABIMAPI – Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados. Disponível em: <<http://abima.com.br/biscoitos.php>> Acesso em 05 de abril de 2016.

ALMEIDA, L. F. Amidos: Fontes, estruturas e propriedades funcionais. **Aditivos. Ingredientes. Editora Insumos, Julho-Agosto, nº63**, 2009.

APARICIO-SAGUILÁN, Alejandro et al. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3, p. 175-181, 2007.

BOBBIO, F.O; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2003. 238 p.

BRASIL. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978. Aprova "Normas técnicas especiais". Diário Oficial da União, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 24 de julho de 1978.

BRASIL. Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o "Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos". Diário Oficial da União, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 23 de setembro de 2005.

BRITES, Carla M. et al. Maize and resistant starch enriched breads Reduce postprandial glycemic responses in rats. **Nutrition Research**, v. 31, n. 4, p. 302-308, 2011.

CARDOSO, Leandro de Moraes et al. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. **Food chemistry**, v. 152, p. 210-217, 2014.

CHAUHAN, Arti; SAXENA, D. C.; SINGH, Sukhcham. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n. 2, p. 939-945, 2015.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Mensal: Sorgo, janeiro de 2016**. Brasília, DF: 2016. 7p.

COSTA, Paula Fernanda Pinto da et al. Functional extruded snacks with lycopene and soy protein. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 30, n. 1, p. 143-151, 2010.

DA CRUZ, David Bandeira et al. Structural and technological characteristics of starch isolated from sorghum as a function of drying temperature and storage time. **Carbohydrate polymers**, v. 133, p. 46-51, 2015.

DANTAS, J.L.L.; SOARES FILHO, W. dos S. Classificação botânica, origem e evolução. In: CORDEIRO, J. M. (Org.). *Banana produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 143 p. (Frutas do Brasil, 1).

DICKO, Mamoudou H. et al. Review: Sorghum grain as human food in Africa: relevance of starch content and amylase activities. **African journal of biotechnology**, v. 5, p. 384-395, 2006.

DUARTE, Jason de Oliveira. **Cultivo do sorgo: mercado e utilização**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção, n.2, 8ª edição, Outubro de 2012.

DUTA, Denisa Eglantina; CULETU, Alina. Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 162, p. 1-8, 2015.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de banana para o estado de Rondônia**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaRondonia/index.htm>>. Acesso em 22 de Novembro de 2011.

ENGLYST, H.; WIGGINS, H. S.; CUMMINGS, J. H. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. **Analyst**, v. 107, n. 1272, p. 307-318, 1982.

ENGLYST, Hans N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European journal of clinical nutrition**, v. 46, p. S33-50, 1992.

FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). Information on Post-harvest Operations of Sorghum, 1999. URL <http://www.fao.org/inpho/inpho-post-harvest-compendium/cereals-grains/en/>. Accessed 10.01.14.

FAOSTAT (Food and Agriculture organization of the United Nations Statistics Division), 2014. URL <http://faostat3.fao.org/home/E>. Accessed 10.01.14.

FLORES-MORALES, A.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; MORA-ESCOBEDO, Rosalva. Determination of the structural changes by FT-IR, Raman, and CP/MAS 13 C NMR spectroscopy on retrograded starch of maize tortillas. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 1, p. 61-68, 2012.

HADNADEV, Tamara Dapčević et al. Functionality of OSA starch stabilized emulsions as fat replacers in cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 167, p. 133-138, 2015.

HIGGINS, Janine A. et al. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. **Nutrition & Metabolism**, v. 1, n. 1, p. 1, 2004.

ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos) Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos, 2° ed. rev. e ampl. – Campinas: ITAL, 1985. 302p.

IZIDORO, D.R.; IERAKOWSKI, M.; HAMINIUK, C.W.I.; SOUZA, C.F.; SCHEER, A.G. Physical and chemical properties of ultrasonically, spray-dried green banana (*Musa cavendish*) starch. **Journal of Food Engineering**, v.104, n.4, p.639-648, 2011.

JIANG, Huanhuan et al. Digestibility and changes to structural characteristics of green banana starch during in vitro digestion. **Food Hydrocolloids**, v. 49, p. 192-199, 2015.

JOHNSTON, K. L. et al. Resistant starch improves insulin sensitivity in metabolic syndrome. **Diabetic Medicine**, v. 27, n. 4, p. 391-397, 2010.

KEMPKA, Aniela Pinto et al. Formulação de bebida láctea fermentada sabor pêssego utilizando substratos alternativos e cultura probiótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 170-177, 2008.

KHAN, Imran et al. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. **Food Research International**, [s.l.], v. 54, n. 1, p.578-586, nov. 2013.

KIM, Woo K. et al. Effect of resistant starch from corn or rice on glucose control, colonic events, and blood lipid concentrations in streptozotocin-induced diabetic rats. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 14, n. 3, p. 166-172, 2003.

LAJOLO, Franco María et al. Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud. **Varela: São Paulo**, 2001.

LEMLIOGLU-AUSTIN, Dilek et al. Effects of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] crude extracts on starch digestibility, estimated glycemic index (EGI), and resistant starch (RS) contents of porridges. **Molecules**, v. 17, n. 9, p. 11124-11138, 2012.

LIU, Ruiping; XU, Guifa. Effects of resistant starch on colonic preneoplastic aberrant crypt foci in rats. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 8, p. 2672-2679, 2008.

LIU, Xingxun et al. In situ thermal decomposition of starch with constant moisture in a sealed system. **Polymer Degradation and Stability**, v. 93, n. 1, p. 260-262, 2008.

LONDOÑO-RESTREPO, Sandra M. et al. Physicochemical, morphological, and rheological characterization of *Xanthosoma robustum* Lego-like starch. **International journal of biological macromolecules**, v. 65, p. 222-228, 2014.

LÓPEZ, Olivia V. et al. Thermoplastic starch plasticized with alginate–glycerol mixtures: Melt-processing evaluation and film properties. **Carbohydrate polymers**, v. 126, p. 83-90, 2015.

MARETI, Mirian Cristina; GROSSMANN, Maria Victória Eiras; BENASSI, Marta de Toledo. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 878-883, 2010.

MEHMOOD, Sajid et al. Fatty acid composition of seed oil of different *Sorghum bicolor* varieties. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 109, n. 4, p.855-859, ago. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.014>. (4), 855–859.

MILLER, R.. Biscuits, cookies and crackers—nature of the products. **Encyclopaedia of Food Sciences**, 2016.

MORAES, Érica Aguiar et al. In vivo protein quality of new sorghum genotypes for human consumption. **Food chemistry**, v. 134, n. 3, p. 1549-1555, 2012.

MORAES, Érica Aguiar et al. Sorghum flour fractions: Correlations among polysaccharides, phenolic compounds, antioxidant activity and glycemic index. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 180, p.116-123, ago. 2015. Elsevier

MOREIRA, R. S.; CORDEIRO, Z. J. M. A história da banana no Brasil. **Proceedings Reunião Internacional de Acorbat: Bananicultura: Um Negócio Sustentável**, p. 48-82, 2006.

NIBA, Lorraine L; HOFFMAN, Jill. Resistant starch and  $\beta$ -glucan levels in grain sorghum (*Sorghum bicolor* M.) are influenced by soaking and autoclaving. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 81, n. 1, p.113-118, maio 2003.

PARK, Jihyun; CHOI, Induck; KIM, Yookyung. Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value. **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 660-666, 2015.

PAUCAR-MENACHO, Luz Maria et al. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 767-778, 2008.

PBMH & PIF (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS). **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

PEREIRA, Karla Dellanoce. Resistant starch, the latest generation of energy control and healthy digestion. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 27, p. 88-92, 2007.

QUEIROZ, VALÉRIA APARECIDA VIEIRA et al. Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*sorghum bicolor* (L.) moench], para alimentação humana. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 180-195, 2012.



RAMOS, D.P.; LEONEL, M.; LEONELA, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição, Araraquara**, v.20, n.3, p. 479-483, jul./set. 2009.

RIBAS, Paulo Motta. **Sorgo: introdução e importância econômica**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

RIBAS, Paulo Motta. **Cultivo do sorgo: importância econômica**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção, n.2, 3ª edição, setembro de 2007.

RODRÍGUEZ-CABEZAS, Maria Elena et al. The combination of fructooligosaccharides and resistant starch shows prebiotic additive effects in rats. **Clinical nutrition**, v. 29, n. 6, p. 832-839, 2010.

SANTOS, Fredolino Giacomini, TARDIN, Flávio Dessaune. **Cultivo do sorgo: cultivares**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção, n.2, 3ª edição, setembro de 2007.

SILVA, Sebastião de Oliveira et al. Avaliação de clones de banana Cavendish. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 832-837, set./out., 2006.

TACO, Tabela Brasileira de Composição Química dos Alimentos, Campinas: NEPA/UNICAMP. 2ª ed, 2006, 104p.

TAYLOR, John RN; SCHOBBER, Tilman J.; BEAN, Scott R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. **Journal of Cereal Science**, v. 44, n. 3, p. 252-271, 2006.

USDA (Estados Unidos da América Department of Agriculture). Sorghum Production by Country in 1000 MT, 2014. URL <http://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=sorghum> Accessed 5.08.14

WANG, Juan et al. Changes in resistant starch from two banana cultivars during postharvest storage. **Food chemistry**, v. 156, p. 319-325, 2014.

WILLIS, Holly J. et al. Greater satiety response with resistant starch and corn bran in human subjects. **Nutrition Research**, v. 29, n. 2, p. 100-105, 2009.

YUE, P.; WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal foods world (USA)**, 1998.