



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ALEXANDRE SANTA BARBARA AZEVEDO

**CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE FIBRA DE BORRA  
DE CAFÉ MODIFICADA POR TRATAMENTO COM  
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO**

---

Londrina  
2007

**ALEXANDRE SANTA BARBARA AZEVEDO**

**CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE FIBRA DE BORRA  
DE CAFÉ MODIFICADA POR TRATAMENTO COM  
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Profa. Dra. Maria Victoria Eiras Grossmann

Londrina  
2007

**Catálogo na Publicação Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

A994c Azevedo, Alexandre Santa Barbara.

Caracterização e aplicação de fibra de borra de café modificada  
por tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino / Alexandre  
Santa Barbara Azevedo. – Londrina, 2007.  
41f. : il.

Orientador: Maria Victoria Eiras Grossmann.

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade  
Estadual de Londrina, Centro de Ciência e Tecnologia de Alimentos,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2007.

Bibliografia: f.38-41

1. Fibra alimentar – Borra de café – Teses. 2. Borra de café –  
Modificação química – Ciência de Alimentos – Teses. 3. Biscoitos -  
Fibra de borra de café – Teses. I. Grossmann, Maria Victoria Eiras.  
II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciência e Tecnologia  
de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.  
III. Título.

CDU 664.6/.7

**ALEXANDRE SANTA BARBARA AZEVEDO**

**CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE FIBRA DE BORRA  
DE CAFÉ MODIFICADA POR TRATAMENTO COM  
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Maria Victoria Eiras Grossmann  
Universidade Estadual de Londrina  
Presidente / Orientador

---

Profa. Dra. Adelaide Del Pino Beléia  
Universidade Estadual de Londrina

---

Profa. Dra. Neusa Fátima Seibel  
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Londrina, 09 de novembro de 2007.

*Aos meus pais, Paulo Roberto e Teresinha.  
Por transcenderem o papel de pais e serem acima de tudo, meus amigos.  
Pela educação proporcionada. Por entenderem minhas ausências e a nossa distância física.  
Vocês são minha maior inspiração e meu maior incentivo nesta caminhada.  
O meu porto seguro, aqueles que acreditam em mim e me ajudam a levantar nas horas de  
angústia e nos tropeços.  
Acima de tudo, obrigado pelo amor incondicional.*

*À vocês dedico.*

## AGRADECIMENTOS

De modo muito especial, à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Victoria Eiras Grossmann pela orientação segura, pelo conhecimento transmitido, pelo incentivo e sabedoria. Por acreditar em mim e pela serenidade transmitida frente aos momentos de dúvida.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta de Toledo Benassi, pela correção e valiosas sugestões no exame de qualificação e pelo auxílio na análise sensorial.

À minha irmã Andréa. Pelo exemplo de dedicação ao trabalho e à família. Por ser mais que uma irmã. *“Vai por mim, somos corpo e alma. Meu irmão, meu par”*. À Renata, minha sobrinha, por entender a distância que nos separa e ser tão amorosa.

À futura Dr<sup>a</sup>. Josiane Vignolli, grande incentivadora e amiga, pelo exemplo de profissionalismo e dedicação à pesquisa.

À Luciana Yoshiara, que muito me ensinou nesses últimos anos, pelo prazer da amizade, pelos muitos momentos alegres e por ser um “ombro terapêutico” nos momentos de angústia. À Renata Dinnies, pelo conhecimento compartilhado e pelas tantas vezes em que foi só bater na porta do apartamento ao lado e encontrar uma amiga.

À Ana Augusta pela amizade sincera, pelo exemplo de dedicação ao trabalho, pela companhia nas manhãs frias de inverno nos corredores entre os laboratórios, até mesmo nos finais de semana. À Caroline Calliari, cuja inteligência e carisma me cativaram; uma pessoa sábia, iluminada e agregadora. À Daryne, pelo auxílio nas análises de textura, pelo companheirismo de todas as manhãs rumo ao trabalho e pelo riso solto e alegre que tanto me divertiram. À Nádia, pela doçura de suas palavras em longas conversas entre um café e outro.

Aos muitos colegas/amigos que nesse tempo de convivência somaram um pouco mais em mim através de gestos, conversas, trocas de idéias, divergências, silêncios e muito trabalho: Denis, Fabrício, Melícia, Bete, Mirian, Lu Lobato, Tom, Amanda,

Cláudio, Lu Hayashi, Aniê, Michelle, Norma, Suellen, Joice, Luiz, Cristina, Fernanda.  
– Vocês fizeram a diferença.

Ao Aislan, pelo companheirismo e presença na minha vida e à Margarete, pelo grande apoio nesses últimos meses deste trabalho.

À Sandra Rezende pela eficiência e simpatia.

À Célia Bueno Bicudo Primo e Alessandra Cristina da Silva, pelo auxílio valioso nas análises de fibra e nos trabalhos práticos.

Ao Nelson Heitor Fuzinato, pelo exemplo de profissional que trabalha com alegria e por ser sempre tão disponível para ajudar.

À Geisa, Rodrigo e João, grandes amigos que encontrei logo que aqui cheguei, obrigado pela torcida e pelo carinho.

À Deus, sem o qual nada disso seria possível.

AZEVEDO, Alexandre S. B. **Caracterização e Aplicação de Fibra de Borra de Café Modificada por Tratamento com Peróxido de Hidrogênio Alcalino**. 2007. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

## RESUMO

As fibras alimentares são um grupo heterogêneo de polissacarídeos cujos efeitos benéficos ocorrem na fisiologia gastrointestinal, nas funções imunes e no metabolismo dos lipídios. Os alimentos funcionais são aqueles que, além dos aspectos nutricionais e sensoriais, possuem componentes ou substâncias que melhoram funções biológicas ou diminuem o risco de doenças e promovem a saúde dos consumidores, sendo as fibras alimentares um dos ingredientes utilizados nesses alimentos. A borra de café é um material insolúvel resultante do processo industrial de fabricação de café solúvel constituída principalmente de polissacarídeos estruturais de parede celular e não apresenta aplicação tecnológica na indústria. Por suas características de composição química este material pode ser utilizado como uma fonte de fibra alimentar. O uso de fibras alimentares é muitas vezes limitado pelas características sensoriais que conferem aos alimentos, como textura arenosa, e pela perda de volume do produto final, sendo necessário modificar as características funcionais desses materiais antes da incorporação em alimentos através de tratamentos físicos ou químicos, e assim aumentar a capacidade de hidratação e melhorar as características sensoriais do produto final. O objetivo deste trabalho foi modificar as propriedades de hidratação da borra de café com peróxido de hidrogênio alcalino, caracterizar esta fibra alimentar e utilizar essa fibra na produção de biscoitos. O tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino (1%) foi realizado de acordo com um planejamento fatorial incompleto  $3^3$ . As variáveis independentes controladas foram a temperatura do tratamento, o tempo de reação e concentração de borra de café, avaliando como respostas a capacidade de retenção de água, o volume de intumescimento e a luminosidade da borra de café. Através da análise dos resultados foi escolhida a condição de menores temperaturas (30 °C) e maiores concentrações de borra (8%) como mais adequada para produzir as modificações desejadas. Nestas condições, obteve-se um aumento de 49,2% na capacidade de retenção de água e um clareamento significativo na cor da borra. A borra de café tratada nestas condições foi caracterizada pelo seu conteúdo em celulose (43,40%), hemicelulose (27,26%) e lignina (23,30%) e utilizada na fabricação de biscoitos sabor café que foram avaliados fisicamente (espessura, diâmetro, volume específico, dureza) e sensorialmente. Os biscoitos produzidos com a borra modificada apresentaram maior diâmetro e volume específico e menor dureza que os produzidos com a borra não modificada. O teste triangular indicou diferença global entre os biscoitos com borra modificada e os com borra não modificada. O teste de aceitação utilizando a escala hedônica híbrida de 10 pontos não indicou diferença entre os dois tipos de biscoito.

**Palavras-chave:** borra de café. fibra alimentar. modificação química. propriedades funcionais. biscoitos.

AZEVEDO, Alexandre S. B. **Characterization and Use of Spent Coffee Grounds Dietary Fiber Modified by Treatment with Alkaline Hydrogen Peroxide.** 2007. 57f. Dissertation (Master in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

## ABSTRACT

Dietary fibers are a heterogeneous group of polysaccharides whose beneficial effects occur at the gastrointestinal physiology, the immune functions and the metabolism of the lipids. Functional foods are those that, beyond the nutritional and sensorial aspects, contain substances with biological functions, decreasing risk of illnesses and promoting a good health to consumers. Dietary fibers are used as ingredients in these foods. Spent coffee ground is an insoluble material resulting from the industrial process of soluble coffee consisting mainly of structural cellular wall polysaccharides and is used to generate steam, having no other technological application in the industry. Its chemical composition indicates this material can be used as a dietary fiber source to produce functional food. Dietary fiber use is many times restricted by its negative sensorial characteristics such as gritty texture, and poor appearance, being necessary physical or chemical modifications of these materials before adding to foods, in order to improve physical properties and sensorial characteristics. This work aimed to modify spent coffee grounds with alkaline hydrogen peroxide, characterize its dietary fiber and use it as an ingredient in biscuits. Treatment with alkaline hydrogen peroxide (1%) was carried out according to an incomplete 3<sup>3</sup> factorial design, being the independent variables: treatment temperature, reaction time and spent coffee grounds level. Dependent variables were water retention capacity, swollen volume and color. Through the analysis of results it was chosen the condition of lower temperatures (30 °C) and higher spent coffee ground level (8%) as more indicated to produce desired modifications. In these conditions, water retention capacity increased 49.2% and a significant lighter spent coffee ground dietary fiber was obtained. Modified spent coffee ground dietary fiber was characterized by its content in cellulose (43.40%), hemicellulose (27.26%) and lignin (23.30%) and used to produce coffee biscuits which were evaluated due to its sensorial and physical characteristics (thickness, diameter, specific volume and hardness). Biscuits produced with modified spent coffee grounds had greater diameter and specific volume and less hardness than the ones with non-modified spent coffee grounds. A sensorial triangle test indicated a significant difference between biscuits formulated with the two types of fiber. An affective test using an hybrid hedonic scale of 10 points did not indicate difference between the samples.

**Keywords:** spent coffee grounds. dietary fiber. chemical modification. functional properties. biscuits.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Capacidade de retenção de água (mL água/g amostra seca) da borra de café após tratamento em função da temperatura e concentração de borra, com 6 horas de reação .....35
- Figura 2** – Volume de intumescimento (mL/g amostra seca) da borra de café após tratamento, em função da temperatura e da concentração de borra, com 6 horas de reação.....37
- Figura 3** – Luminosidade ( $L^*$ ) da borra de café após tratamento em função da temperatura e tempo, com concentração de borra de 6%.....39
- Figura 4** – Aparência dos biscoitos produzidos com borra de café modificada e sem modificação.....48

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> – Valores de ingestão diária recomendada para fibras totais .....  | 16 |
| <b>Tabela 2</b> – Exportações brasileiras de café solúvel .....  | 22 |
| <b>Tabela 3</b> – Níveis das variáveis independentes estudadas no tratamento da borra de café.....   | 26 |
| <b>Tabela 4</b> – Planejamento estatístico dos experimentos com os níveis codificados das variáveis .....  | 27 |
| <b>Tabela 5</b> – Formulação dos biscoitos de café.....  | 28 |
| <b>Tabela 6</b> – Composição centesimal da borra de café não modificada (base seca) ..   | 31 |
| <b>Tabela 7</b> – Médias dos resultados para as propriedades de hidratação e cor da borra de café segundo o planejamento fatorial $3^3$ incompleto empregado no experimento..... | 33 |
| <b>Tabela 8</b> – Coeficientes de Regressão e Análise de Variância (ANOVA) dos modelos matemáticos das variáveis resposta .....  | 34 |
| <b>Tabela 9</b> – Efeito do tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino na capacidade de retenção de água e volume de intumescimento em 4 e 5 horas de reação.....            | 40 |
| <b>Tabela 10</b> – Efeito do tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino na capacidade de retenção de água, volume de intumescimento e cor da borra de café .....             | 41 |
| <b>Tabela 11</b> – Composição da fibra de café .....   | 42 |
| <b>Tabela 12</b> – Composição centesimal da borra de café tratada com peróxido de hidrogênio alcalino (base seca).....   | 44 |
| <b>Tabela 13</b> – Classificação granulométrica da fibra de café bruta e modificada .....  | 45 |
| <b>Tabela 14</b> – Composição centesimal dos biscoitos formulados com borra de café modificada e biscoitos comerciais (base seca) .....  | 46 |
| <b>Tabela 15</b> – Médias das características físicas dos biscoitos elaborados com borra modificada e com a borra natural.....   | 47 |
| <b>Tabela 16</b> – Dureza dos biscoitos produzidos com fibra bruta e fibra modificada ....   | 47 |
| <b>Tabela 17</b> – Valores de aceitação para as duas formulações de biscoitos de Café.....   | 49 |

## SUMARIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                                  | 12 |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....                                   | 14 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....                                   | 14 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                            | 14 |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                       | 15 |
| 3.1 FIBRA ALIMENTAR .....                                  | 15 |
| 3.1.1 Fibras Insolúveis .....                              | 17 |
| 3.1.2 Fibras Solúveis .....                                | 19 |
| 3.2 MODIFICAÇÃO DE FIBRAS .....                            | 19 |
| 3.3 CAFÉ .....   | 21 |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                          | 24 |
| 4.1 MATERIAL .....   | 24 |
| 4.2 MÉTODOS .....  | 24 |
| 4.2.1 Caracterização da Fibra de Café .....                | 24 |
| 4.2.2 Propriedades das Fibras .....                        | 25 |
| 4.2.3 Tratamento com Peróxido de Hidrogênio Alcalino ..... | 25 |
| 4.2.3.1 Planejamento experimental .....                    | 26 |
| 4.2.4 Produção de Biscoitos com Fibra de Café .....        | 27 |
| 4.2.4.1 Caracterização dos biscoitos .....                 | 28 |
| 4.2.4.2 Dureza instrumental .....                          | 29 |
| 4.2.4.3 Avaliação sensorial .....                          | 29 |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                      | 31 |
| 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ SEM TRATAMENTO .....   | 31 |
| 5.2 TRATAMENTO ALCALINO: PROPRIEDADES DAS FIBRAS .....     | 32 |
| 5.2.1 Capacidade de Retenção de Água .....                 | 34 |
| 5.2.2 Volume de Intumescimento .....                       | 36 |
| 5.2.3 Cor – Luminosidade (*L) .....                        | 38 |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.2.4 Escolha da melhor Condição de Tratamento .....   | 39        |
| 5.3 AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO EFEITO DO TRATAMENTO NAS PROPRIEDADES DA<br>BORRA DE CAFÉ ..... | 41        |
| 5.4 COMPOSIÇÃO DA FIBRA ALIMENTAR DA BORRA DE CAFÉ .....                                     | 42        |
| 5.5 CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ APÓS TRATAMENTO.....                                     | 43        |
| 5.5.1 Granulometria da Borra de Café após Tratamento .....                                   | 44        |
| 5.6 CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS PRODUZIDOS COM BORRA DE CAFÉ MODIFICADA ..                  | 45        |
| 5.6.1 Composição Centesimal.....   | 45        |
| 5.6.2 Caracterização Física dos Biscoitos.....   | 46        |
| 5.7 ANÁLISE SENSORIAL .....  | 49        |
| <br>   |           |
| <b>6 CONCLUSÕES .....</b>  | <b>51</b> |
| <br>   |           |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>52</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Fibra alimentar é um termo genérico que engloba uma ampla variedade de substâncias que não são digeridas pelo trato digestivo humano. A AACCC (American Association of Cereal Chemists), uma organização que agrupa profissionais do setor de cereais, estabeleceu, em 1º de junho de 2000, uma definição consensual que *a fibra alimentar é a parte remanescente da porção comestível de plantas ou de carboidratos análogos que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado humano com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias associadas das plantas. As fibras alimentares promovem, no ser humano, efeitos fisiológicos benéficos tais como os laxativos e atenuação do colesterol do sangue e da glicose sanguínea (AACCC, 2000).*

Os benefícios potenciais para a saúde humana situam-se na estimulação da imunidade, na melhoria da biodisponibilidade dos nutrientes, no auxílio à redução dos riscos das doenças infecciosas, dos efeitos tóxicos, das doenças cardiovasculares, do diabetes mellitus não insulino-dependente, da obesidade, da osteoporose e do câncer (GIBSON, 1999).

Atualmente, observa-se o interesse de pesquisadores e da indústria de alimentos no estudo e desenvolvimento de alimentos que, além dos aspectos nutricionais e sensoriais, possuam componentes ou substâncias que exerçam funções biológicas, com o intuito de diminuir o risco de doenças e promover a saúde dos consumidores. Os alimentos que apresentam tais componentes são denominados alimentos funcionais e as fibras são um dos ingredientes utilizados nesses alimentos (CHO e JENAB, 1999).

As razões para o interesse no desenvolvimento de alimentos funcionais vêm do consumidor propriamente dito que, através do conhecimento cada vez mais acessível sobre nutrição e saúde, exige produtos mais saudáveis; dos governos, que se preocupam com os elevados custos para manter os sistemas de saúde das populações que vêm aumentando gradativamente a expectativa de vida; e da indústria de alimentos, que, com maior conhecimento dos aspectos benéficos destes alimentos, busca novas oportunidades de ganho de mercado (CHO e JENAB, 1999).

Borra de café, que é o material insolúvel resultante da etapa de extração no processo industrial de fabricação de café solúvel, é constituído principalmente de polissacarídeos estruturais de parede celular e, atualmente, não apresenta aplicação tecnológica na indústria, sendo queimado nas caldeiras, para geração de vapor, ou repassado para a agricultura, que a utiliza como adubo orgânico. Entretanto, por suas características de composição química, este material poderia ser utilizado como uma fonte de fibra alimentar, na produção de alimentos funcionais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Fracionar, caracterizar e avaliar as propriedades das fibras presentes na borra de café; modificar estas fibras através de um tratamento químico com peróxido de hidrogênio alcalino e utilizar essa fibra na produção de biscoitos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Caracterizar a fibra em termos de seu conteúdo de celulose, hemicelulose e lignina;
- b) Modificar a fibra por tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino;
- c) Avaliar as propriedades de capacidade de retenção de água, volume de intumescimento e cor da fibra bruta e modificada;
- d) Verificar a aplicabilidade da fibra de café modificada na elaboração de biscoitos, através de testes instrumentais e sensoriais.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 FIBRA ALIMENTAR

O termo fibra alimentar foi citado pela primeira vez por Hipsley em 1953, que assim chamou os “resíduos de células vegetais resistentes à hidrólise pelas enzimas alimentares do homem. É composta de celulose, hemicelulose e lignina”. Em 1976, Hugh Trowell e Denis Burkitt adotaram a definição de Hipsley e incluíram como componentes os polissacarídeos não digeridos pelas enzimas, tais como gomas, mucilagens, oligossacarídeos e pectinas (DEVRIES; PROSKY e CHO, 1999).

No final de 1998, a AACC (American Association of Cereal Chemists) iniciou consultas científicas no intuito de atualizar a definição de fibra alimentar. Em junho de 1999, numa série de encontros e workshops entre a AACC e a ILSI (International Life Science Institute), complementados por discussões no congresso do IFT (Institute of Food Technologists) o assunto foi tratado. Em 1º de junho de 2000 a definição consensual das fibras alimentares foi aprovada pelo Comitê de Direção da AACC.

“A fibra alimentar é a parte remanescente da porção comestível de plantas, ou de carboidratos análogos, que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado humano com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias associadas das plantas. As fibras alimentares promovem, no ser humano, efeitos fisiológicos benéficos, tais como os laxativos e atenuação do colesterol e da glicose sanguínea”. (AACC, 2000).

O método analítico universalmente indicado para a determinação do teor de fibras nos alimentos, inclusive para dizeres de rotulagem, é o método enzimático-gravimétrico AOAC 985.29 (CHO, DEVRIES e PROSKY, 1997).

As recomendações de ingestão diária baseiam-se em estudos que demonstraram o aumento do risco de doenças cardíacas associado ao baixo consumo de fibras (SLAVIN, 2003) e são apresentadas em recomendações de

consumo diário para crianças, adolescentes, adultos, gestantes e lactantes. A Tabela 1 apresenta os valores da última atualização, feita em 03/05/2005.

**Tabela 1** – Valores de ingestão diária recomendada para fibras totais

| Estágio da vida  | Ingestão diária recomendada de Fibras Totais (g/dia) |          |
|------------------|--|----------|
|                  | HOMENS   | MULHERES |
| 1 – 3 anos       | 19   | 19       |
| 4 – 8 anos       | 25   | 25       |
| 9 – 13 anos      | 31   | 26       |
| 14 – 18 anos     | 38   | 26       |
| 19 – 30 anos     | 38   | 25       |
| 31 – 50 anos     | 38   | 25       |
| 51 – 70 anos     | 30   | 21       |
| Acima de 70 anos | 30   | 21       |
| Gravidez         |  | 28       |
| Lactação         |  | 29       |

Fonte: Dietary Reference Intakes Table -- The Complete Set.  
Food and Nutrition Board

Recentemente, em 2004, outros países e a Comissão do Codex Alimentarius, através de uma comissão intitulada “Codex Committee on Nutrition and Foods for Specialty Dietary Uses” propôs a seguinte definição: Fibra alimentar consiste de material comestível não digestível composto por polímeros de carboidratos com grau de polimerização (GP) não inferior a 3 ou de polímeros de carboidratos ( $GP > 3$ ) processados (via física, enzimática ou química) ou sintéticos. Fibra alimentar não é digerida nem absorvida no intestino delgado e tem pelo menos uma das seguintes propriedades: aumenta a frequência das evacuações; estimula a modulação colônica; reduz níveis de colesterol; reduz glicemia pós-prandial e/ou níveis de insulina (DUXBURY, 2004).

A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) apresenta a seguinte alegação para fibras alimentares: “As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma dieta equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.

Esta alegação pode ser utilizada para as fibras solúveis e insolúveis, desde que a porção diária do produto pronto para consumo atenda, pelo menos, ao

atributo fonte de fibras alimentares (mínimo 3% de fibras) estabelecido pela Portaria SVS/MS nº 27/98 (BRASIL, 1998).

A definição deixa claro que a passagem das fibras alimentares pelo trato digestivo resulta em diversos efeitos fisiológicos importantes para a saúde do ser humano. No entanto, nem todas as fibras atuam da mesma forma e uma importante divisão consiste em distinguir as fibras que são solúveis das que são insolúveis.

A distinção entre esses dois tipos de fibras é baseada na solubilidade em solução enzimática de pH controlado, como é o caso no sistema alimentar humano. Apesar da maioria das fibras não ser 100% solúvel ou insolúvel, de uma maneira geral, a proporção de solubilidade auxilia no entendimento das propriedades fisiológicas.

Os benefícios fisiológicos da fibra estão relacionados às suas propriedades físico-químicas (ROBERTSON *et al.*, 2000). A propriedade mais apreciada é a capacidade de retenção de água. Do ponto de vista fisiológico, maiores valores de retenção de água propiciam maior volume e umidade do bolo fecal, aumentando a sensação de saciedade e regulando o trânsito intestinal. Do ponto de vista tecnológico, possibilita que os produtos enriquecidos com fibra mantenham suas características de textura durante maior tempo (SAURA-CALIXTO, 1993).

### **3.1.1 Fibras Insolúveis**

As fibras insolúveis, insolúveis em soluções enzimáticas aquosas, atuam de maneira mais intensa com uma ação mecânica durante o trânsito digestivo. Devido à sua hidrofobicidade, as fibras insolúveis também absorvem carcinogênicos hidrofóbicos, como derivados de pirenos e aminas aromáticas heterocíclicas, auxiliando na diminuição de riscos de câncer de cólon e reto. O farelo de cereais e os grãos de cereais propriamente ditos são as principais fontes de fibras insolúveis. Outras fontes de fibra insolúvel são cereais secos, vegetais e nozes (DREHER, 1999).

As fibras insolúveis são fermentadas pela flora intestinal de maneira muito precária e são excretadas, geralmente, intactas, dando consistência ao bolo fecal, estimulando o peristaltismo intestinal e diminuindo o tempo de trânsito.

Os principais componentes das fibras insolúveis são: celulose, hemicelulose e lignina. Estes componentes têm um papel estrutural nas plantas. No grão de café, esses polissacarídeos formam a matriz da parede celular secundária, isto é, são uma reserva de energia para a germinação e conferem dureza à semente (DREHER, 1999).

A celulose é um homopolissacarídeo linear formado de unidades de glicose unidas por ligação glicosídica do tipo  $\beta(1-4)$ . As cadeias da celulose agregam-se para formar fibrilas e, considerando a disposição espacial destas cadeias lineares, há formação de pontes de hidrogênio entre os grupamentos hidroxilas intra e intercadeias, o que resulta na cristalinidade da celulose. Estas regiões cristalinas, nas quais as cadeias estão ordenadas paralelamente, são separadas por regiões menos ordenadas, conhecidas como amorfas (NING; VILLOTA e ARTZ, 1991; THEANDER; WESTERLUND e AMAN, 1993).

As hemiceluloses compreendem um grupo heterogêneo de polissacarídeos ramificados. Suas moléculas estão enroladas e dispostas em volta das fibras de celulose e, freqüentemente, associadas às moléculas de lignina. Quimicamente, são formadas por vários resíduos de açúcares tais como D-xilose, D-manose, D-arabinose e D-galactose, dentre outros, e por seus ácidos urônicos, ligados entre si por ligações  $\beta(1-4)$ , formando uma estrutura principal composta por um tipo específico de monossacarídeo, a partir da qual surgem ramificações laterais de cadeias curtas de outros açúcares. São classificadas de acordo com o açúcar predominante na cadeia principal e na ramificação (DA-SILVA; FRANCO e GOMES, 1997).

A lignina constitui um polímero, não carboidrato, aromático, composto de resíduos de fenilpropano, distribuídos ao acaso, formando uma estrutura tridimensional. A lignina é o resultado da desidratação de três álcoois monoméricos: trans-p-coumaril, trans-coniferil e trans-sinapil. É, possivelmente, a substância mais resistente encontrada na natureza (THEANDER; WESTERLUND e AMAN, 1993).

### 3.1.2 Fibras Solúveis

As fibras solúveis consistem em polissacarídeos não celulósicos, tais como pectinas, gomas e mucilagens. Sua solubilidade não está necessariamente relacionada à solubilidade em água, mas em soluções enzimáticas aquosas de pH controlado, como é o caso das do intestino humano. São caracterizadas pelo fato de serem degradadas pelas bactérias presentes no intestino grosso, resultando em diversas modificações metabólicas: pH do trato intestinal, estimulação da flora endógena, isto é, a do próprio homem, e produção de ácidos graxos de cadeia curta, os SCFA (Short Chain Fatty Acids), que inibem uma enzima envolvida nas primeiras etapas da síntese do colesterol, reduzindo, portanto, os níveis do mesmo (DREHER, 1999).

Fibras alimentares solúveis são, em geral, viscosas e gomosas, com alta capacidade de absorção de água.

A maioria dos concentrados de fibra possui uma parte solúvel e outra, geralmente bem menor, insolúvel. Ao lado destes, existem os polissacarídeos e oligossacarídeos resistentes à digestão e não precipitáveis, porém com propriedades fisiológicas semelhantes às das fibras solúveis, entre os quais se destacam a inulina, a oligofrutose e a goma acácia (CHO, DEVRIES e PROSKY, 1997).

## 3.2 MODIFICAÇÃO DE FIBRAS

A aplicação tecnológica, quando se pretende formular um produto com alto teor de fibras, apresenta alguns problemas que muitas vezes limitam seu uso. A baixa funcionalidade da fibra e seus efeitos deletérios sobre a funcionalidade de outros componentes do alimento, a textura arenosa e perda do volume do produto são alguns deles (ARTZ; WARREN e VILLOTA, 1990).

Desta forma, muitas vezes há necessidade de modificação das características funcionais desses materiais antes da incorporação em alimentos. Em materiais lignocelulósicos, os efeitos negativos podem ser minimizados com a

aplicação de tratamentos, físicos ou químicos, para, simultaneamente, solubilizar parte da lignina e reduzir a cristalinidade da celulose. Isto aumenta a capacidade de hidratação destes materiais, melhorando, conseqüentemente, as características sensoriais do produto final onde será utilizada a fibra, principalmente em relação à sensação tátil na boca (GOULD *et al.*, 1989).

O peróxido de hidrogênio e o hidróxido de sódio apresentam participação importante no aumento das propriedades de hidratação das fibras. O primeiro atua na degradação da lignina, através de sua remoção por solubilização e/ou modificação estrutural, promovendo também um aumento no grau de hidratação da celulose e quebra da sua cristalinidade. Já o segundo altera a estrutura da fibra, aumentando sua porosidade, facilitando a penetração e retenção de água na matriz fibrosa (NING; VILLOTA e ARTZ, 1991).

Durante o processamento, o peróxido de hidrogênio decompõe-se naturalmente em oxigênio e água, não deixando resíduo. Em processos onde etapas de secagem não são utilizadas, resíduos indesejáveis podem ser removidos com pequenas quantidades de catalase (McNEILLIE; BIESER, 1993).

INGLETT (1997) produziu uma modificação pronunciada em subprodutos lignocelulósicos, através de multiestágios de cisalhamento combinado com soluções de peróxido de hidrogênio alcalino em temperaturas elevadas, obtendo produtos capazes de reter grandes quantidades de água, os quais podem ser usados como ingredientes em panificação, sem afetar a qualidade sensorial do produto final.

O peróxido de hidrogênio tem sido amplamente usado como agente branqueador nesse processo. Segundo INGLETT (1995), o peróxido de hidrogênio deve ser incorporado em cerca de 1-25% por peso de sólidos. No entanto, na maioria dos trabalhos publicados (RAMASWAMY, 1988; GOULD *et al.*, 1989; LARREA *et al.*, 1997), o nível de reagente usado foi de 1% e apenas INGLETT (1995) faz referência a esta faixa mais ampla.

A extensão da modificação causada pelo tratamento pode ser avaliada pelas propriedades funcionais da fibra: a capacidade de retenção de água e o volume de intumescimento.

LARREA *et al.* (1997) aperfeiçoou processos de pré-tratamento com solução de peróxido de hidrogênio alcalino seguido de extrusão para modificação da fibra da casca de arroz, visando melhorar as propriedades funcionais dessa fibra,

obtendo um aumento de 95% na capacidade de retenção de água e 138% no volume de intumescimento.

GALDEANO e GROSSMANN (2005) avaliaram o efeito do tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino a 7%, associado à extrusão, nas propriedades de hidratação de casca de aveia, e obtiveram um aumento de 70% na capacidade de retenção de água e de 55% no volume de intumescimento.

### 3.3 CAFÉ

A planta do café faz parte da família das rubiáceas, com o nome científico de *coffea*. Segundo SCHENKER (2000) existem mais de setenta espécies já classificadas de *coffea*. As duas espécies de café economicamente mais importantes são *Coffea arábica* Linnaeus (café arábica), que representa 65% da produção mundial, e *Coffea canephora* Pierre (café robusta). Outras duas espécies cultivadas em escala muito menor são *Coffea liberica* (café libérica) e *Coffea dewevrei* (café excelsa) (BRAND, 1999; VIDAL, 2001).

O café é cultivado na região chamada de cinturão tropical, localizado entre os Trópicos de Câncer e de Capricórnio, caracterizada por temperaturas médias de 20 °C, índice pluviométrico entre 1500 e 1600 mm ao ano e solo fértil (TAKASAGO, 1999).

No Brasil, o café arábica é abundante em Minas Gerais, Goiás, Paraná, Bahia e São Paulo. O conilon, por sua vez, é encontrado principalmente no Espírito Santo, Mato Grosso e Rondônia.

Os frutos do café assemelham-se quanto ao tamanho e forma e quanto às variedades de seus arbustos; entretanto, as únicas divergências consideravelmente acentuadas são de ordem sensorial, ou seja, o aroma, paladar e corpo, que são desenvolvidos com a torração de seus grãos e avaliados pela degustação.

O café possui uma grande importância na economia global e é a matéria-prima de uma das bebidas mais aceitas no mundo, a mais popular depois do chá. Os negócios relacionados ao café são dos mais importantes para o comércio mundial, perdendo em valor somente para a commodity petróleo (NOGUEIRA *et al.*,

2000). Seu cultivo mundial compreende diretamente pelo menos vinte milhões de pessoas, sem falar em processamento, comercialização e distribuição, sendo crucial às economias e à política de muitos países em desenvolvimento para os quais as exportações do café constituem parte substancial da balança econômica de exportação, em alguns países representando acima de oitenta por cento do total (SCHENKER, 2000). Constitui importante fonte de divisas para o Brasil, com investimentos anuais de aproximadamente 4,5 milhões de reais no campo. Do total da colheita nacional, menos da metade é absorvido pelo mercado interno, sendo o restante exportado principalmente para o Japão, Estados Unidos e Europa.

A expectativa de produção mundial para a safra 2006/07 é de 120 milhões de sacas de 60 kg, considerando os cinquenta países membros da International Coffee Organization (ICO). Destes, em torno de doze tem capacidade de produzir café solúvel, volume relativamente inferior, mas de elevado valor agregado, estimando-se atualmente a produção mundial de café solúvel ao redor de 500 mil toneladas por ano, em suas várias formas de apresentação: pó, aglomerado, liofilizado, extratos concentrados, como ingredientes em misturas para preparo de bebidas lácteas e outras aplicações (ICO, 2007).

No cenário mundial, o Brasil ocupa posição de destaque na exportação de café solúvel, com uma estimativa de volume de mais de 2 milhões em sacas de 60 kg para o ano de 2007, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 – Exportações brasileiras de café solúvel**

| Ano               | Volume*   | Receita* | Preço*** |
|-------------------|-----------|----------|----------|
| 2007 <sup>a</sup> | 2.030.388 | 285.257  | 140,49   |
| 2006              | 2.939.733 | 383.147  | 130,33   |
| 2005              | 3.338.963 | 362.638  | 108,61   |
| 2004              | 3.087.111 | 275.153  | 89,13    |

Fonte: ABIC (2007)

\* Volume em sacas de 60 kg (conversão: peso líquido\*1000\*2,6/60),

\*\* Receita em mil US\$

\*\*\* Preço médio em US\$ por saca

<sup>a</sup> Dados referentes até agosto de 2007

A bibliografia científica disponível não cita a utilização específica da borra de café como fonte de fibra alimentar, entretanto, trabalhos como os de BORRELLI *et al.* (2004) e DÍAZ-RUBIO e SAURA-CALIXTO (2007) indicam o possível potencial de uso deste material como fibra alimentar a ser utilizada no desenvolvimento de produtos com apelo funcional.

BORRELLI *et al.* (2004) avaliaram o conteúdo de fibra alimentar na casca (película) proveniente do processo de torra de amostras de café arábica e encontraram elevados teores de fibra alimentar total (64,2%), sendo 53,7% de fibra alimentar solúvel e 8,8% de fibra alimentar insolúvel. A película também apresenta atividade antioxidante, devido à composição da fibra que contém compostos fenólicos resultantes da reação de Maillard, e sugere seu uso como ingrediente funcional no desenvolvimento de alimentos funcionais ricos em fibra.

DÍAZ-RUBIO & SAURA-CALIXTO (2007) avaliaram o conteúdo de fibra alimentar em bebidas de café preparadas de diferentes formas (café espresso, filtrado e solúvel), e os resultados mostraram que as bebidas de café contêm um teor significativamente maior de fibra alimentar solúvel do que outras bebidas. O café espresso apresentou 3,08% de fibra alimentar solúvel expresso em percentual de café em pó. O café filtrado e o café liofilizado apresentaram respectivamente 2,54 e 20,20% de fibra alimentar solúvel em percentual de café em pó, valores estes mais elevados do que em outras bebidas, tais como vinho (0,14%) e suco de laranja (0,19%).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 MATERIAL**

A matéria prima utilizada foi a borra de café, fornecida pela Cia. Iguaçu de Café Solúvel (Cornélio Procópio – PR).

Para o tratamento da borra foi utilizado peróxido de hidrogênio 30% (Synth) e hidróxido de sódio (97% de pureza – Biotec).

Para a produção dos biscoitos foram utilizados farinha de trigo, açúcar, margarina, café solúvel, chocolate em pó e bicarbonato de sódio adquiridos no comércio local, e ovo integral pasteurizado e desidratado da Salto's Alimentos LTDA. (Salto – SP).

### **4.2 MÉTODOS**

#### **4.2.1 Caracterização da Fibra de Café**

As análises realizadas para caracterização da fibra de café, antes e depois da modificação com peróxido de hidrogênio alcalino, compreenderam: composição química (umidade, proteína, cinza e lipídeo) segundo as técnicas descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006); fibra alimentar total, solúvel e insolúvel de acordo com o método oficial enzimático-gravimétrico, tampão MES-TRIS, 991.43 da AOAC (2006); carboidratos por diferença; fracionamento da fibra modificada em celulose, hemicelulose e lignina segundo CLAYE; IDOURAINE e WEBER (1996), e granulometria, determinada pela passagem de 100 gramas de amostra por um conjunto de tamises (abertura de 840  $\mu\text{m}$  a 74  $\mu\text{m}$ ), com agitação constante por 30 minutos (expressa em porcentual de material retido em cada peneira).

#### 4.2.2 Propriedades das Fibras

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) e o Volume de Intumescimento foram determinados conforme ROBERTSON *et al.* (2000). Um grama de amostra (b.s.) foi hidratada com 30 mL de água destilada em tubo de centrífuga. Após equilíbrio por 18h à temperatura ambiente, centrifugou-se a 6.000 rpm por 20 minutos e descartou-se o sobrenadante invertendo o tubo cuidadosamente em peneira fina, até não haver mais separação de água. Registrou-se o peso da amostra úmida e também depois de seca a 105 °C, até peso constante. A CRA (g de água absorvida/g de peso seco) foi calculada como  $CRA (g/g) = (\text{peso úmido} - \text{peso seco})/\text{peso seco}$ .

O volume de intumescimento foi determinado pela mistura de 2 g de amostra com 15 mL de água destilada em uma proveta de 50 mL à temperatura ambiente. Após equilíbrio (18h), o volume de fibra intumescida foi registrado e expresso como mL/g de material seco.

A cor da fibra tratada foi medida em colorímetro Minolta (CR-400) empregando iluminante CIE D65 (luz natural do dia) em um ângulo de 8/d e observador padrão CIE 10°. O colorímetro forneceu diretamente os valores de L\* (luminosidade), a\* (componente vermelho-verde) e b\* (componente amarelo-azul).

#### 4.2.3 Tratamento com Peróxido de Hidrogênio Alcalino

A borra de café foi tratada com solução de peróxido de hidrogênio alcalino para modificação das propriedades funcionais e físicas.

O tratamento foi realizado em frascos erlenmeyer de 1 litro de capacidade, contendo 500 mL de solução de peróxido de hidrogênio 1% (p/v), alcalinizado com solução de hidróxido de sódio 50% (p/v), até atingir um pH de 11,5 ± 0,1. A seguir, foi adicionada a borra de café e os frascos tampados e colocados em banho térmico Dubnoff TE-053 da TECNAL (Piracicaba - SP), com agitação de 120 rpm. Após o tempo requerido de reação, conforme planejamento experimental, as misturas foram neutralizadas com solução de HCl 5N; o resíduo insolúvel foi

recuperado por filtração, lavado repetidamente, até um pH menor que 8,0 e, posteriormente, seco em estufa à 60° C por 12 horas. Após a secagem, o material foi acondicionado em frascos plásticos.

#### 4.2.3.1 Planejamento experimental

Foi empregado o planejamento fatorial incompleto  $3^3$  (BOX e BEHNKEN, 1960) para investigar o efeito de três variáveis independentes, com três níveis de variação, nas propriedades funcionais e cor da fibra tratada. As variáveis estudadas foram: temperatura do tratamento ( $X_1$ ), tempo de tratamento ( $X_2$ ) e a concentração de borra ( $X_3$ ). Os níveis das variáveis foram determinados a partir do trabalho feito por LARREA *et al.* (1997) que utilizou peróxido de hidrogênio alcalino para modificação da fibra da casca de arroz. Os valores reais dos níveis utilizados estão apresentados na Tabela 3. O planejamento é composto por um grupo de 12 ensaios mais 3 repetições no ponto central (Tabela 4), e representa 48% das combinações teóricas de um fatorial  $3^3$  completo (27 experimentos), possibilitando uma representação bastante precisa da realidade. As repetições tornam possível a estimativa do erro puro nas análises, utilizando o cálculo da falta de ajuste dos modelos.

**Tabela 3** – Níveis das variáveis independentes estudadas no tratamento da borra de café

| Variáveis                               | Níveis |    |    |
|---|--------|----|----|
|   | -1     | 0  | +1 |
| $X_1$ = temperatura (°C)                | 30     | 40 | 50 |
| $X_2$ = tempo (h)                       | 6      | 9  | 12 |
| $X_3$ = concentração de sólidos (% p/v) | 4      | 6  | 8  |

Para cada experimento foram avaliadas as seguintes variáveis dependentes: capacidade de retenção de água, volume de intumescimento e cor. O modelo matemático para a estimativa de cada uma das propriedades avaliadas foi

obtido utilizando o programa Statistica 7.0 (Statsoft, Tulsa-OK, USA). A significância dos coeficientes de regressão em nível de 5%, o coeficiente de variação (CV), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a estimativa do erro padrão e a significância da falta de ajuste ( $p$ ) foram determinados através da análise de variância (ANOVA). A influência das variáveis foi visualizada através de gráficos de superfície de resposta, elaborados a partir dos modelos simplificados, pelo mesmo programa.

**Tabela 4** – Planejamento estatístico dos experimentos com os níveis codificados das variáveis

| Experimento | Níveis codificados das variáveis |       |       |
|-------------|----------------------------------|-------|-------|
|             | $X_1$                            | $X_2$ | $X_3$ |
| 1           | -1                               | -1    | 0     |
| 2           | +1                               | -1    | 0     |
| 3           | -1                               | +1    | 0     |
| 4           | +1                               | +1    | 0     |
| 5           | -1                               | 0     | -1    |
| 6           | +1                               | 0     | -1    |
| 7           | -1                               | 0     | +1    |
| 8           | +1                               | 0     | +1    |
| 9           | 0                                | -1    | -1    |
| 10          | 0                                | +1    | -1    |
| 11          | 0                                | -1    | +1    |
| 12          | 0                                | +1    | +1    |
| 13          | 0                                | 0     | 0     |
| 14          | 0                                | 0     | 0     |
| 15          | 0                                | 0     | 0     |

#### 4.2.4 Produção de Biscoitos com Fibra de Café

Biscoitos foram produzidos com a borra natural e a que continha a fibra modificada, obtida na condição em que o tratamento foi mais eficiente. Os biscoitos foram formulados com farinha de trigo, açúcar, margarina, chocolate em pó, ovo em pó, bicarbonato de sódio, café solúvel dissolvido em 25 mL de água e a borra de café (Tabela 5).

A quantidade de borra de café adicionada à formulação foi determinada de forma que o produto final atendesse à exigência estabelecida pela ANVISA, na Portaria SVS/MS nº 27/98, que diz que para que um produto pronto

para o consumo tenha o atributo alto teor de fibras, deve conter no mínimo 6g de fibras / 100g de sólidos.

**Tabela 5** – Formulação dos biscoitos de café

| Ingredientes         | Peso (g) |
|----------------------|----------|
| Farinha de trigo     | 300      |
| Açúcar               | 150      |
| Margarina            | 90       |
| Borra de café        | 50       |
| Café solúvel         | 20       |
| Chocolate em pó      | 10       |
| Ovo em pó            | 5        |
| Bicarbonato de sódio | 5        |

Os ingredientes foram pesados seguindo a formulação estipulada. A margarina e o açúcar foram misturados inicialmente em batedeira planetária. À seguir, adicionou-se o ovo em pó, o chocolate, o bicarbonato, o café solúvel preparado em 25 mL de água quente, a farinha de trigo e a borra de café. A massa foi então dividida em pequenas porções, estendida com um rolo para ficar com 3mm de espessura e moldada com auxílio de uma forma circular de 31mm. Os biscoitos foram assados a 200 °C por 17 minutos.

#### 4.2.4.1 Caracterização dos biscoitos

Os biscoitos produzidos com a borra de café contendo a fibra natural e a modificada foram caracterizados pela sua composição química (umidade, proteína, cinza e lipídeo) segundo as técnicas da AOAC (2006); fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, de acordo com o método oficial enzimático-gravimétrico, tampão MES-TRIS, 991.43 da AOAC (2006) e carboidratos por diferença.

As características físicas dos biscoitos produzidos foram determinadas em 8 unidades de cada uma das formulações, escolhidas

aleatoriamente. A espessura e o diâmetro dos biscoitos foram medidas com paquímetro; o volume foi determinado por deslocamento de sementes de painço e o volume específico foi determinado pela razão entre volume e peso.

#### **4.2.4.2 Dureza instrumental**

A dureza (N) dos biscoitos foi determinada em texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems) e os registros feitos através do Software XTRAD.

Cada amostra foi disposta horizontalmente em uma plataforma e cortada por um probe tipo faca, com velocidade pré-teste, teste e pós-teste de 5,00 mm/s, uma distância de 8,0 mm e força do trigger de 0,2N.

#### **4.2.4.3 Avaliação sensorial**

Para verificar se havia diferença entre as amostras contendo a fibra modificada e a não modificada, a fim de confirmar ou não a eficiência do tratamento em nível sensorial, foi realizado um teste triangular com 54 provadores. Estes avaliaram os biscoitos dispostos em prato de fundo branco, codificados com números aleatórios de três dígitos. Os testes foram realizados em cabines individuais, com uso de luz controlada, vermelha e verde simultaneamente. Os resultados foram analisados utilizando a tabela de significância própria do teste (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

A aceitabilidade dos biscoitos formulados com os dois tipos de fibra foi avaliada por um teste de aceitação. Foi utilizada uma escala hedônica híbrida de 10 pontos ancorada com expressões verbais nas extremidades e no meio da escala, para que cada provador pudesse indicar o quanto gostou ou desgostou de cada amostra, para posterior análise estatística dos resultados (VILLANUEVA; PETENATE e DA SILVA, 2005). Os provadores não treinados, em número de 50, receberam as amostras codificadas, uma por vez, e foram solicitados a indicar o quanto gostaram ou desgostaram, segundo a escala. Estes provadores receberam

um questionário afim de indicarem se tinham o hábito de consumir biscoitos e com que frequência, e se gostavam ou não do sabor café, com a finalidade de identificar a familiaridade destes provadores com o tipo de amostra apresentada.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ SEM TRATAMENTO

A composição centesimal da borra de café não modificada pode ser observada na Tabela 6.

**Tabela 6** – Composição centesimal da borra de café não modificada (base seca)

|                             | %            |
|-----------------------------|--------------|
| Proteína                    | 10,69 ± 0,16 |
| Cinzas                      | 0,49 ± 0,11  |
| Lipídeos                    | 17,91 ± 0,13 |
| Fibra Alimentar Total       | 65,20 ± 0,51 |
| - Fibra Alimentar Solúvel   | 0,16 ± 0,01  |
| - Fibra Alimentar Insolúvel | 65,04 ± 0,52 |
| Carboidratos <sup>a</sup>   | 5,71         |
| <b>TOTAL</b>                | <b>100</b>   |

<sup>a</sup> calculados por diferença

LAGO e ANTONIASSI (2001) avaliaram a composição centesimal da borra de café de três indústrias nacionais de café solúvel e encontraram um teor de proteína de 6,70 a 9,89%. ADANS e DOUGAN (1985) citam valores de 10 a 12% de proteína para a borra de café, enquanto RAVINDRANATH *et al.* (1972) analisando borras de café de variedades de robusta e arábica, encontraram teores de proteína de 14 a 14,8%.

O processo de extração aquosa do café solúvel resulta em uma borra com elevado teor de lipídeos. A borra utilizada neste trabalho apresentou um teor de 17,91%. LAGO e ANTONIASSI (2001) reportaram valores de 19,9 a 27,83% em seu trabalho enquanto ADANS e DOUGAM (1985) citam valores de 22 a 27%.

LAGO e ANTONIASSI (2001) avaliaram o teor de fibra bruta e encontraram valores de 48,23 a 67,22% para a borra desengordurada. Estes autores

não utilizaram o método enzimático-gravimétrico de determinação de fibras e não apresentaram a proporção entre os teores de fibra insolúvel e solúvel; entretanto, os resultados são semelhantes ao determinado para fibra alimentar total (65,20%) com o método enzimático-gravimétrico.

As possibilidades de empregar a borra de café como matéria-prima para uso industrial estão relacionadas, basicamente, com o seu elevado teor de fibra alimentar, o que constitui seu potencial como fonte de fibras.

As variações observadas por diferentes autores colocam em evidência que nem sempre há concordância entre os pesquisadores com relação à composição química das matérias-primas. As principais fontes destas variações são a espécie da matéria-prima e o método de análise.

## **5.2 TRATAMENTO ALCALINO: PROPRIEDADES DAS FIBRAS**

As médias dos resultados experimentais dos 15 ensaios do planejamento experimental estão apresentadas na Tabela 7 e, na Tabela 8, os coeficientes dos modelos de regressão elaborados a partir destes resultados, juntamente com as respectivas análises de variância (ANOVA).

Os modelos de regressão elaborados a partir dos dados experimentais foram simplificados conservando os fatores significativos e aqueles que apesar de não significativos contribuíram para aumentar o  $R^2$  dos modelos.

De acordo com a ANOVA (Tabela 8), os modelos para a CRA e a cor apresentaram valores de  $R^2$  ajustado maiores que 0,90. Isto indica que as variáveis estudadas explicam boa parte das diferenças, nas propriedades analisadas, provocadas pelas condições experimentais. Os modelos também apresentaram falta de ajuste não significativo, indicando que se ajustam bem aos dados experimentais, podendo ser usados para fins preditivos. O modelo de regressão da luminosidade apresentou o menor coeficiente de variação (6,66%), enquanto que os da CRA e do volume de intumescimento foram de 14,25 e 12,73%, respectivamente.

**Tabela 7** – Médias dos resultados para as propriedades de hidratação e cor da borra de café segundo o planejamento fatorial  $3^3$  incompleto empregado no experimento

| Ensaio <sup>a</sup> | Variáveis independentes |              |                  | Respostas        |  |                      |
|---------------------|-------------------------|--------------|------------------|------------------|--|----------------------|
|                     | Temperatura<br>(° C)    | Tempo<br>(h) | % borra<br>(p/v) | CRA <sup>b</sup> | Volume de<br>intumescimento <sup>c</sup> | Luminosidade<br>(L*) |
| 1                   | 30                      | 6            | 6                | 3,43             | 4,49                                     | 25,45                |
| 2                   | 50                      | 6            | 6                | 2,73             | 3,98                                     | 26,81                |
| 3                   | 30                      | 12           | 6                | 3,16             | 4,24                                     | 31,82                |
| 4                   | 50                      | 12           | 6                | 3,17             | 4,24                                     | 31,26                |
| 5                   | 30                      | 9            | 4                | 3,98             | 5,57                                     | 28,46                |
| 6                   | 50                      | 9            | 4                | 3,80             | 4,98                                     | 29,37                |
| 7                   | 30                      | 9            | 8                | 3,52             | 4,72                                     | 29,45                |
| 8                   | 50                      | 9            | 8                | 3,35             | 4,74                                     | 29,44                |
| 9                   | 40                      | 6            | 4                | 3,00             | 3,75                                     | 25,66                |
| 10                  | 40                      | 12           | 4                | 2,90             | 4,24                                     | 30,58                |
| 11                  | 40                      | 6            | 8                | 2,54             | 3,75                                     | 26,74                |
| 12                  | 40                      | 12           | 8                | 3,10             | 4,48                                     | 30,64                |
| 13                  | 40                      | 9            | 6                | 2,61             | 3,47                                     | 29,12                |
| 14                  | 40                      | 9            | 6                | 2,73             | 3,95                                     | 30,15                |
| 15                  | 40                      | 9            | 6                | 2,46             | 3,66                                     | 30,46                |

<sup>a</sup>=realizados em ordem aleatória; <sup>b</sup>=Capacidade de Retenção de Água (g água/g de amostra seca); <sup>c</sup>=mL/g de amostra seca

O modelo para o volume de intumescimento apresentou um  $R^2$  próximo de 0,90, o que poderia ser considerado satisfatório, entretanto, seu  $R^2$  ajustado foi de 0,72 e o modelo não representa de forma satisfatória as diferenças causadas pelo experimento nesta propriedade, mesmo apresentando falta de ajuste não significativo.

A CRA foi influenciada pelos efeitos quadráticos da temperatura e da concentração de borra. Estes mesmos efeitos também influenciaram significativamente o volume de intumescimento. A luminosidade foi influenciada pelo efeito linear do tempo de reação.

**Tabela 8** – Coeficientes de Regressão e Análise de Variância (ANOVA) dos modelos matemáticos<sup>a</sup> das variáveis resposta.

| Coeficientes                         |              | Variáveis Resposta  |                                       |                     |
|--------------------------------------|--------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                      |              | CRA <sup>b</sup>    | Volume de Intumescimento <sup>c</sup> | Luminosidade (L*)   |
| Linear                               | $\beta_0$    | 3,224*              | 4,432*                                | 28,807*             |
|                                      | $\beta_1$    | -0,131 <sup>d</sup> | -0,135 <sup>d</sup>                   | 0,211 <sup>d</sup>  |
|                                      | $\beta_2$    | 0,081 <sup>d</sup>  | 0,154 <sup>d</sup>                    | 2,454*              |
| Quadrático                           | $\beta_3$    | -0,147 <sup>d</sup> | -0,106 <sup>d</sup>                   | 0,274 <sup>d</sup>  |
|                                      | $\beta_{11}$ | -0,325*             | -0,374*                               | 0,075 <sup>d</sup>  |
|                                      | $\beta_{22}$ | 0,065 <sup>d</sup>  | 0,101 <sup>d</sup>                    | 0,462 <sup>d</sup>  |
| Interação                            | $\beta_{33}$ | -0,207*             | -0,281*                               | 0,290 <sup>d</sup>  |
|                                      | $\beta_{12}$ | 0,179 <sup>d</sup>  | 0,128 <sup>d</sup>                    | -0,480 <sup>d</sup> |
|                                      | $\beta_{13}$ | -                   | 0,154 <sup>d</sup>                    | -0,231 <sup>d</sup> |
|                                      | $\beta_{23}$ | 0,163 <sup>d</sup>  | -                                     | -0,254 <sup>d</sup> |
| R <sup>2</sup>                       |              | 0,9606              | 0,8806                                | 0,9734              |
| R <sup>2</sup> ajustado              |              | 0,9081              | 0,7213                                | 0,9256              |
| Desvio Padrão                        |              | 0,4571              | 0,5458                                | 1,9352              |
| Coeficiente de Variação (%)          |              | 14,2501             | 12,7381                               | 6,6668              |
| Significância da falta de ajuste (P) |              | 0,5341              | 0,3767                                | 0,8038              |

<sup>a</sup> = modelo completo:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \varepsilon$ , no qual  $X_1$  = Temperatura (°C),  $X_2$  = Tempo (h),  $X_3$  = concentração de borra (% p/v), <sup>b</sup> = Capacidade de retenção de água (g água/g amostra seca), <sup>c</sup> = mL/g amostra seca, <sup>d</sup> = embora não significativo em nível de 5%, este termo contribui para aumentar o R<sup>2</sup> do modelo, \* significativo a  $p < 0,05$ .

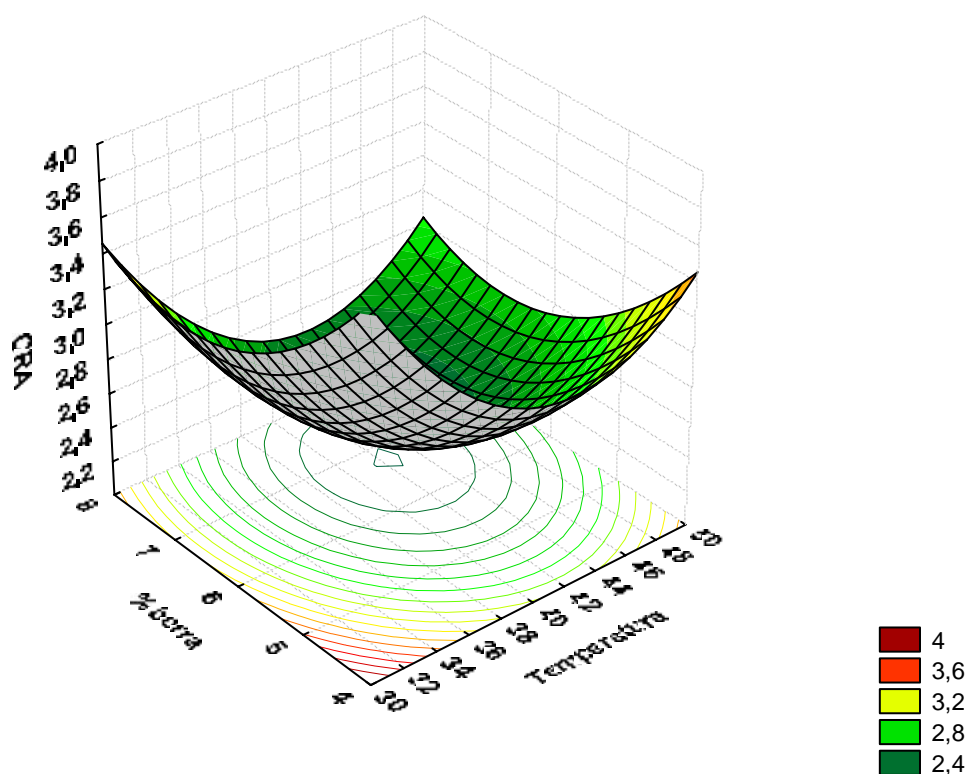
### 5.2.1 Capacidade de Retenção de Água

A capacidade de retenção de água é uma expressão empregada para descrever a capacidade de uma matriz de moléculas, normalmente macromoléculas, de reter grandes quantidades de água de maneira que se evite a exsudação (CHOU; MORR, apud MARTINS, 1995).

No caso das fibras, tal capacidade está relacionada com as propriedades hidrofílicas dos grupos hidroxilas livres dos polissacarídeos. Por outro lado, ligações inter e intra moleculares apresentam um efeito contrário. Desta forma,

a estrutura física da fibra é o determinante de maior importância para essa propriedade. A fibra, quando em contato com a água, tem suas macromoléculas dispersas e expandidas. Sua hidratação ocorre por adsorção na superfície das macromoléculas e por incorporação às regiões intersticiais da matriz fibrosa (KAY, 1982).

Pela análise da Figura 1, correspondente ao modelo de regressão (Tabela 8), observa-se que os maiores valores de CRA (4g água/g amostra seca) se localizam na região de menor temperatura (30 °C) e menor concentração de borra (4%). Entretanto, há uma tendência a aumento nos valores de CRA na região da maior concentração de borra (8%).



**Figura 1** – Capacidade de retenção de água (mL água/g amostra seca) da borra de café após tratamento em função da temperatura e concentração de borra, com 6 horas de reação

Na região próxima à maior temperatura (50 °C) e menor concentração de borra (4%) também são observados maiores valores de CRA. Esta região, contudo, não é tão interessante para ser explorada com a extrapolação para

além da área experimental devido ao maior gasto energético necessário para obter resultados semelhantes. A diminuição da CRA com o aumento da temperatura pode ser decorrente do rompimento da estrutura da fibra, uma vez que a fragmentação da matriz fibrosa reduz o espaço intersticial, além de destruir as estruturas responsáveis pela interação com a água, diminuindo a capacidade de retenção de água. Quando a temperatura continua sendo aumentada pode ocorrer que espaços intersticiais antes não disponíveis comecem a ser expostos pela desestruturação da fibra, e nestes espaços começa a ocorrer novamente uma interação com a água e um novo aumento da capacidade de retenção de água nestas fibras.

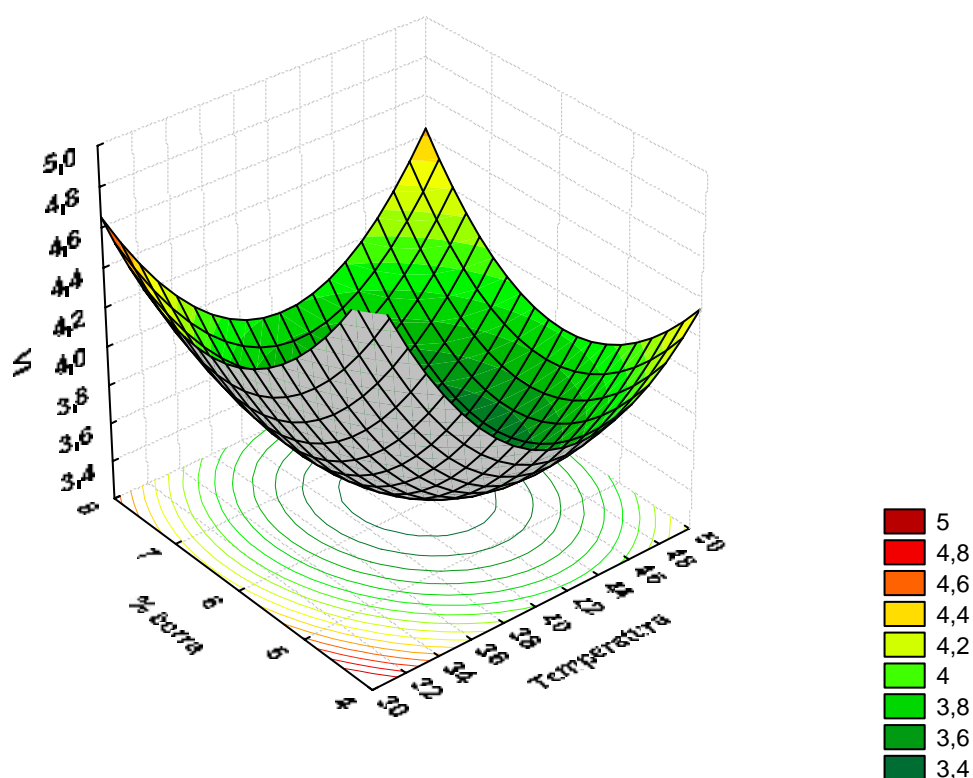
### **5.2.2 Volume de Intumescimento**

O intumescimento é um fenômeno decorrente da difusão induzido pela afinidade das moléculas do material pelas moléculas pertencentes ao fluido. À medida que o líquido interativo entra em contato com a molécula, ocorre um mecanismo do tipo “abertura das fibrilas” onde é produzida uma forma porosa. Quando o intumescimento inicia, mais grupos hidroxilas tornam-se acessíveis para acomodar mais líquido, os quais abrem ainda mais a estrutura e causam mais intumescimento. Quando o líquido interativo é somente água, os grupos hidroxilas presentes na região amorfa tornam-se disponíveis enquanto os das regiões cristalinas permanecem inacessíveis durante todo o processo (QIAN e DING, 1996).

O intumescimento é normalmente causado por uma fixação espontânea da água através da matriz fibrosa. O grau de intumescimento pode ser controlado por forças intermoleculares e ligações dentro da matriz. CHOU e MORR apud MARTINS (1995) afirmaram que o intumescimento tem um efeito direto na quantidade de água que o sistema pode absorver, e dá forma e textura ao produto final.

A maioria das áreas disponíveis para a água encontra-se na região não cristalina. As regiões cristalinas funcionam como um tipo de pseudoligações cruzadas, agindo como obstáculos e limitando o processo de intumescimento (QIAN e DING, 1996).

Através da superfície de resposta (Figura 2) gerada a partir do modelo ajustado para o volume de intumescimento (Tabela 8), observa-se que houve um aumento neste volume na faixa da temperatura mais baixa tanto para as menores concentrações de borra assim como para as maiores concentrações. Entretanto, como dito anteriormente, o modelo para o volume de intumescimento não representou de forma satisfatória as diferenças causadas pelo experimento nesta propriedade e os resultados para as condições estudadas podem ser decorrentes da execução do método de determinação, que em geral apresenta um alto coeficiente de variação; ou pela faixa de variação estudada que não causou modificações significativas no volume de intumescimento.



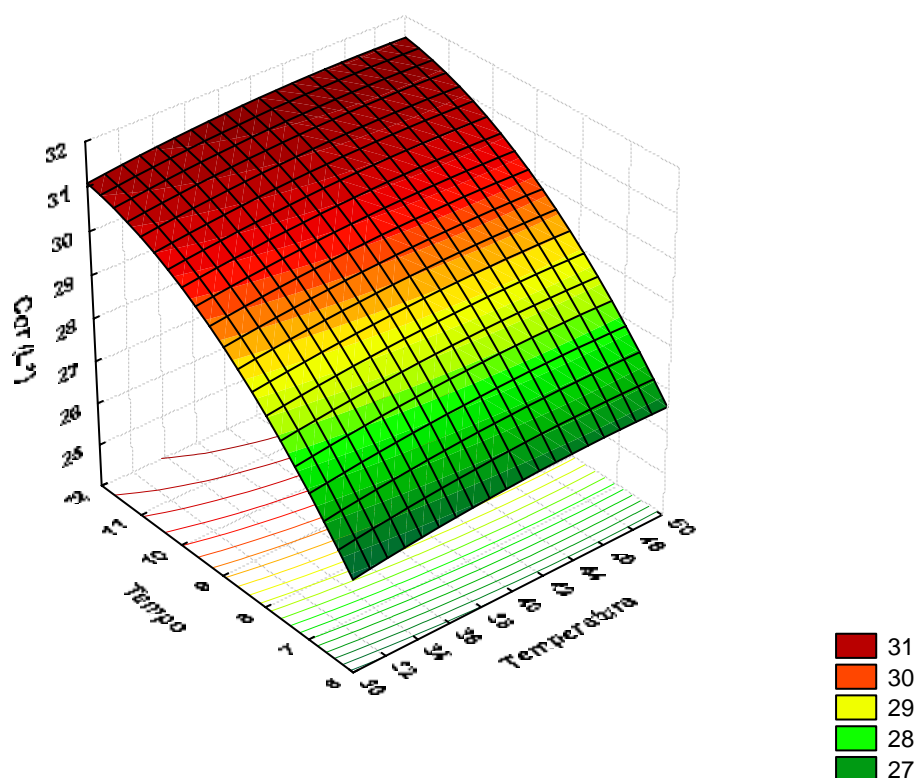
**Figura 2** – Volume de intumescimento (mL/g amostra seca) da borra de café após tratamento, em função da temperatura e da concentração de borra, com 6 horas de reação

Em todos os experimentos a concentração de peróxido de hidrogênio alcalino foi de 1%. Segundo GOULD (1985) e NING; VILLOTA e ARTZ (1991), o peróxido de hidrogênio alcalino degrada a lignina através de sua remoção por solubilização e/ou modificação estrutural, ao mesmo tempo em que modifica a

cristalinidade da celulose, aumentando a capacidade da fibra intumescer. Portanto, o intumescimento de matérias lignocelulósicas tratados com álcali está associado a mudanças na flexibilidade da cadeia molecular e interações intermoleculares. Neste trabalho, talvez a concentração de reagente fixada (1%) tenha sido baixa demais para permitir modificações na capacidade de intumescimento da fibra. Outra possibilidade é a de que as características de composição e estrutura das fibras não possibilitem maiores modificações.

### **5.2.3 Cor – Luminosidade (\*L)**

A cor é considerada um atributo de qualidade de um produto. Fisicamente, é uma característica da luz, a qual pode ser quantificada em termos de intensidade e comprimento de onda e, baseada nas características dos produtos, pode ser quantificada pela transmissão ou reflectância. Desta forma, a luminosidade, ou porcentagem de reflectância, foi a característica determinada neste experimento, uma vez que o tratamento com peróxido de hidrogênio atua também como agente branqueador nesse processo.



**Figura 3** – Luminosidade ( $L^*$ ) da borra de café após tratamento em função da temperatura e tempo, com concentração de borra de 6%.

Pela análise da Figura 3 podemos verificar que a luminosidade da borra de café aumentou com o tempo de reação para toda a faixa de temperatura. A coloração escura da borra de café sem tratamento é uma limitação para sua aplicação em alimentos, pois restringe os níveis de adição, por conferir tonalidades e pontos escuros não característicos aos alimentos nos quais teria um uso potencial.

O branqueamento com peróxido de hidrogênio não elimina a cor escura da borra de café, apenas a tornou um pouco mais clara, o que representa um fator interessante para ampliar suas aplicações, tornando-o mais aceito.

#### 5.2.4 Escolha da melhor Condição de Tratamento

Os modelos de regressão obtidos do planejamento experimental indicaram que os maiores valores para as propriedades de hidratação e

luminosidade da borra de café tratada com 1% de peróxido de hidrogênio podem ser obtidos com temperaturas mais baixas (30 °C), visando uma economia de energia, e com uma maior concentração de borra de café (8%) dentro da faixa estudada, permitindo assim uma maior relação sólidos/reagente.

Haja visto que os efeitos do tempo de reação não foram significativos, foram realizados outros testes abaixo do tempo de 6 horas afim de explorar esta área, com as demais condições fixadas em 30 °C e 8% de borra. Foram testados os tempos de 4 e 5 horas. A Tabela 9 apresenta a média dos resultados destes testes.

**Tabela 9** – Efeito do tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino na capacidade de retenção de água e volume de intumescimento em 4 e 5 horas de reação<sup>1</sup>

| Tempo de reação | CRA*<br>(g água/g de amostra) | Volume de Intumescimento*<br>(mL/g amostra) |
|-----------------|-------------------------------|---|
| 4 horas         | 3,04 ± 0,00 <sup>b</sup>      | 4,72 ± 0,03 <sup>b</sup>                    |
| 5 horas         | 3,63 ± 0,03 <sup>a</sup>      | 4,96 ± 0,04 <sup>a</sup>                    |

\* Valores médios obtidos de duplicatas. <sup>1</sup> = tratamento a 30 °C, com 8% de borra. Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, apresentam diferença (Teste T-Sudent, p<0,05).

Os resultados apresentaram diferença (p<0,05). Os maiores valores para as propriedades de hidratação foram obtidos com 5 horas de reação (3,63g água/g amostra para CRA e 4,96 mL/g amostra seca para volume de intumescimento), além de uma luminosidade (\*L) de 30,58 para a cor, sendo, portanto, esta a condição escolhida para produzir a borra de café modificada para uso em biscoitos.

### 5.3 AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO EFEITO DO TRATAMENTO NAS PROPRIEDADES DA BORRA DE CAFÉ

Na Tabela 10 é possível comparar os resultados das propriedades de hidratação e luminosidade da borra de café, antes e após tratamento, nas condições estabelecidas anteriormente.

**Tabela 10** – Efeito do tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino na capacidade de retenção de água, volume de intumescimento e cor da borra de café

|                             | CRA*<br>(g água/g de amostra) | Volume de Intumescimento*<br>(mL/g amostra) | Luminosidade*<br>(L*)     |
|-----------------------------|-------------------------------|---|---------------------------|
| Sem tratamento              | 2,43 ± 0,15 <sup>b</sup>      | 4,88 ± 0,05 <sup>a</sup>                    | 25,32 ± 0,02 <sup>b</sup> |
| Com tratamento <sup>1</sup> | 3,63 ± 0,03 <sup>a</sup>      | 4,96 ± 0,04 <sup>a</sup>                    | 30,58 ± 0,06 <sup>a</sup> |

\* Valores médios obtidos de triplicatas. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não apresentam diferença significativa (Teste T-Student,  $p < 0,05$ ). <sup>1</sup> = tratamento a 30 °C, por 5 horas com 8% de borra.

O tratamento melhorou em 49,2% a CRA da borra de café em comparação com a borra sem tratamento. O aumento no volume de intumescimento da borra modificada foi de apenas 1,64% e não foi significativo. O aumento na CRA está de acordo com a idéia de que estes materiais tratados apresentam estrutura mais aberta, com porosidade aumentada, o que facilita a retenção da água (GOULD; JASBERG e DEXTER, 1990; NING; VILLOTA e ARTZ, 1991).

DOUGHERTY; SOMBKE e IRVINE (1988) verificaram um aumento de 68% na CRA de cascas de aveia após tratamento alcalino. A modificação das propriedades de hidratação das fibras por tratamentos físicos são geralmente aumentadas quando associadas a algum tipo de modificação física, sendo o processo de extrusão o mais estudado. LARREA *et al.* (1997) obteve um aumento de 95% na capacidade de retenção de água e 138% no volume de intumescimento quando aperfeiçoaram processos de pré-tratamento com solução de peróxido de hidrogênio alcalino seguido de extrusão para modificação da fibra da casca de arroz, visando melhorar as propriedades funcionais dessa fibra. GALDEANO e

GROSSMANN (2005) associaram o tratamento alcalino com a extrusão e obtiveram 70% de aumento na capacidade de retenção de água e 55% no volume de intumescimento nas propriedades de hidratação de casca de aveia.

A opção pelo uso exclusivo do tratamento químico na borra de café, sem associação com nenhum outro processo, deve-se ao caráter exploratório deste trabalho, uma vez que não foram encontradas na bibliografia informações sobre as propriedades de hidratação deste material, nem sobre seu uso como fibra alimentar.

A borra de café modificada pelo tratamento alcalino apresentou coloração mais clara que a borra não modificada e, portanto, mais adequada para o uso mais amplo em biscoitos.

#### 5.4 COMPOSIÇÃO DA FIBRA ALIMENTAR DA BORRA DE CAFÉ

O resultado do fracionamento da fibra alimentar da borra de café modificada, realizado conforme método descrito por CLAYE; IDOURAINE e WEBER (1996) é apresentado na Tabela 11.

**Tabela 11** – Composição da Fibra de café

| Componentes                     | % <sup>a</sup> |
|---------------------------------|----------------|
| Celulose                        | 43,40 ± 0,46   |
| Hemicelulose                    | 27,26 ± 1,21   |
| - hemicelulose A (insolúvel)    | 25,01 ± 0,36   |
| - hemicelulose B (solúvel)      | 2,25 ± 0,84    |
| Lignina                         | 23,30 ± 0,21   |
| Substâncias pécticas insolúveis | 6,03 ± 0,14    |

<sup>a</sup> = média de triplicatas

Não foram encontrados na revisão bibliográfica artigos que apresentassem dados da composição da borra de café em termos de seu conteúdo em celulose, hemicelulose e lignina.

SOUZA *et al.* (2001) determinaram estes componentes na casca do café e encontraram 22,72% de celulose, 14,69% de hemicelulose e 12,38% de lignina; porém, a casca do café não é utilizada na fabricação de café solúvel e, portanto, estes valores não podem ser comparados diretamente com o conteúdo dos mesmos na borra de café.

Da mesma forma BARCELOS; PAIVA e PEREZ (2001) verificaram o conteúdo de celulose e hemicelulose na casca e polpa desidratada de café. A casca apresentou teores de 37% de celulose e 36% de hemicelulose. Na polpa, estes teores foram de 24% para a celulose e 23% para a hemicelulose.

DREHER (1999) cita que os principais açúcares totais do café solúvel são arabino-galactanos e mananos, ou seja, hemiceluloses solúveis ou de menor solubilidade, como é o caso dos mananos. No grão de café esses polissacarídeos, mais a celulose e a lignina têm um papel estrutural e formam a matriz da parede celular secundária, isto é, são uma reserva de energia para a germinação e conferem dureza à semente. As condições de preparo do café solúvel são excepcionais para estes polissacarídeos e muitos deles são solubilizados ou arrastados pelo processo de extração e, assim, incorporados ao café solúvel.

A principal vantagem do fracionamento é a informação adicional acerca dos componentes da fibra, facilitando o entendimento da variabilidade na resposta fisiológica e nas propriedades físico-químicas de alimentos induzida por diferentes fontes de fibra, uma vez que os valores de fibra alimentar sozinhos não podem predizer a verdadeira propriedade funcional da fibra.

## **5.5 CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ APÓS TRATAMENTO**

A composição centesimal da borra de café, após o tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino, pode ser observada na Tabela 12.

**Tabela 12** – Composição centesimal da borra de café tratada com peróxido de hidrogênio alcalino (base seca)<sup>1</sup>

|                             | %            |
|-----------------------------|--------------|
| Proteína                    | 9,48 ± 0,22  |
| Cinzas                      | 1,12 ± 0,04  |
| Lipídeos                    | 18,34 ± 1,11 |
| Fibra Alimentar Total       | 64,26 ± 0,89 |
| - Fibra Alimentar Solúvel   | 0,59 ± 0,07  |
| - Fibra Alimentar Insolúvel | 63,67 ± 0,86 |
| Carboidratos <sup>a</sup>   | 6,80         |
| <b>TOTAL</b>                | <b>100</b>   |

<sup>a</sup> calculado por diferença, <sup>1</sup> = tratamento a 30 °C, por 5 horas com 8% de borra.

De acordo com a Tabela 12, comparada com a Tabela 6, houve redução nos teores de proteína e fibra alimentar total e aumento nos teores de cinzas, lipídeos e carboidratos, mas estas alterações podem ser relativas, causadas unicamente pelo balanço centesimal entre os componentes.

É importante lembrar que o material foi lavado após o tratamento, o que resulta na remoção de proteínas e outros materiais solúveis, inclusive a fração solúvel das fibras. Não foram encontrados na literatura valores de composição da borra de café tratada com peróxido de hidrogênio e, portanto, não há dados para comparação.

A redução no teor de fibra alimentar deve-se ao próprio tratamento alcalino cuja finalidade é solubilizar parte da lignina e reduzir a cristalinidade da celulose e assim aumentar a capacidade de hidratação da fibra.

### 5.5.1 Granulometria da Borra de Café após Tratamento

A classificação granulométrica da borra de café antes e após ser tratada com peróxido de hidrogênio pode ser vista na Tabela 13. A maior parte das partículas da borra sem tratamento (72%) ficou retida entre as peneiras com

abertura entre 0,600 e 0,180 mm. Entre essas mesmas peneiras foram retidas 62,6% das partículas da borra tratada. Na produção dos biscoitos com fibra foi utilizada a fibra em todos os tamanhos de partícula a fim de aproveitar integralmente a matéria prima.

**Tabela 13** – Classificação granulométrica da fibra de café bruta e modificada

| Tyler        | Abertura em mm | Fibra Bruta<br>Material retido (%) | Fibra Modificada<br>Material retido (%) |
|--------------|----------------|------------------------------------|---|
| 20           | 0,840          | 22.0                               | 17.9                                    |
| 28           | 0,600          | 18.0                               | 18.0                                    |
| 48           | 0,300          | 35.4                               | 32.7                                    |
| 80           | 0,180          | 18.7                               | 12.0                                    |
| 100          | 0,150          | 2.0                                | 3.5                                     |
| 200          | 0,075          | 3.9                                | 12.6                                    |
| Fundo        | < 0,075        | 0.1                                | 3.4                                     |
| <b>TOTAL</b> |                | <b>100,0</b>                       | <b>100,0</b>                            |

A modificação na granulometria da borra é atribuída ao tratamento com peróxido de hidrogênio e sua ação na estrutura física do material, além da agitação à que o material é submetido durante o tratamento.

## 5.6 CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS PRODUZIDOS COM BORRA DE CAFÉ MODIFICADA

### 5.6.1 Composição Centesimal

A composição centesimal dos biscoitos elaborados com a borra de café modificada está apresentada na Tabela 14. Na mesma Tabela pode-se comparar a formulação elaborada com a de uma formulação comercial de cookies integrais sabor café, onde os dados de composição foram extraídos da embalagem do produto.

**Tabela 14** – Composição centesimal dos biscoitos formulados com borra de café modificada e biscoitos comerciais (base seca)

|                             | Biscoito com borra de café<br>% <sup>1</sup> | Biscoito comercial<br>% <sup>2</sup> |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Proteína                    | 9,09 ± 0,19                                  | 7,7                                  |
| Cinzas                      | 1,02 ± 0,13                                  | -                                    |
| Lipídeos                    | 7,93 ± 0,07                                  | 15,7                                 |
| Fibra Alimentar Total       | 9,72 ± 0,33                                  | 6,7                                  |
| - Fibra Alimentar Solúvel   | 0,50 ± 1,31                                  | -                                    |
| - Fibra Alimentar Insolúvel | 9,22 ± 1,40                                  | -                                    |
| Carboidratos <sup>a</sup>   | 72,25  | 63,3                                 |

<sup>1</sup> = média de triplicatas, <sup>2</sup> = dados fornecidos pelo fabricante, <sup>a</sup> calculados por diferença.

De acordo com a legislação brasileira, para que um produto sólido seja considerado como fonte de fibra, deve ter no mínimo 3% de fibras e, para ser considerado como de alto teor, no mínimo 6% (BRASIL, 2001). Portanto, os biscoitos preparados neste trabalho podem ser considerados como de alto teor de fibras.

### 5.6.2 Caracterização Física dos Biscoitos

A Tabela 15 apresenta as características físicas dos biscoitos preparados com a borra modificada e com a borra natural.

**Tabela 15** – Médias das características físicas dos biscoitos elaborados com borra modificada e com a borra natural

| Parâmetros Físicos Avaliados | Biscoito*                 |                           |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                              | Fibra Modificada          | Fibra Bruta               |
| Diâmetro (mm)                | 40,75 ± 0,89 <sup>a</sup> | 39,00 ± 1,10 <sup>b</sup> |
| Espessura (mm)               | 6,63 ± 0,91 <sup>c</sup>  | 6,31 ± 1,53 <sup>c</sup>  |
| Volume Específico (mL/g)     | 1,85 ± 0,25 <sup>d</sup>  | 1,50 ± 0,28 <sup>e</sup>  |

\* Valores médios obtidos de 8 amostras aleatórias. Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, apresentam diferença (Teste T-Student,  $p < 0,05$ ).

O diâmetro e o volume específico dos biscoitos preparados com a borra tratada e a não tratada apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ). Embora não haja diferença entre as espessuras dos biscoitos ( $p < 0,05$ ) observa-se uma tendência a maiores espessuras nos biscoitos formulados com a borra modificada.

Pode-se dizer que estas diferenças nas características físicas dos biscoitos estão associadas à maior capacidade de retenção de água da fibra modificada, resultando em biscoitos com maior expansão.

GALDEANO e GROSSMANN (2005) produziram cookies com casca de aveia modificada por tratamento alcalino associado à extrusão e não encontraram diferença nas propriedades físicas dos cookies produzidos com a fibra tratada e a não tratada.

A dureza dos biscoitos foi determinada em texturômetro e, de acordo com a Tabela 16, houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre as duas formulações.

**Tabela 16** – Dureza\* dos biscoitos produzidos com fibra bruta e fibra modificada

| Amostra                       | Dureza (N)                  |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Biscoito com fibra modificada | 99,04 ± 8,17 <sup>b</sup>   |
| Biscoito com fibra bruta      | 141,85 ± 14,95 <sup>a</sup> |

\* Valores médios obtidos de 8 amostras aleatórias. Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, apresentam diferença (Teste T-Student,  $p < 0,05$ ).

Os biscoitos formulados com a fibra modificada apresentaram menor dureza que os formulados com a fibra sem o tratamento. Como visto anteriormente, estes biscoitos também apresentaram características de expansão maiores que do que aqueles com borra natural e tal fato está associado com a maior capacidade de retenção de água destas fibras, que resultam em produtos mais macios e menos resistentes. Esta característica, entretanto deve ser considerada de forma adequada, uma vez que, sensorialmente, a dureza, associada à crocância, pode ser um atributo desejado neste tipo de produto.

A diferença de cor detectada entre a borra de café sem tratamento (menor luminosidade) e após tratada (maior luminosidade) refletiu-se na cor final dos biscoitos, como pode ser observado na Figura 4.



**Figura 4** – Aparência dos biscoitos produzidos com borra de café modificada e sem modificação

Os biscoitos produzidos com a borra de café modificada apresentaram cor mais clara que aqueles com a borra sem modificação apesar do baixo nível de incorporação deste ingrediente à massa (8%).

## 5.7 ANÁLISE SENSORIAL

O teste triangular foi utilizado para verificação da diferença global entre as amostras, que apresentaram diferença com  $p < 0,05$  entre 54 provadores, sendo que 34 provadores detectaram diferença entre as amostras. O aspecto visual dos biscoitos não interferiu na resposta, uma vez que o teste foi realizado em cabines individuais com uso de luz controlada, vermelha e verde simultaneamente, dificultando a observação das diferenças existentes entre eles. A diferença encontrada, de acordo com os provadores, situa-se principalmente na sensação arenosa ao paladar que a borra de café sem tratamento proporciona e a doçura da amostra, mais acentuada nos biscoitos com a borra modificada.

Uma vez detectada a diferença perceptível entre as amostras foi realizado o teste de aceitação utilizando a escala hedônica híbrida de 10 pontos ancorada com expressões verbais nas extremidades e no meio da escala, conforme VILLANUEVA; PETENATE e DA SILVA (2005). Dos 50 provadores, 64% afirmaram ter o hábito de consumir biscoitos e 94% disseram gostar do sabor café.

Os valores médios das notas dadas pelos provadores às amostras das duas diferentes formulações dos biscoitos de café estão apresentados na Tabela 17.

**Tabela 17** – Valores de aceitação para as duas formulações de biscoitos de café

| Amostra                                   | Nota              |
|---|-------------------|
| Biscoito com borra de café não modificada | 6,24 <sup>a</sup> |
| Biscoito com borra de café modificada     | 6,62 <sup>a</sup> |

Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não apresentam diferença (Teste T-Student,  $p < 0,05$ ).

A média das notas obtidas pelas duas formulações não apresenta diferença ( $p < 0,05$ ), porém indicam uma tendência a maiores notas para os biscoitos com a borra de café modificada.

De acordo com os provadores, os biscoitos com a borra de café não modificada apresentaram sabor mais amargo e característica arenosa na sensação tátil. Contudo, alguns provadores afirmaram que esta amostra apresentava melhores características de crocância do que o biscoito com a borra modificada, o que pode ser associado com a característica de dureza apresentada anteriormente.

Entretanto, os biscoitos com a borra de café modificada foram ditos como mais saborosos e mais doces do que os com a borra não modificada, sendo estes os comentários mais freqüentes relatados pelos provadores, além de outras características como a aparência e sensação tátil mais agradável, assim como a maciez dos biscoitos, que nem sempre constitui uma propriedade negativa, uma vez que alguns provadores citam este atributo como justificativa ao avaliarem os biscoitos com borra tratada com uma nota mais elevada.

## 6 CONCLUSÕES

O tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino promoveu modificação na borra de café. O processamento nas condições de 1% de peróxido de hidrogênio à 30 °C utilizando 8% de borra de café durante 5 horas ocasionou um aumento de 49,2% na capacidade de retenção de água em relação à borra de café não tratada.

Este tratamento possibilitou a obtenção de um produto com alto teor de fibra alimentar (64%), e capacidade de retenção de água superior ao material não tratado, além de uma coloração mais clara, possibilitando o seu uso como ingrediente não-calórico em alimentos. A fibra da borra de café modificada apresenta 43,40% de celulose, 27,26% de hemicelulose e 23,30% de lignina.

A borra de café modificada pelo tratamento alcalino pode ser utilizada na formulação de biscoitos mesmo não tendo ocorrido grandes aumentos as propriedades de hidratação, uma vez que a desestruturação da fibra melhorou as características sensoriais, ainda que sejam necessários ajustes na formulação para que o produto tenha maior aceitação.

## REFERÊNCIAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Press Release: AACC Approves New Dietary Fiber Definition**. St. Paul, Minnesota, 2000. Disponível em <<http://www.aaccnet.org/definitions/default.asp>>. Acesso em 20 fev. 2007.

ADANS, M.R & DOUGAN. Waste products In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R. **Coffee Technology**, v.2, Elsevier Applied Science, London, p. 282-291, 1985

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 ed Revision 1. Airlingtonn, 2006.

ARTZ, W.; WARREN, C.; VILLOTA, R. Twin-screw Extrusion Modification of a Corn Fiber and Corn Starch Extruded Blend. **Journal of Food Science**, v.55, n.3, p.746-754, 1990.

BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PEREZ, J.R.O. Fatores antinutricionais da casca e da polpa de café. In: **II SIMPOSIO de Pesquisa dos Cafés do Brasil** – Setembro de 2001

BORRELLI, R. C.; ESPOSITO, F.; NAPOLITANO A.; RITIENI A.; FOGLIANO V. Characterization of a New Potential Functional Ingredient: Coffee Silverskin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.5, p. 1338-1343, 2004.

BOX, G.E.P.; BENHKEN, D.W. Some new three level designs for the study of quantitative variables. **Technometrics**, v.2, n.4, p.455-475, 1960.

BRAND, D. **Detoxificação biológica da casca de café por fungos filamentosos em fermentação no estado sólido**. 1999. 101 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba.

BRASIL. Portaria ANVISA, nº 27, de 13 de janeiro de 1998, aprova o **Regulamento referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes)**. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27_98.htm)>. Acesso em 27 ago. 2005.

CLAYE, S.; IDOURAINE, A.; WEBER, C. Extraction and fractionation of insoluble fiber from five fiber sources. **Food Chemistry**, v.57, n.2, p.305-310,1996.

CHO, S.S.; JENAB, M. The application of complex carbohydrates to functional food development. In: CHO, Susan Sungso; PROSKY, Leon; DREHER Mark (Ed.) **Complex Carbohydrates in Foods**. p.594-604. New York: Marcel Dekker, 1999.

\_\_\_\_\_; DEVRIES, J.W.; PROSKY L. **Dietary Fiber Analysis and Applications**. AOAC International: Gaithersburg, Maryland, USA. 1997.

DA-SILVA, R.; FRANCO, C.M.L.; GOMES, E. Pectinases, hemicelulases e celulases, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: revisão. **Boletim SBCTA**, v.31, n.2, p.249-260, 1997.

DEVRIES, J.W.; PROSKY L.; LI B.; CHO S. A Historical Perspective on Defining Dietary Fiber. **Cereal Foods World**, v. 44, n.5, 1999.

DÍAZ-RUBIO, M.E.; SAURA-CALIXTO, F. Dietary Fiber in Brewed Coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Published on Web 02/13/2007.

DOUGHERTY, M.; SOMBKE, R.; IRVINE, J. Oat fiber in low calorie breads, soft-type cookies, and pasta. **Cereal Foods World**, v.33, n.5, p.424-427, 1988.

DREHER, M. Food Sources and Uses of Dietary Fiber. In: CHO, Susan Sungso; PROSKY, Leon; DREHER Mark (Ed.) **Complex Carbohydrates in Foods**. p.327-367. Marcel Dekker, 1999.

DUXBURY, D. Dietary fiber: still no accepted definition. **Food Technology**, v.58, n.5, p.70-71, 2004.

GALDEANO, M.C. **Caracterização e Aplicação de Casca de Aveia Modificada por Tratamento com Peróxido de Hidrogênio Alcalino Associado à Extrusão**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

\_\_\_\_\_; GROSSMANN, M.V.E. Effect of Treatment with Alkaline Hydrogen Peroxide Associated with Extrusion on Color and Hydration Properties of Oat Hulls. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.78, n.1, p. 63-72, January 2005.

GIBSON, G.R. Dietary Modulation of the Human Gut Microflora Using the Prebiotics Oligofrutose and Inulin. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n.7, p. 1438s-1441s, 1999.

GOULD, J.M. Enhanced polysaccharide recovery from agricultural residues and perennial grasses treated with alkaline hydrogen peroxide. **Biotechnology and Bioengineering**, v.27, n.6, p.893-896, 1985.

\_\_\_\_\_; JASBERG B. K.; DEXTER L. B.; HSU, J. T.; LEWIS S. M.; FAHEY G. C. High-fiber, Noncaloric Flour Substitute for Baked Foods. Properties of Alkaline Peroxide-treated Lignocellulose. **Cereal Chemistry**, v.66, n.3, p.201-205, 1989.

\_\_\_\_\_; JASBERG B. K.; DEXTER L. B.; Effects of alkaline peroxide-treated fiber ingredients on mixograph properties of wheat flour dough. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.23, p.358-360, 1990.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Coffee International file. ICO. Disponível em <<http://www.ico.org>>. Acesso em set./2007.

INGLETT, G.E. **Dietary fiber gels for preparing calorie reduced foods**. U.S. Patent application serial number 08/563,834; November 28, 1995.

\_\_\_\_\_. Development of a Dietary Fiber Gel for Calorie-reduced Foods. **Cereal Foods World**, v.42, n.5, p.382-385, 1997.

KAY, R.M.; Dietary Fiber. **Journal of Lipid Research**. V.23, p.221-242, 1982.

LARREA, M.A.; GROSSMANN, M.V.E.; BELÉIA, A.P.; TAVARES, D.Q. Changes in water absorption and swollen volume in extruded alkaline peroxide pretreated rice hulls. **Cereal Chemistry**, v.74, n.2, p. 98-101, 1997.

LAGO R.C.A.; ANTONIASSI R. Composição centesimal e de aminoácidos em cafés. In: **II SIMPOSIO de Pesquisa dos Cafés do Brasil** – Setembro de 2001.

MARTINS, T.R. **Efeito do tratamento alcalino associado à extrusão nas propriedades funcionais da fibra de cotilédono de soja**. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3<sup>rd</sup> Edition. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press. 1999.

McNEILLIE, A.; BIESER, J. Hydrogen Peroxide Uses for the Year 2000. **Food Processing**, p.59-65. October 1993.

NING, L.; VILLOTA, R.; ARTZ, W.E. Modification of Corn Fiber Through Chemical Treatments in Combination with Twin-screw Extrusion. **Cereal Chemistry**, v.68, n.6, p.632-636, 1991.

NOGUEIRA, G.C.; BAGGIO, S.R.; BRAGAGNOLO, N.; MORAES, R.M. DE; MORI, E.E.M. Otimização da metodologia para determinação simultânea de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico em café utilizando HPLC com coluna de permeação em gel. In: **SIMPOSIO de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de Caldas, Set. 26-29, 2000. Resumos expandidos. Poços de Caldas (Brasil), Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000. 4 p.

QIAN, J.Y.; DING, X.L. Effect of twin-screw extrusion on the functional properties of soya fiber. **Journal Science Food Agric.** v.71, n.1, p.64-68, 1996.

RAMASWAMY, S.R. **Dietary fiber and method of making**. European Patent Application 0 28 589 A1, sep. 28, 1988.

RAVINDRANATH, R.; YOUSUF ALI KHAN, R.; OBI REDDY, T.; THIRUMALA RAO, S.D.; REDDY B.R. Composition and characteristics of Indian coffee bean, spent grounds and oil. **J. Sci. Fd Agric.**, v.23, p.307-310, 1972.

ROBERTSON, J. A.; MONREDON, F.D.; DYSSELER, P.; GUILLON, F.; AMADÒ, R.; THIBAUT J.F. Hydratation properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.33, p.72-79, 2000.

SAURA-CALIXTO, F.D. Fibra dietética de manzana: hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. **Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos**. n.242, p.57-62, 1993.

SCHENKER, S. **Investigations on the hot air roasting of coffee beans**. 2000. 187 p. Tese (Doutorado em Ciências Técnicas) – Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.

SLAVIN, J. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, p.287-291, 2003.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M.F. Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p. 983-991, 2001.

TAKASAGO. **A basic introduction to coffee**. Apostila. Takasago Coffee Corporation Ltd. Tóquio, 1999.

THEANDER O.; WESTERLUND E.; AMAN P. Structure and components of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v.38, n.3, p.135-141,1993.

VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; DA SILVA, M.A.A.P. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**. v.16, p. 691-703, 2005.

VIDAL, H. **Composição lipídica e a qualidade do café (Coffea arábica L.) durante armazenamento**. 2001. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.