

UFRRJ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

DISSERTAÇÃO

**Estudo da secagem do bagaço de uva visando à
sua utilização como ingrediente na formulação
de barras de cereais**

Aline Soares Cascaes Teles

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ESTUDO DA SECAGEM DO BAGAÇO DE UVA VISANDO À SUA
UTILIZAÇÃO COMO INGREDIENTE NA FORMULAÇÃO DE
BARRAS DE CEREAIS**

ALINE SOARES CASCAES TELES

Sob a orientação da Dra
Lourdes Maria Corrêa Cabral

Co-orientação da Dra
Renata Valeriano Tonon

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

**Seropédica, RJ
Junho de 2014.**

664.6348

T269e

T

Teles, Aline Soares Cascaes, 1983-

Estudo da secagem do bagaço de uva visando à sua utilização como ingrediente na formulação de barras de cereais / Aline Soares Cascaes Teles - 2014.

61 f.: il.

Orientador: Lourdes Maria Corrêa Cabral.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 50-61.

1. Uva - Secagem - Teses. 2. Uva - Cultivo - Teses. 3. Uva - Processamento - Teses. 4. Fenóis - Teses. 5. Tecnologia de alimentos - Teses. I. Cabral, Lourdes Maria Corrêa, 1957-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ALINE SOARES CASCAES TELES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 16/06/2014

Dra. Lourdes Maria Corrêa Cabral
Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientador)

Profa. Dra. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa – UFRRJ
(Membro)

Dra. Ana Paula Gil Cruz
Escola de Química – UFRJ
(Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família que esteve sempre me apoiando em todos os momentos da minha vida, meu namorado e fiel parceiro e todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua grandeza infinita e por todas as graças a mim concedidas.

À minha família. Minha mãe (Josa) e meu pai (Paulo César) por todos seus sábios conselhos que sempre vieram nos momentos certos e por serem um exemplo de vida para mim. Meus irmãos: de sangue (Kinho) e que a vida me deu (Gi), meu muito obrigada pelas caronas, conversas, conselhos, parceria e brincadeiras. Meu tio Joy, muito talentoso. Expresso aqui o meu amor mais puro, sem vocês nada disso faria sentido e nem seria possível!

À minha orientadora Lourdes, por confiar em mim e acreditar no meu trabalho.

À minha co-orientadora Renata, um obrigada muito especial pela confiança, paciência e disponibilidade.

À Flávia Gomes, pela parceria e interesse no meu trabalho.

À minha grande família: Dudinha, Mayara, Jean, Guigo, Danete, Vó (Meyre), Vô (Mimo), Zô e Pardal, por fazerem parte da minha vida e a tornarem mais alegre e cheia de momentos especiais. “Essa família é muito unida...”

Ao meu amor (Davy Hidalgo) por me acompanhar e ser meu maior parceiro, acreditando no meu potencial e me incentivando sempre a continuar nessa área tão difícil que é a pesquisa, te amo!

Aos meus queridos amigos e professores do PPGCTA, pela convivência, pelas brincadeiras, parceria, aprendizado e, até por todo sofrimento durante esses 2 anos de mestrado.

Aos funcionários da Embrapa Agroindústria de Alimentos que com seu auxílio, disponibilidade, carinho e confiança, tornaram os laboratórios um lugar muito agradável para se trabalhar.

Ao Filé que com seu jeito prestativo sempre me ajudou em todos os processos durante os experimentos.

Aos pesquisadores das Plantas I e II, especialmente a Dra Regina Nogueira, pelo apoio e troca de experiência durante os processos de secagem, Selma Terzi e Érika Fraga do Laboratório de Processos Fermentativos pela ajuda, conversas e momentos de descontração.

Aos amigos que conquistei durante todo o tempo de pesquisa: Bete, Lelê (Leilson), Diego, Rozana, Thainá, Mariana (a rebelde!), Milene, “Pedacinho” (Aline Luiza), Náti, Jéssica, Filipe e Jaé, muito obrigada por fazerem do meu mestrado um tempo um pouco mais agradável e feliz. Obrigada pelas risadas, pelo apoio, pelos almoços juntos, enfim, por tudo!

Aos meus queridos “catadores oficiais”: Isabela (Isa), Crislen, Crislayne, Isabela, Amanda, e Márcio, muito obrigada pela ajuda, pela amizade e pelos bons momentos juntos.

Aos meus amigos de sempre, que mesmo a distância, torcem muito por mim: Ivone, Vanessa e Martinha. Meus eternos olhos juntos: Dé (André Souza), Grazi, Gabi 1, Gabi 2, Regiane e Lex, vocês são e sempre serão meus incentivadores.

À vinícola Aurora por fornecer a matéria-prima utilizada neste trabalho.

À Capes pela bolsa concedida.

À UFRRJ, especialmente ao PPGCTA pela oportunidade de cursar o mestrado.

RESUMO

TELES, Aline Soares Cascaes. **Estudo da secagem do bagaço de uva visando à sua utilização como ingrediente na formulação de barras de cereais: UFRRJ, RJ.**

2014. 66p Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

O bagaço de uva apresenta em sua composição alto teor de polifenóis com atividade antioxidante, caracterizando-o como um produto que poderia ser aproveitado de maneira mais lucrativa pela indústria como, por exemplo, na formulação de alimentos para humanos. A secagem é um método de redução do teor de umidade dos alimentos que pode representar uma ferramenta para utilização do bagaço de uva. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tempo e da temperatura de secagem sobre o teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante do bagaço de uva para posterior obtenção de uma farinha e sua utilização na formulação de barras de cereais. Os experimentos foram conduzidos a diferentes temperaturas (40°C, 50°C e 60°C) e os dados experimentais foram ajustados a seis modelos matemáticos que foram comparados frente aos melhores valores de coeficiente de determinação (R^2) e da soma dos quadrados do resíduo (SQR). Paralelamente, foi avaliado o comportamento dos compostos bioativos durante o processo de secagem, de acordo com o tempo e a temperatura ao qual foram expostos. O modelo de Page foi selecionado como o mais adequado para representar a secagem convectiva do bagaço de uva. Os tratamentos apresentaram diferença significativa em relação à retenção dos compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante. O bagaço seco a 60°C apresentou os maiores valores para fenólicos totais e capacidade antioxidante, sugerindo que esta temperatura foi capaz de inativar enzimas que catalisam a degradação dos compostos fenólicos. Foram realizados novos testes de secagem e a partir destes, foram obtidas a farinha do bagaço de uva que, após ser caracterizado, foi utilizado como ingrediente em diferentes concentrações para a formulação de barras de cereais. Esses produtos foram avaliados frente ao conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante. As barras de cereais com os maiores teores de farinha apresentaram as maiores concentrações de compostos bioativos e capacidade antioxidante, sendo uma excelente alternativa para enriquecimento dos produtos alimentícios.

Palavras-chave: compostos fenólicos, capacidade antioxidante, secagem, bagaço de uva e barra de cereais.

ABSTRACT

TELES, Aline Soares Cascaes. **Study of drying of grape pomace for their use as an ingredient in the formulation of cereal bars**: UFRRJ, RJ. 2014. 66p Dissertation (Master of Science and Food Technology). Institute of Technology, Department of Food Technology, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

The grape pomace present in its composition a high content of polyphenols with antioxidant activity, characterizing it as a product that could be used more profitably by industry, for example, in the formulation of food for humans. Drying is a method of reducing the moisture content of the foods that can be a tool for use of grape pomace. The purpose of this study the effect of time and drying temperature on the content of phenolic compounds and antioxidant capacity of grape pomace for later obtaining the flour and its use thereof in the formulation of bars was to evaluate cereal bars.

The experiments were conducted at different temperatures (40°C, 50°C and 60°C) and the experimental data were fitted to six mathematical models, being compared with respect to the best values of determination coefficient (R^2) and the residual sum of squares (SQR). The behavior of bioactive compounds along the drying process at different temperatures was also evaluated. The Page model was selected as the most adequate to represent the convective drying of grape pomace. Treatments showed significant difference in the retention of phenolic compounds and antioxidant capacity. The pomace dried at 60°C showed the highest levels of phenolic compounds and antioxidant capacity, suggesting that this temperature was able to inactivate enzymes that catalyze the degradation of phenolic compounds. Drying new tests were performed and from these a flour was obtained from grape pomace, after being characterized been used as an ingredient in different concentrations for the formulation of cereal bars. These products against the content of bioactive compounds and antioxidant capacity were evaluated. The cereal bars with the highest levels of flour had the highest concentrations of bioactive compounds and antioxidant capacity, being a great alternative to enrichment of food products.

Keywords: phenolic compounds, antioxidant capacity, drying, grape pomace and cereal bars.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Nomes e fontes naturais das principais antocianinas.....	11
Tabela 2. Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem convectiva do bagaço de uva.....	26
Tabela 4. Formulações da barra de cereais com farinha de bagaço de uva.....	31
Tabela 5. Comparação da caracterização físico-química do bagaço de uva <i>Pinot noir</i> (experimentais) e uvas <i>in natura</i> expressos em massa seca.	32
Tabela 6. Resultados da modelagem matemática dos dados experimentais em diferentes temperaturas.....	37
Tabela 7. Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante do bagaço seco.	39
Tabela 8. Caracterização do bagaço de uva <i>in natura</i> (BN) e farinha do bagaço (F).	42
Tabela 9 – Avaliação microbiológica do bagaço de uva <i>in natura</i> (BN) e farinha de bagaço (F).	44
Tabela 10 – Avaliação microbiológica das barras de cereais.....	45
Tabela 11. Caracterização das Barras de cereais.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Uva variedade <i>Pinot noir</i> (GUERRA et al., 2009).	4
Figura 2. Processo simplificado da produção de vinhos tintos e brancos. Adaptado de Crespo e Brazinha (2010).	5
Figura 3. Diferentes classes de compostos fenólicos que ocorrem nas frações da baga de uma uva tinta (Adaptado de Pinelo, Arnous e Meyer (2006))......	6
Figura 4. Estrutura de compostos fenólicos presentes em uvas.	9
Figura 5. Estrutura geral das antocianinas.....	10
Figura 6. Efeitos clínicos e celulares do estresse oxidativo e ação dos antioxidantes sob as espécies reativas do oxigênio. Adaptado de Vasconcelos et al. (2007) e Chen, Hu e Wang (2012).	13
Figura 7. Esquema do processo de secagem convectiva.	15
Figura 8. Curva típica de perda de umidade durante o processo de secagem (STRUMILLO, 1986)......	16
Figura 9. Curva típica da taxa de secagem (STRUMILLO, 1986).....	17
Figura 10. Frações do bagaço de uva: casca, semente e engaço (a) e casca e engaço (b).....	21
Figura 11. Diagrama de blocos do processamento do bagaço de uva.	22
Figura 12. Bagaço de uva <i>in natura</i> (a) e bagaço de uva <i>in natura</i> triturado (b).	23
Figura 13. Secador convectivo com circulação de ar composto por bandejas em aço inox.....	23
Figura 14. Amostras de bagaço de uva durante o processo de secagem.	24
Figura 15. Moinho de disco. Fonte: Arquivo pessoal (2014)......	27
Figura 16. Fluxograma de extração dos compostos bioativos.	29
Figura 17. Curva de secagem convectiva do bagaço de uva em diferentes temperaturas.	34
Figura 18. Taxa de secagem nas três temperaturas em função do tempo.....	35
Figura 19. Valores experimentais e estimados pelo modelo de Page da secagem do bagaço de uva a diferentes temperaturas.	38
Figura 20. Efeito do processo de secagem sob o teor de fenólicos totais (a) e capacidade antioxidante frente ao radical ABTS ⁺ (b).	40
Figura 21 – Barras de cereais com diferentes concentrações da farinha de bagaço de uva. BC: 0%; B1: 22,2%; B2: 55,6% e B3: 100%.....	44

Figura 22. Teor de compostos fenólicos totais nas formulações das barras de cereais.....	46
Figura 23. Teor de antocianinas monoméricas nas formulações das barras de cereais.....	47
Figura 24. Capacidade antioxidante nas formulações das barras de cereais.	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo geral	2
2.2	Objetivos específicos	2
3	REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1	Uva	3
3.1.1	Produção de uvas e vinhos	3
3.2	Bagaço de uva	6
3.3	Aproveitamento dos subprodutos da indústria de alimentos	7
3.3.1	Estado da arte	8
3.4	Compostos bioativos	8
3.4.1	Fenólicos	8
3.4.2	Antocianinas	10
3.5	Atividade antioxidante	11
3.6	Secagem	14
3.6.1	Cinética de secagem	15
3.6.2	Modelos matemáticos	18
3.7	Barras de cereais	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	Matéria-prima	21
4.2	Metodologia	21
4.2.1	Secagem convectiva	23
4.2.2	Taxa de secagem	25
4.2.3	Modelagem matemática	25
4.3	Caracterização do bagaço	26
4.3.1	Umidade e atividade de água	26
4.3.2	Lipídeos	26
4.3.3	Cinzas	26
4.3.4	Proteína	26
4.3.5	Fibra alimentar	27
4.3.6	Carboidratos	27
4.4	Obtenção da farinha	27
4.4.1	Análises químicas	28
4.4.2	Extração dos compostos bioativos	28
4.4.3	Determinação da atividade antioxidante frente ao radical ABTS ⁺	30
4.4.4	Determinação da atividade antioxidante frente ao radical DPPH ⁺	30
4.4.5	Fenólicos totais	30
4.4.6	Antocianinas	30
4.5	Formulação das barras de cereais a partir da farinha do bagaço	31
4.6	Avaliação microbiológica	31
4.7	Análise estatística	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	Caracterização físico-química do bagaço de uva <i>in natura</i>	32

5.2	Secagem	33
5.2.1	Taxa de secagem	34
5.2.2	Ajuste aos modelos matemáticos	36
5.2.3	Cinética de degradação dos compostos bioativos	39
5.3	Obtenção da farinha	41
5.3.1	Caracterização da farinha	42
5.3.2	Umidade e atividade de água (a_w)	42
5.3.3	Compostos bioativos e atividade antioxidante	43
5.3.4	Avaliação microbiológica	43
5.4	Barras de cereais	44
5.4.1	Avaliação Microbiológica das barras de cereais	45
5.4.2	Caracterização das barras de cereais	45
6	CONCLUSÕES	49
7	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O Brasil vem apresentando ótimo desempenho, com crescimento considerável na produção de uvas nos últimos anos, sendo considerado um dos melhores países para a produção de vinhos espumantes e exportando-os para diversos países. Em 2011, esta atividade ocupava cerca de 83.700 hectares, sendo produzida uma quantidade de 1.300 a 1.400 mil toneladas ao ano, onde aproximadamente 43% desta produção eram destinados à fabricação de vinhos e sucos.

Para a produção de 100 L de vinho branco, são obtidos 31 kg de resíduos e 25 kg para o mesmo volume de vinho tinto. O bagaço é o principal subproduto da vinificação, sendo constituído pelas partes sólidas das uvas, a casca, o engaço e as sementes. Este subproduto possui em sua composição substâncias com elevado valor nutritivo, como fibras, proteínas e alguns ácidos graxos e, funcional como os compostos fenólicos, entretanto, estas propriedades também tornam este subproduto um poluente, pois dificultam a degradação biológica.

O excedente do processamento de uvas é geralmente utilizado na formulação de alimentos para animais, adubos de parreiras ou é incinerado. Porém, o aumento na ampliação das áreas de cultivo e na produção de vinho, conseqüentemente aumentou a quantidade de resíduos, tornando necessária a busca por novos direcionamentos para este material através de estudos sobre as possíveis reutilizações e aplicações do mesmo.

Os subprodutos da fabricação de vinho e suco de uva são uma fonte potencial de compostos fenólicos que apresentam atividade antioxidante, anti-inflamatória, vasodilatadora, anticancerígena e antimicrobiana, podendo ser utilizados na indústria farmacêutica, de cosméticos e de alimentos. Por este motivo, os resíduos da indústria de uva têm atraído cada vez mais atenção, havendo um interesse em utilizá-lo para fins mais nobres do que a formulação de rações animais e adubo. Este material representa uma alternativa como ingrediente na formulação de produtos alimentícios para humanos e como corantes naturais.

A secagem é um método de redução do teor de umidade dos alimentos, que resulta em produtos estáveis microbiologicamente e, no caso do bagaço de uva, pode ser incorporado em alguns produtos, representando um ingrediente para a formulação de alimentos como barras de cereais, com alto teor de fibras e com potencial antioxidante. Portanto, representa uma alternativa de reaproveitamento deste material, além de reduzir significativamente o impacto ambiental gerado pelo seu descarte.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estudar a secagem do bagaço de uva visando-se obter uma farinha com elevado teor de fibras e capacidade antioxidante, de forma a formular barras de cereais para o consumo humano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura sobre a cinética de secagem e a degradação dos compostos bioativos do bagaço de uva, visando à obtenção de um ingrediente para formulação de barras de cereais.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a cinética de secagem do bagaço de uva em secador de bandejas, utilizando três temperaturas, por meio de modelos empíricos e semi-empíricos;
- Avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre os compostos bioativos do bagaço de uva;
- Obter uma farinha rica em fibras, a partir do bagaço de uva seco na temperatura mais adequada;
- Caracterizar a farinha em relação aos compostos bioativos e potencial antioxidante;
- Formular barras de cereais utilizando a farinha do bagaço de uva;
- Caracterizar as barras de cereais em relação aos compostos bioativos e potencial antioxidante.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Uva

A videira pertence à família *Vitaceae* e ao gênero *Vitis*. A família *Vitaceae* possui 11 gêneros e cerca de 450 espécies, sendo o gênero *Vitis* o mais importante, apresentando aproximadamente 50 espécies, dentre as quais algumas são silvestres e muitas apresentam valor econômico, como as espécies *Vitis vinifera* L. e *Vitis labrusca* L. É uma planta que possui haste comprida e característica de trepadeira (NERONI, 2009), na qual são encontrados os cachos de uva que são compostos por bagas e talos ramificados. A cor das bagas varia de acordo com as classes de uvas e, geralmente os pigmentos são encontrados apenas na pele das uvas, entretanto, algumas espécies híbridas apresentam coloração também em sua polpa (VOGT et al., 1986).

A uva é a fruta mais produzida no mundo, sendo que a espécie que mais se destaca é a *Vitis vinifera*, pois seus frutos são utilizados na produção de vinho (MAPA, 2013). A espécie *Vitis vinifera* teve origem no Cáucaso e difundiu-se pela costa do Mediterrâneo, sendo que algumas destas variedades foram difundidas devido à sua capacidade de adaptação e qualidade do vinho originado. Apesar de a uva ser utilizada para elaboração de vinhos em mais de 40 países, os maiores produtores de vinho são a França, a Itália, a Espanha, os Estados Unidos e a Argentina, respectivamente (GUERRA et al., 2009).

3.1.1 Produção de uvas e vinhos

O Brasil tem sido considerado um dos melhores países para o cultivo de uvas destinadas à produção de vinhos espumantes, além de exportar vinhos para 22 países como Estados Unidos, Alemanha e Inglaterra. O Brasil, Chile, Argentina, África do Sul, Estados Unidos, Austrália e outros pertencem ao chamado novo mundo vitivinícola.

As principais variedades de uvas para elaboração de vinhos finos cultivadas no país são divididas em dois grupos: as variedades tintas (Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Merlot, Pinotage, Pinot Noir (Figura 3.1), Syrah e Tannat) e as variedades brancas (Chardonnay, Malvasia Bianca, Moscato Branco, Moscato Canelli, Prosecco e Riesling Itálico) (GUERRA et al., 2009).



Figura 1. Uva variedade *Pinot noir* (GUERRA et al., 2009).

As regiões produtoras de vinho compreendem as regiões da fronteira, Serra Gaúcha, Campos de Cima da Serra, regiões Central e Norte do Estado do Rio Grande do Sul; as regiões do Vale do Rio do Peixe, Planalto Serrano, Planalto Norte e Carbonífera, no Estado de Santa Catarina; a região Sudeste do Estado de São Paulo, região do Submédio do Vale do São Francisco e a região Sul do Estado de Minas Gerais, além de outros polos vitivinícolas, que estão distribuídos em regiões temperadas, tropicais ou subtropicais. Entretanto, a Serra Gaúcha ainda é a região mais importante, pois é responsável por 90% da produção de vinho no Brasil, em média 330 milhões de litros de vinho e mostos (sumo de uvas frescas ainda não fermentado) (MAPA, 2013; IBRAVIN, 2014).

As etapas da vinificação em branco e vinificação tinta podem ser visualizadas na Figura 3.2. A diferença entre esses dois processos compreende basicamente a etapa de fermentação, sendo que na vinificação tinta, as cascas das uvas seguem para essa etapa, enquanto na vinificação em branco, estas são retiradas anteriormente, havendo a fermentação somente do mosto (GUERRA et al., 2009; RIZZON, 2014).

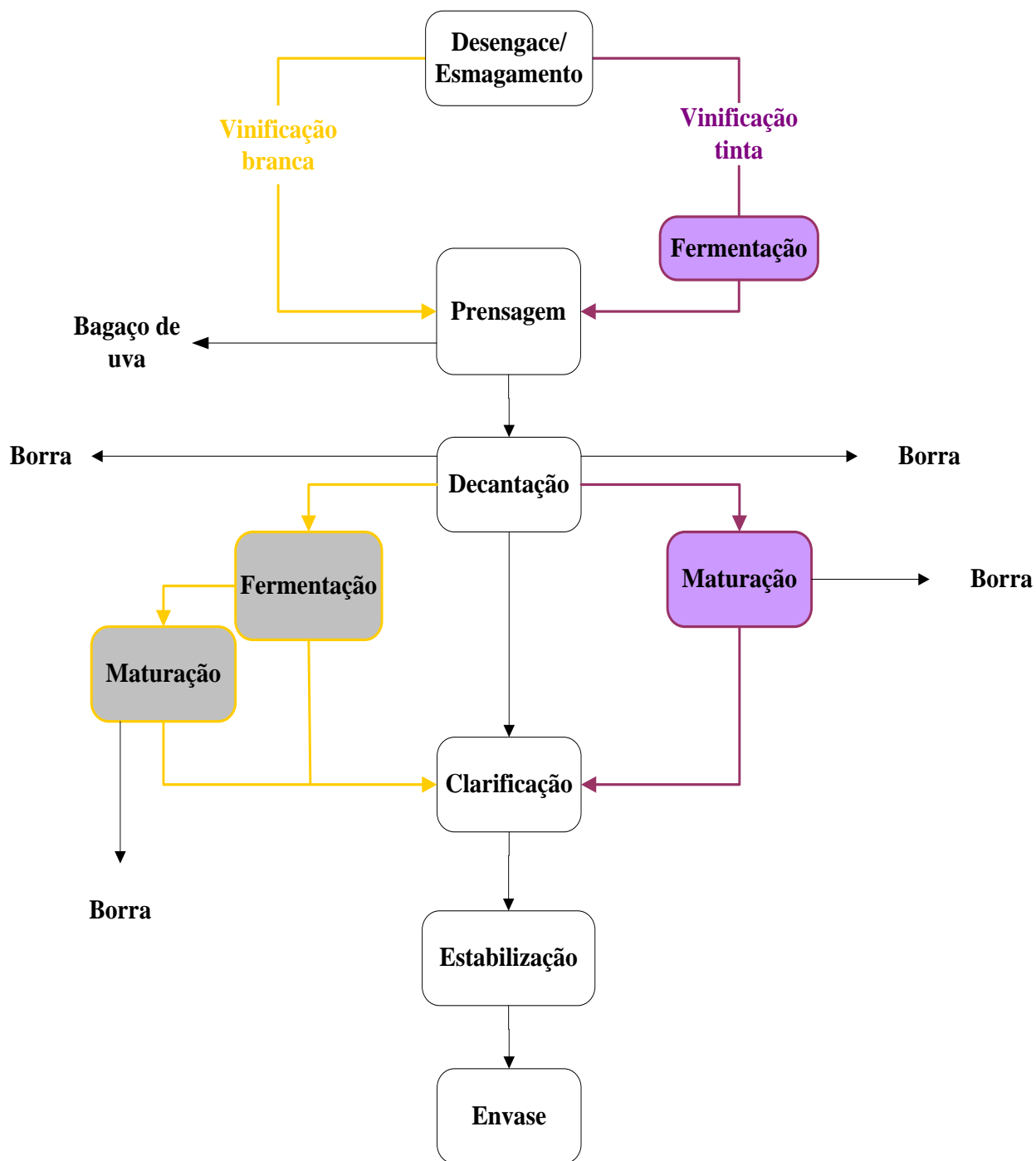


Figura 2. Processo simplificado da produção de vinhos tintos e brancos. Adaptado de Crespo e Brazinha (2010).

O bagaço de uva proveniente da vinificação em branco tende a ser menos exaurido que o bagaço da vinificação tinta frente aos compostos bioativos presentes na uva (resveratrol, antocianinas, catequina, quercetina e compostos fenólicos em geral), devido à retirada das bagas logo após o esmagamento. Alguns estudos relatam o alto teor desses compostos no vinho tinto em relação ao vinho branco, em função da maior extração dos mesmos durante o

processo, mais especificamente, por causa do contato do mosto com as bagas, onde estão localizadas essas substâncias (FUHRMAN et al., 2001; LI e FÖRSTERMANN, 2012).

3.2 Bagaço de uva

O bagaço de uva é composto pela casca, semente e engaço, que são os resíduos industriais do processo de produção de suco e de vinho. Algumas substâncias presentes na uva como o resveratrol, ácido linoleico, ácido palmítico, entre outros, permanecem no bagaço da uva que tem sido considerado como uma fonte de polifenóis de baixo custo (BOUSSETTA et al., 2011; PING et al., 2011). A semente da uva é composta por fibras, proteínas, óleos, compostos fenólicos complexos (taninos), açúcares, sais minerais, além de ser rica em óleo essencial que é utilizado na indústria química, de cosméticos e farmacêutica. A casca da uva contém antocianidinas e antocianinas, que possuem propriedades antioxidantes, são corantes naturais, inibidores de lipoperoxidação e também apresentam atividade antimutagênica. Já o engaço é composto por taninos com alto potencial nutricional e farmacêutico (MURGA et al., 2000).

De acordo com Pinelo, Arnous e Meyer (2006), todas as frações do bagaço possuem compostos fenólicos que podem ser de diferentes classes como representado na Figura 3.

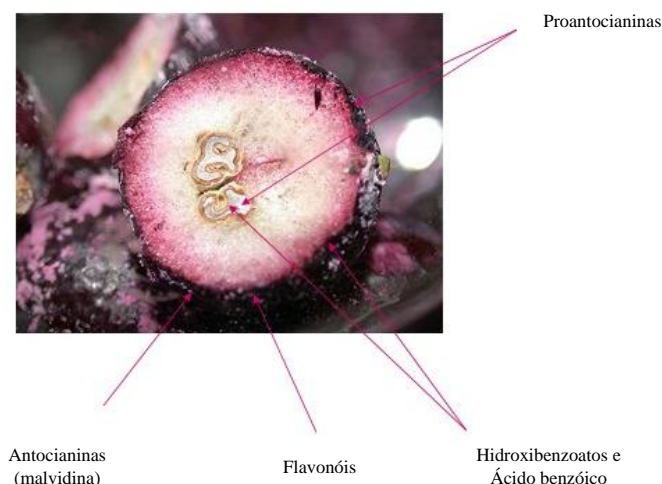


Figura 3. Diferentes classes de compostos fenólicos que ocorrem nas frações da baga de uma uva tinta (Adaptado de Pinelo, Arnous e Meyer (2006)).

Entretanto, grande parte deste bagaço é desperdiçada, sendo recomendada a utilização deste subproduto com propriedades fitoterápicas importantes para a indústria farmacêutica, química e de alimentos.

Na produção de vinho, o bagaço representa o principal subproduto e corresponde a cerca de 20% do peso inicial das uvas (LLOBERA e CAÑELLAS, 2007). Este material pode ser transformado em alimentos para animais, utilizado para adubar parreirais ou ainda, encaminhado para incineração. Apesar desses destinos, o bagaço de uva ainda é geralmente descartado sem tratamento, o que resulta em alto impacto ambiental negativo (FERREIRA et al., 2012).

A produção vitivinícola no Brasil ocupa em torno de 83,7 mil hectares e a produção de uvas é de aproximadamente 1,2 milhões toneladas por ano, das quais 45% são direcionadas à produção de vinhos, sucos e derivados da uva, e 55% são comercializadas como fruta *in natura*. O país possui o quinto lugar dentre os maiores produtores de vinho no Hemisfério Sul (IBRAVIN, 2014). Esses dados sugerem, conseqüentemente, uma grande quantidade dos resíduos da vinificação.

3.3 Aproveitamento dos subprodutos da indústria de alimentos

Os resíduos e subprodutos diferem-se do lixo, pelo fato de que podem ser reaproveitados no próprio processo produtivo, apresentando valor econômico e/ou nutricional (KOBORI e JORGE, 2005). A indústria de alimentos vem buscando novas maneiras de utilizar estes subprodutos provenientes da fabricação de alguns alimentos, principalmente devido à possível presença de substâncias como moléculas bioativas que podem ser extraídas e reaproveitadas.

Outro fator importante do reaproveitamento é a crescente preocupação com os possíveis impactos negativos no meio ambiente decorrentes do descarte deste material e produção de alimentos utilizando os princípios da tecnologia limpa, a qual de acordo com Centro Nacional de Tecnologia Limpa (CNTL) (CNTL, 2014), está baseada na integração entre os objetivos do processo de produção e os ambientais, com a finalidade de reduzir os resíduos e as emissões.

No Brasil há grande produção de resíduos agroindustriais devido ao fato deste ser um país com grande atividade agrícola. Este fato constitui um problema para produtores e indústrias, pois embora a biomassa residual descartada seja biodegradável, há necessidade de um tempo mínimo para sua mineralização, instaurando-se assim uma fonte de poluentes ambientais (CATANEO et al., 2008).

Os subprodutos da indústria de alimentos podem ser utilizados para diversas finalidades como, por exemplo, o óleo da semente de maracujá utilizado nas indústrias alimentícia e cosmética, utilização das fibras de co-produtos de banana e maçã na produção de iogurtes probióticos, utilização do bagaço de limão como fonte de ferro, pectina e fibras, (KOBORI e JORGE, 2005; DO ESPÍRITO SANTO et al., 2012; O'SHEA, ARENDT e GALLAGHER, 2012), combustível para caldeiras, manufatura de tapetes e formulação de alimentos para animais (COELHO et al., 2001; DE OLIVEIRA SILVA et al., 2005). O descarte desses co-produtos agroindustriais pode chegar até um terço da produção, sendo oneroso para o fabricante, principalmente pelo alto valor nutricional da maioria desses produtos (O'SHEA, ARENDT e GALLAGHER, 2012).

Os compostos fenólicos residuais do processamento de vegetais podem aumentar consideravelmente a demanda química e bioquímica de oxigênio, prejudicando a flora e a fauna das zonas de descarte desse material. Outro problema causado por estes compostos pode ser observado em resíduos sólidos para obtenção de fertilizantes que, quando apresentam níveis elevados de fenóis, inibem as propriedades de germinação (BONILLA et al., 1999).

As indústrias vinícolas e de sucos de uva enfrentam o problema de descarte do excedente de produção. Dados da indústria revelam que para cada 100 L de vinho produzidos são gerados 31 Kg de resíduos, dos quais 20 Kg são de bagaço (CAMPOS, 2005; CATANEO et al., 2008). Com isso, muitos estudos têm sido realizados em função das grandes quantidades de resíduos gerados nestas indústrias, com a intenção de agregar valor a estes subprodutos e diminuir o impacto ambiental causado por eles (SÁYAGO-AYERDI, BRENES e GOÑI, 2009; BALESTRO, SANDRI e FONTANA, 2011).

Na União Europeia este excedente é, em função de um acordo, destinado para destilarias onde, a partir desse são gerados o bagaço exaurido e a vinhaça. Contudo, no Brasil, este subproduto é doado, geralmente para fabricação de ração animal e adubo de vinhedos, sendo que este procedimento não é realizado por todas as indústrias de processamento de uvas. Além disso, estes não são os melhores direcionamentos para tal subproduto (BUSTAMANTE et al., 2008).

Diante das propriedades funcionais derivadas dos macronutrientes e micronutrientes presentes no bagaço de uva enaltecido por diversos autores, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas com a finalidade de extrair, concentrar, recuperar e aproveitar os compostos bioativos presentes nesse resíduo. Entretanto, há necessidade do aproveitamento da parte sólida do mesmo, bem como utilizá-lo na formulação de alimentos, enriquecendo-os com suas fibras.

3.3.1 Estado da arte

O bagaço de uva, proveniente da vinificação (tinta e branca) e produção de sucos têm sido frequentemente estudado por diversos pesquisadores (BOTELLA et al., 2005; HERVERT-HERNNÁNDEZ et al., 2009; CHAMORRO et al., 2012; FERREIRA et al., 2012) em função da sua composição rica em compostos bioativos.

Inúmeras são as aplicabilidades para as quais o bagaço de uva tem sido citado: como antioxidante em salsicha em substituição a antioxidantes sintéticos (LORENZO et al., 2013), extração de taninos com propriedades adesivas (PING et al., 2011) e formulação de iogurtes (TSENG e ZHAO, 2013). Em função da alta atividade antioxidante e alto teor de fibras, esse co-produto é denominado como uma fonte de fibra dietética antioxidante (SAURA-CALIXTO, F., 1998).

A secagem é aplicada ao bagaço para diminuição do seu volume, bem como, melhor aproveitamento da parte sólida deste resíduo, incluindo as fibras. A partir dos processos de secagem com o bagaço de uva, alguns trabalhos propuseram a obtenção de uma farinha para ser utilizada como ingrediente em diversos alimentos. Com isso, alimentos como barras de cereais (SOTO, M. R. U., BROWN e ROSS, 2012), cookies (PIOVESANA, BUENO e KLAJN, 2013) e snacks (ALTAN, MCCARTHY e MASKAN, 2008).

3.4 Compostos bioativos

3.4.1 Fenólicos

Os compostos fenólicos constituem uma complexa gama de produtos originados do metabolismo secundário de plantas, com estrutura química e reatividade diversificada. Fazem parte de um vasto grupo de fitoquímicos derivados da fenilalanina e tirosina (ANGELO e JORGE, 2007).

Os metabólitos secundários podem ser divididos em três principais grupos, dependendo da sua biossíntese: terpenos, compostos fenólicos e compostos contendo nitrogênio (LORDÊLO CARDOSO SILVA et al., 2010).

Os compostos fenólicos, em particular, são caracterizados por possuírem uma grande diversidade molecular, sendo classificados de acordo com o número de átomos de carbono e estrutura que possuem. Contudo, também podem ser distinguidos em função da rota bioquímica da qual são originados. Estas substâncias são responsáveis pelo desempenho das funções estruturais e de proteção em plantas, além de contribuírem para a cor, sabor, adstringência e amargura de legumes e frutas (SOTO, M. L. et al., 2011). Harborne e Mabry

(1982) e Harborne (1989) classificam os compostos fenólicos em dois grandes grupos: flavonoides (e derivados) e ácidos fenólicos (e cumarinas).

Estes compostos apresentam importante função na indústria de alimentos, onde podem ser utilizados para evitar a deterioração oxidativa, além de serem relatados como agentes anti-inflamatórios, anticancerígenos, anti-mutagênicos, antimicrobianos e inibidores de lipoproteína humana de baixa densidade (YI et al., 2009). Estes e outros benefícios à saúde humana têm sido atribuídos aos compostos fenólicos, como seu efeito antimicrobiano em bactérias patogênicas intestinais sem, entretanto, afetar o crescimento das bactérias lácticas probióticas (PUUPPONEN-PIMIÄ, et al., 2005).

Estas substâncias são comumente encontradas em frutas e hortaliças. As uvas possuem um alto teor de compostos fenólicos, sendo considerada uma das maiores fontes destes compostos, que estão distribuídos na semente, pele, folha, caule e polpa, em ordem decrescente de concentração deste composto. Entretanto, a concentração destes compostos pode variar em função da cultivar, clima, doenças causadas por fungos e origem geográfica. Os principais compostos fenólicos encontrados na uva são as proantocianidinas, antocianinas, flavonóis, flavanóis, ácidos fenólicos e resveratrol (BRUNO e SPARAPANO, 2007; HERNANDEZ-JIMENEZ et al., 2009). Na literatura, tem sido reportada a estrutura de muitos destes compostos, a Figura 4 mostra a estrutura de alguns dos compostos fenólicos encontrados em uvas (XIA et al., 2010).

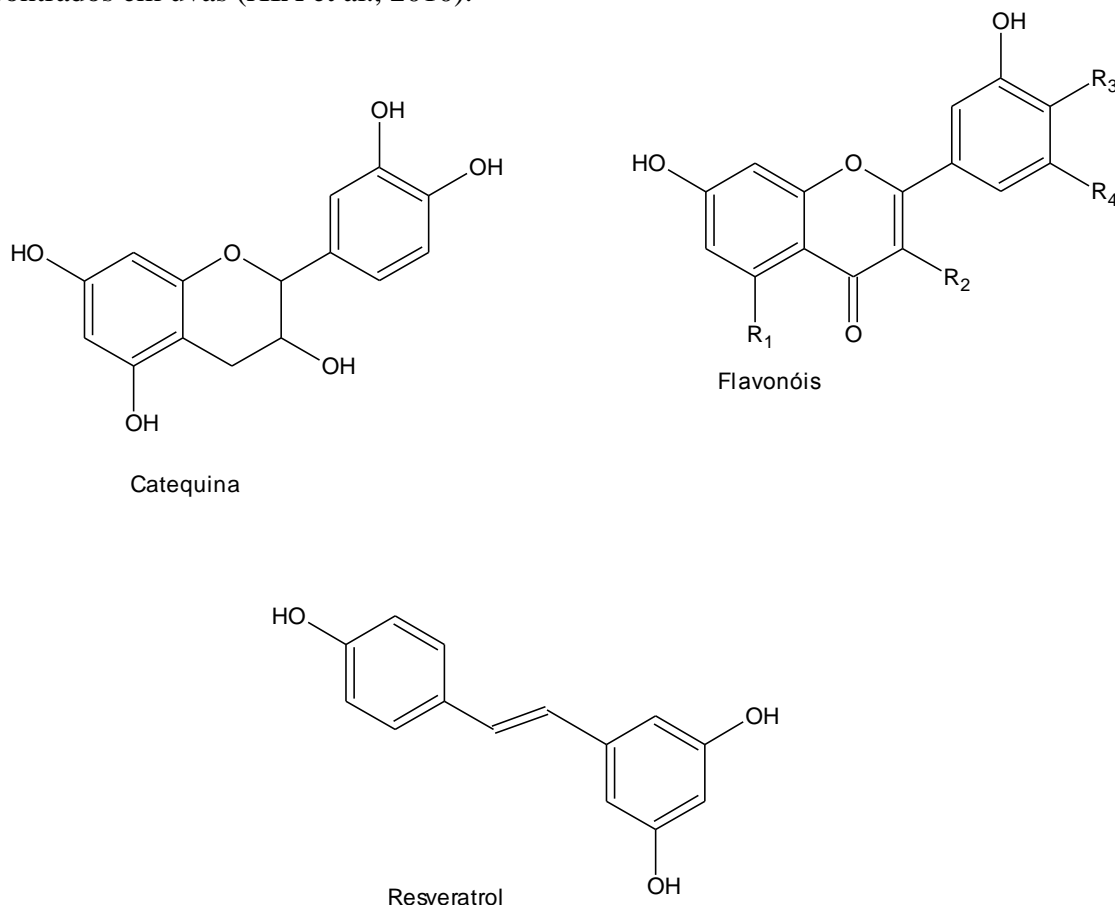


Figura 4. Estrutura de compostos fenólicos presentes em uvas.

Fonte: Adaptado de (XIA et al., 2010).

Os compostos fenólicos presentes em uvas são classificados em dois tipos: flavonoides e não-flavonóides. Ao primeiro grupo pertencem os flavanóis (catequinas e epicatequinas), flavonóis (caempferol, quercetina e miricetina) e antocianinas. O segundo grupo compreende os ácidos fenólicos, hidroxibenzoicos e hidroxicinâmicos (ABE et al., 2007; SOARES et al., 2008b).

3.4.2 Antocianinas

As antocianinas, cujo nome deriva do grego *anthos*=flor e *kianos*=azul, são pigmentos de plantas vasculares (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009). Pertencem ao grupo dos flavonoides e são amplamente distribuídos em vegetais. Em algumas frutas constituem a maior parte dos compostos fenólicos (ABE et al., 2007).

A estrutura básica das antocianinas são as antocianidinas ou agliconas e são compostas por um anel aromático ligado a um anel heterocíclico, contendo oxigênio ligado por uma ligação carbono-carbono a um terceiro anel aromático (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009) (Figura 5). Essas substâncias podem ser glicosídeos de poli-hidroxi ou poli-metoxi derivados do sal, podendo ser diferenciadas quanto ao número de grupos hidroxila ou metoxi, além de outros compostos que podem estar ligados aos açúcares presentes na molécula (HE e GIUSTI, 2010).

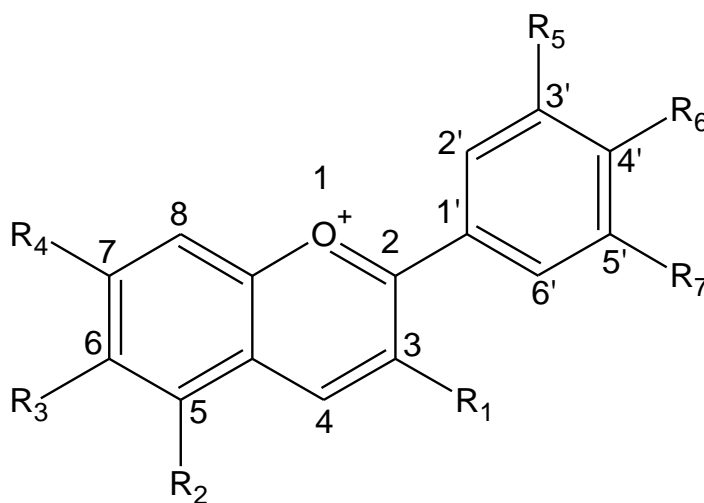


Figura 5. Estrutura geral das antocianinas.

Fonte: Adaptado de Castañeda-Ovando et al. (2009) e Lopes et al. (2012).

Estes pigmentos são responsáveis por uma grande diversidade de tonalidades e cores como vermelho, violeta e azul encontrados em flores, frutos e folhas de plantas (HE e GIUSTI, 2010). Na Tabela 1 é possível encontrar algumas fontes naturais de antocianinas e suas respectivas antocianinas majoritárias (LOPES et al., 2012).

As principais fontes alimentares de antocianinas são as uvas e frutas vermelhas. Na pele de uvas frescas, o teor desses pigmentos pode variar de 200 a 5000 mg/kg, essa

característica é importante para a produção de vinhos, pois contribui para os atributos sensoriais e para a coloração do produto. Essa propriedade está relacionada à antocianina predominante na uva, a malvidina, que proporciona a cor característica dos vinhos tintos jovens por ser a mais vermelha de todas as antocianinas (MUÑOZ-ESPADA et al., 2004).

Tabela 1. Nomes e fontes naturais das principais antocianinas.

Antocianina	Fonte
Pelargonidina	Morango e amora vermelha.
Cianidina	Jabuticaba, figo, ameixa, amora e repolho roxo.
Delfinidina	Berinjela, romã e maracujá.
Malvidina	Uva e feijão.
Peonidina	Uva e cereja.
Petunidina	Frutas diversas e petúnias.

Fonte: Adaptado de Damodaran, Parkin e Fennema (2010).

Estas substâncias estão presentes em pequenas quantidades em alguns alimentos, contudo, oferecem capacidade antioxidante suficiente para causar efeitos benéficos à saúde humana. Estudos *in vitro* e *in vivo* demonstram o potencial das antocianinas em reduzir a proliferação de células cancerígenas e inibir a formação de tumores. Outros fatores benéficos também são atribuídos ao consumo de antocianinas em alimentos, como a proteção contra doenças cardiovasculares, através da inibição do estresse oxidativo; prevenção da arterosclerose e desordens neurodegenerativas (LILA, 2004; FALCÃO et al., 2007; RADOVANOVIĆ, RADOVANOVIĆ e JOVANČIĆEVIĆ, 2009).

Além destas propriedades, essas substâncias são utilizadas pela indústria de alimentos como um potencial substituto de corantes, uma vez que se trata de um composto natural e não contém componentes tóxicos (TEIXEIRA, STRINGHETA e OLIVEIRA, 2008).

De acordo com Muñoz-Espada et al. (2004), as propriedades benéficas do vinho estão relacionadas a fração polifenólica e não a fração de etanol presente no mesmo. Contudo, o resíduo proveniente da vinificação, o bagaço de uva, mesmo após o processo, permanece com alto teor deste composto (KHANAL, HOWARD e PRIOR, 2010).

3.5 Atividade antioxidante

Os antioxidantes têm sido muito estudados, devido sua capacidade de inibir formas reativas e eficácia em reduzir ou retardar os danos resultantes de uma oxidação excessiva no metabolismo humano.

A atividade metabólica natural do organismo humano é responsável pela produção constante de radicais livres, que possuem funções importantes como produção de energia, fagocitose, sinalização intercelular, regulação do crescimento celular e síntese de substâncias biológicas importantes. Entretanto, quando produzidos em excesso, podem causar danos como a peroxidação dos lipídios de membrana, prejudicando os tecidos e proteínas de membranas, as enzimas e carboidratos, além de propiciarem reações que podem promover a danificação de biomoléculas como o DNA e RNA (BARREIROS, DAVID e DAVID, 2006).

O estresse oxidativo resulta do desequilíbrio entre a produção e remoção de espécies reativas do oxigênio (ERO), nitrogênio e outras espécies reativas no metabolismo. As células são verdadeiras usinas de pró e antioxidantes, onde o predomínio dos oxidantes pode, como consequência, causar muitos danos à célula, resultando em diversas doenças (CHEN, HU e WANG, 2012).

Alguns estudos evidenciam a atuação do estresse oxidativo nos processos de envelhecimento, transformação e morte celular que, têm como consequência, processos patológicos como o câncer, cardiopatias, doenças auto-imunes entre outras. Em sistemas biológicos, a membrana celular, assim como a membrana das organelas intracelulares como a mitocôndria, retículo endoplasmático, núcleo e todos outros que apresentam uma estrutura bilipídica e uma ampla variedade de açúcares e proteínas são o foco da ação de ERO e outras espécies reativas (VASCONCELOS et al., 2007).

Apesar das defesas endógenas como os antioxidantes enzimáticos (catalase e glutatinoxidase) e não-enzimáticos (co-fatores e vitaminas) atuarem com efeito notável, o organismo humano necessita da ingestão de antioxidantes presentes na dieta para manter equilibrada a concentração de radicais livres (CAROCHO e FERREIRA, 2013). Os antioxidantes endógenos e exógenos agem de forma interativa com a finalidade de manter a homeostase dos processos oxidativos (BOUAYED e BOHN, 2010).

Esses antioxidantes podem ser encontrados em vegetais, sendo o ácido ascórbico, tocoferol, carotenoides, compostos fenólicos, principalmente os flavonoides, os principais antioxidantes exógenos. Sua função é inativar as formas reativas, inibir a cadeia de iniciação ou interromper a cadeia de propagação das reações oxidativas (Figura 3.6) (LORDÉLO CARDOSO SILVA et al., 2010).

De fato está estabelecido que um dos mecanismos de ação dos polifenóis na prevenção de doenças como o câncer, ocorre através da inibição da iniciação do processo de oxidação. Entretanto, pode haver outra forma de prevenção, na qual a capacidade antioxidante dessas substâncias é relacionada à morte celular, através da disfunção mitocondrial, sugerindo um novo mecanismo anticancerígeno para os compostos fenólicos (BOUAYED e BOHN, 2010).

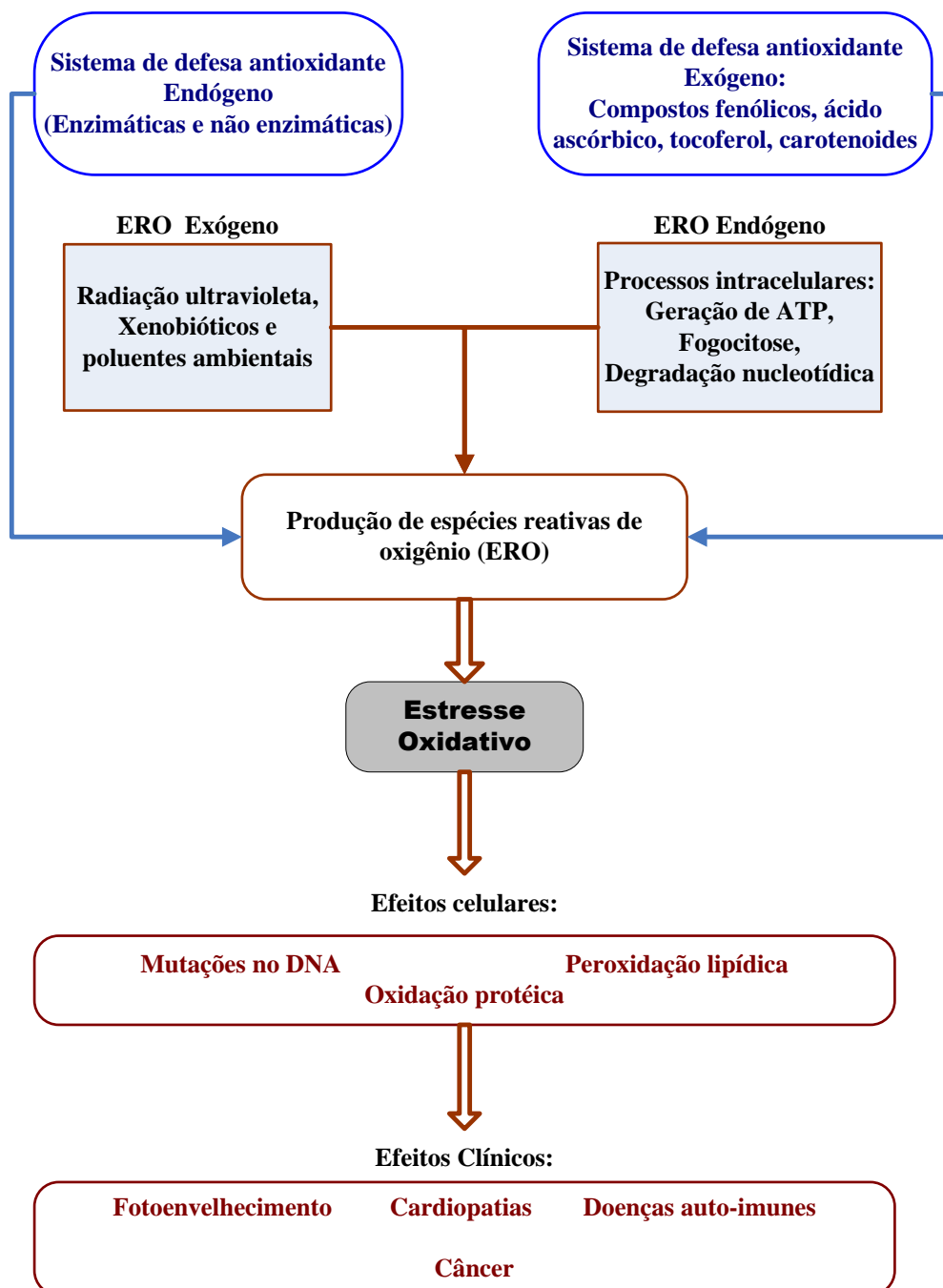


Figura 6. Efeitos clínicos e celulares do estresse oxidativo e ação dos antioxidantes sob as espécies reativas do oxigênio. Adaptado de Vasconcelos et al. (2007) e Chen, Hu e Wang (2012).

Resultados de pesquisas *in vitro*, demonstraram que a uva e seus produtos possuem capacidade antioxidante, antiagregante para plaquetas, redução na produção de LDL-oxidado que está associado à arterosclerose, propriedades anti-inflamatórias, propriedades antitumorais, efeito hepatoprotetor, auxílio na manutenção da função imunológica corporal, entre outros. Embora exista um número muito limitado de estudos em seres humanos, alguns trabalhos demonstram os efeitos benéficos da ingestão dos derivados da uva (MACHADO, 2010).

Assim como as uvas e vinhos, o resíduo da produção de vinhos também apresentam compostos fenólicos, em função da extração incompleta desses compostos durante a produção de vinho (ROCKENBACH et al., 2011).

3.6 Secagem

Uma característica do bagaço de uva é o seu elevado teor de umidade, que pode variar de 55 a 72% em base úmida (FERREIRA et al., 2012), influenciando seu tempo de vida útil. Portanto, a desidratação do bagaço de uva é uma das principais medidas preventivas à deterioração deste material que contém alto teor de compostos fenólicos de interesse na indústria de alimentos (TSENG e ZHAO, 2013).

O processo de secagem pode proporcionar a preservação deste material, atuando também na diminuição do peso e volume e, nos custos com armazenamento e transporte, proteção contra degradação enzimática e oxidativa, além de tornar o produto disponível para consumo durante todo o ano. A desidratação/secagem é um dos procedimentos mais utilizados para a conservação dos alimentos através da redução da atividade de água. O conteúdo de água “livre” em um alimento pode ser expresso em atividade de água que é definida como o quociente da pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura. A atividade de água pode variar de 0 a 1 nos alimentos, de acordo com o seu teor de umidade (GAVA, SILVA e FRIAS, 2009). Este parâmetro influencia o crescimento dos micro-organismos, uma vez que estes necessitam de água na forma disponível para seu metabolismo e multiplicação. A água presente em um alimento pode estar ligada a alguma outra molécula, portanto, impossibilitada de participar de reações químicas e de atuar como solvente (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

A secagem consiste basicamente na remoção de substâncias voláteis e, não somente na remoção de água presente em um material, embora, o conteúdo de água presente seja removido em grande parte durante este processo (FELLOWS et al., 2006). Este método de conservação de alimentos é também uma das operações unitárias mais antigas utilizadas no mundo não apenas pela indústria de alimentos, mas pela farmacêutica, cerâmica, química, de papel e celulose e polímeros.

A secagem por convecção é um dos métodos de secagem mais utilizados, nela o calor é transferido para a matriz através da convecção e o agente de secagem é o ar. O mecanismo de secagem deste método consiste na passagem do ar aquecido pelo material, fazendo com que a umidade presente no mesmo seja evaporada e transferida para fora do secador (Figura 7). Nesta técnica as condições de secagem podem ser controladas através da temperatura e umidade do ar (STRUMILLO, 1986).

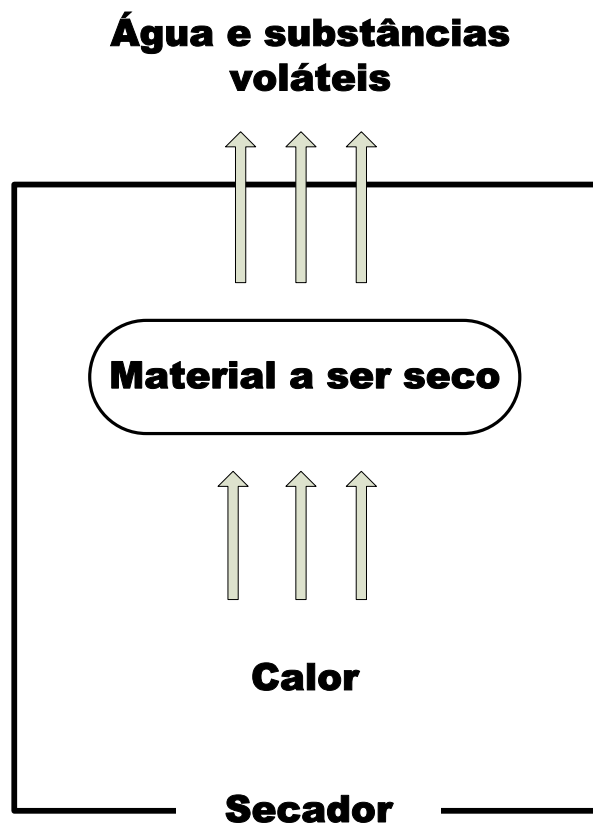


Figura 7. Esquema do processo de secagem convectiva.

O processo de secagem é aplicado a frutas e legumes com a finalidade de aumentar a estabilidade de armazenamento, minimizar a exigência de embalagens e reduzir o peso para transporte. Entretanto, é necessário otimizar o processo a fim de diminuir gastos de energia e garantir a qualidade do produto.

Um dos problemas do processo de secagem, bem como de outros processos térmicos é a degradação de substâncias termossensíveis como a vitamina C, carotenoides, e outros compostos bioativos como os compostos fenólicos (SAGAR e SURESH KUMAR, 2010), tornando-se necessária uma avaliação do produto para a escolha da temperatura ótima a ser utilizada. Contudo, apesar da temperatura degradar esses componentes, pode apresentar resultados benéficos frente à inativação de enzimas presentes nos vegetais que são responsáveis pela degradação de alguns compostos bioativos (enzima polifenol-oxidase na degradação dos compostos fenólicos) (O'DONNELL et al., 2010; CHENG, ZHANG e ADHIKARI, 2013).

3.6.1 Cinética de secagem

A cinética de secagem está relacionada com a velocidade em que ocorre a perda de umidade do alimento. Ela é controlada pela matriz do alimento, temperatura, velocidade e umidade relativa do ar (CELESTINO, 2010). O tempo de secagem e a quantidade de água extraída do material podem ser obtidos através da determinação da cinética de secagem (STRUMILLO, 1986). A Figura 8 representa uma curva típica da perda de umidade em função do tempo durante o processo de secagem.

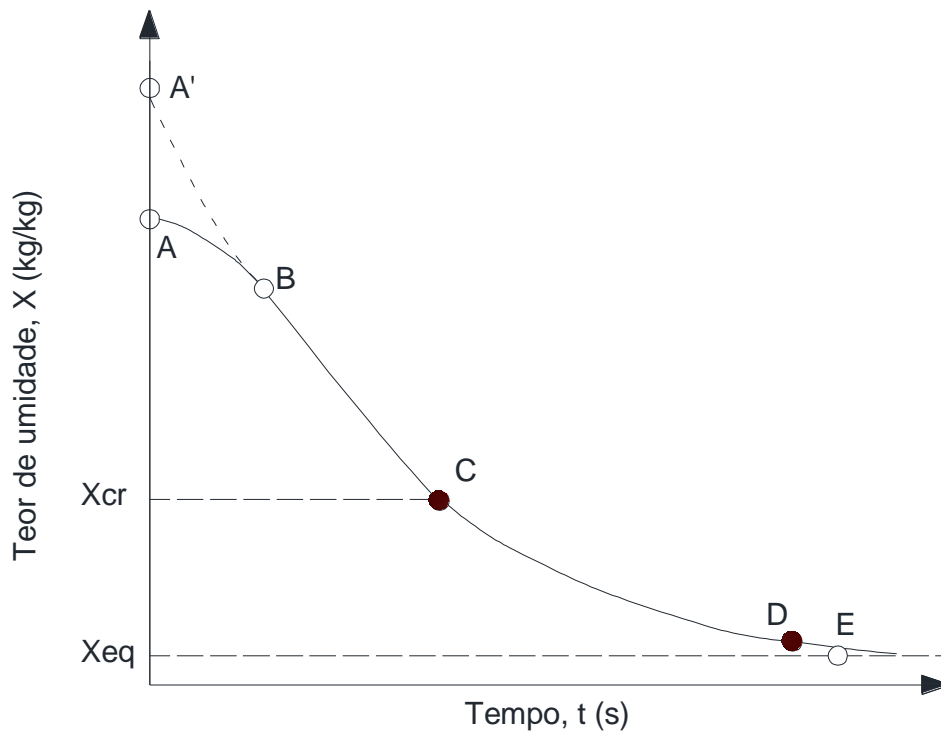


Figura 8. Curva típica de perda de umidade durante o processo de secagem (STRUMILLO, 1986).

Nela é possível observar diferentes trechos:

- O trecho AB representa a adaptação do material às condições de secagem na qual sua temperatura atinge um valor constante;
- O trecho BC é caracterizado pela saída de água do material com maior facilidade, neste trecho a resistência à saída de água é mínima, sendo removida, principalmente a água superficial (materiais não porosos) e interna (material poroso);
- C é o ponto caracterizado pelo fim pelo fim do período constante de secagem, onde a umidade é denominada “umidade crítica”, pois a partir desse ponto há um aumento da resistência interna à saída de água, iniciando então um período de velocidade decrescente;
- No trecho CD a superfície do material se torna mais seca, podendo haver rachaduras na mesma;
- Do ponto D em diante ocorre o segundo período de velocidade decrescente até que o material atinja sua umidade de equilíbrio (ponto E), ou seja, o teor mínimo de umidade, cessando o processo de secagem.

A quantidade de água removida do material por unidade de tempo é denominada taxa de secagem, expressa pela Equação 1. Durante o processo de secagem podem ser observados dois períodos distintos: o período de taxa constante de secagem e o período de taxa decrescente de secagem. Na Figura 9 é possível observar esses períodos, além do período inicial que corresponde à estabilização entre as temperaturas do bulbo úmido do ar de secagem e do material a ser seco.

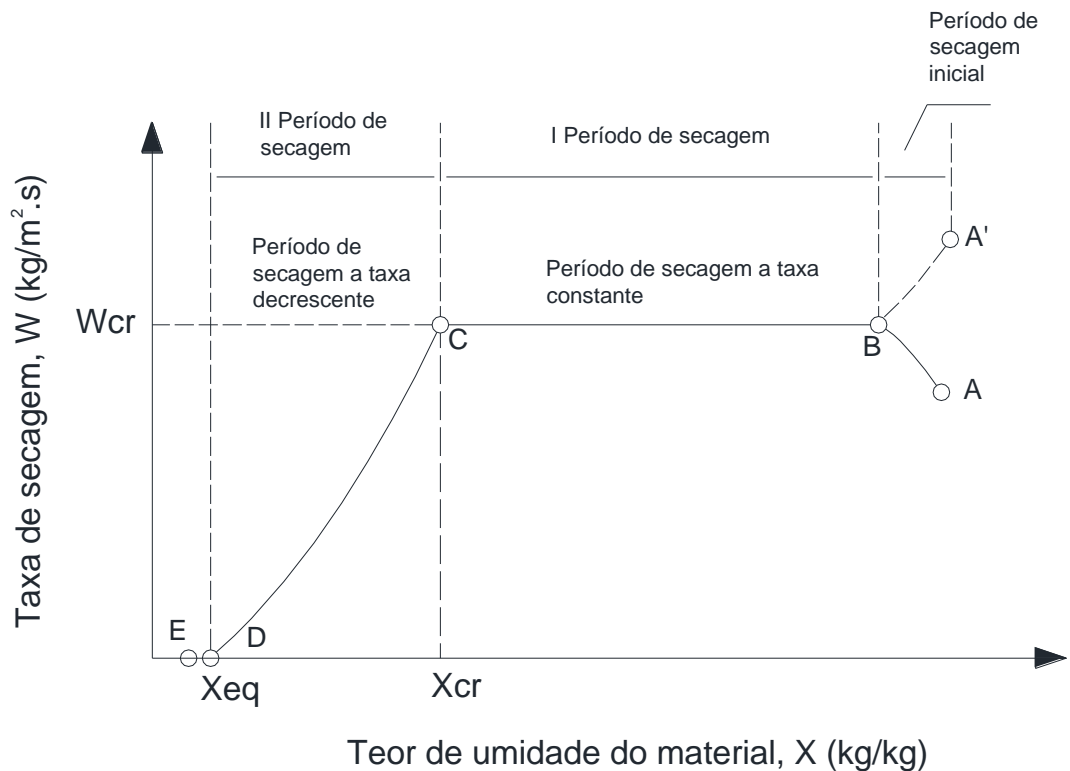


Figura 9. Curva típica da taxa de secagem (STRUMILLO, 1986).

Durante o período de taxa constante, há um grande conteúdo de água no alimento que evapora de acordo com a transferência de calor para o sólido úmido, este processo é controlado pela difusão de vapor entre a superfície da camada seca do alimento e o ar, sendo a velocidade constante. Posteriormente, é observado um período no qual a secagem é controlada pela migração da umidade interna, ou seja, o período de taxa decrescente de secagem, onde a velocidade de secagem diminui em função da deficiência da água na superfície do produto.

O processo de secagem termina quando a pressão de vapor contida no alimento sólido é igual à pressão parcial de vapor presente no gás secante, então a umidade do alimento atinge a umidade de equilíbrio, a qual permanece no sólido independentemente do tempo de secagem quando as condições do processo são mantidas (STRUMILLO, 1986).

$$N = - \frac{dX}{dt} \quad (1)$$

Os dois períodos de secagem são separados pela umidade crítica, que corresponde ao fim do período de taxa constante de secagem e início da resistência interna do sólido, que torna a evaporação mais veloz do que o movimento da umidade interna para a superfície do sólido (STRUMILLO, 1986).

3.6.2 Modelos matemáticos

Existem diversos modelos matemáticos para descrever a cinética de secagem. Tais modelos objetivam representar a cinética de secagem que seja mais adequada aos dados experimentais.

A modelagem matemática das curvas de secagem é uma ferramenta importante no auxílio para projetar e construir equipamentos de secagem, uma vez que fornece informações teóricas sobre o comportamento dos alimentos durante a remoção de água.

Para analisar a secagem de alimentos faz-se uso de diferentes modelos: teóricos, empíricos e semi-empíricos. Nos métodos teóricos são consideradas as condições externas sob as quais o processo ocorre e, geralmente representam as principais tendências do processo, ainda que não estejam dentro das condições experimentais. Também são considerados os mecanismos de transferência de massa e energia e, quando baseados na taxa decrescente de secagem de um sólido, consideram a segunda Lei de Fick (Equação 2), que expressa o fluxo de massa por unidade de área e é proporcional ao gradiente de concentração de água (CRANK, 1975).

- Lei de Fick

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(- (2n+1)^2 \pi^2 D \frac{t}{4L^2}\right) \quad (2)$$

Onde:

RU = razão de umidade do produto, adimensional

t = tempo de secagem, s

n = número de termos da equação

D = coeficiente de difusão, $m^2 s^{-1}$

L = espessura do produto, m

U = teor de água do produto, decimal b.s.

U_i = teor de água inicial do produto, decimal b.s.

U_e = teor de umidade de equilíbrio do produto, decimal b.s.

Em processos de secagem muito longos, essa equação pode ser simplificada para o primeiro termo da série (Equação 3):

$$\ln\left(\frac{\bar{X}_t - X_e}{X_0 - X_e}\right) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2 D_{ef} t}{4l^2} \quad (3)$$

Entretanto, os modelos semi-empíricos, buscam unir dois conceitos: a teoria e a facilidade de uso. Por isso têm sido amplamente utilizados para descrever o processo de secagem em alimentos. São baseados na analogia com a Lei de Newton para resfriamento e transferência de massa, na qual presumem-se condições isotérmicas e resistência superficial do produto à transferência de umidade. Os modelos de Henderson e Pabis (1961), o de Page (1949), Logarítmico (um termo) e Logarítmico (dois termos) (Equações 4, 5, 6 e 7 respectivamente) são exemplos dos modelos semi-empíricos mais utilizados.

- Modelo de Henderson e Pabis

$$RU = a \exp(-kt) \quad (4)$$

- Modelo de Page

$$RU = \exp(-kt^n) \quad (5)$$

- Modelo Logarítmico (um termo)

$$RU = a \exp^{(-kt)} + c \quad (6)$$

- Modelo Logarítmico (dois termos)

$$RU = a \exp^{(-kt)} + c \exp^{(-gt)} \quad (7)$$

- Modelo de Verma

$$RU = a \exp^{(-kt)} + (1-a) \exp^{(-gt)} \quad (8)$$

Onde:

RU = razão de umidade do produto, adimensional

t = tempo de secagem, s

k = coeficiente de secagem, s⁻¹

a, n e g = constantes dos modelos

A maior importância da modelagem matemática quando aplicada à secagem de alimentos está na redução da perda de matéria-prima e gastos de energia em geral, uma vez que a aplicação dos conceitos matemáticos permite tornar os processos de secagem menos onerosos para a indústria. Com a aplicação da modelagem é possível otimizar os processos sem a necessidade de gastos de produto, utilizando apenas a simulação da operação a ser executada.

3.7 Barras de cereais

Atualmente observa-se uma crescente demanda por produtos com ingredientes naturais que ofereçam benefícios à saúde, associados a uma apreciação sensorial. Uma alimentação balanceada é parte fundamental na prevenção e correção de doenças como a desnutrição, obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares.

Neste contexto, os alimentos à base de grãos integrais apresentam um consumo crescente, com um aumento de 20% ao ano no mercado destes produtos (FONSECA et al., 2011). Este crescimento pode ser relacionado aos benefícios que oferecem à saúde pelo fato de serem fonte de fibras, antioxidantes e vitaminas (PADMASHREE et al., 2012).

Segundo o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) (2014), há um crescente aumento na demanda de produtos cada vez mais voltados para conveniência, com embalagens individuais, além de produtos que unam a praticidade de consumo e nutrição, apresentando ingredientes funcionais, como as fibras. Dentro deste contexto, estão os produtos a base de cereais.

A introdução das barras de cereais no mercado ocorreu há quase duas décadas como uma alternativa às barras de chocolate, sendo inicialmente consumido por atletas de esportes radicais (FREITAS e MORETTI, 2006).

Segundo a definição da ANVISA, as barras de cereais: “são os produtos obtidos a partir de partes comestíveis de cereais, podendo ser submetido a maceração, moagem, extração, tratamento térmico e outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos.”

A composição destes produtos é uma mistura de ingredientes secos e de um agente ligante, também denominado – xarope de ligação. Os ingredientes secos são uma mistura de cereais, castanhas e frutas e o xarope de ligação é uma mistura de açúcares e gordura, podendo haver adição de aromatizantes. A função deste xarope é agregar os ingredientes secos e conferir lubrificação à barra de cereais, formando uma matriz. Além da adição de aromatizantes, as barras de cereais podem ser enriquecidas com vitaminas, minerais, antioxidantes, proteína de soja e de leite (FONSECA et al., 2011).

As barras de cereais são classificadas em dois tipos diferentes: as barras do tipo granola e as barras de cereais propriamente ditas. As barras do tipo granola são formuladas com cereais e com produtos como nozes, castanhas, frutas, juntamente com um composto ligante (xarope de ligação). As barras de cereais, por sua vez, são alimentos co-extrudados, produzidos a partir de uma massa cozida adicionada de uma pasta de frutas (CARVALHO, 2008).

A formulação de barras de cereais permite a utilização de uma grande variedade de produtos. Nesse sentido, a utilização de subprodutos da indústria de alimentos pode agregar valor nutricional e tecnológico, assim como diminuir possíveis impactos ambientais causados pelo descarte destes resíduos. Além disso, os subprodutos da indústria de alimentos apresentam, assim como os produtos *in natura*, uma quantidade significativa de compostos com ação antioxidante (PALAZZOLO, 2003; FONSECA et al., 2011).

Durante a formulação de barras de cereais a escolha dos ingredientes é uma das etapas mais importantes, devido à complexidade das características dos cereais, sendo necessário encontrar uma formulação que seja adequada à mistura dos ingredientes, de forma que a combinação dos mesmos garantam ao produto final características como cor, sabor, textura e propriedades físicas a fim de se obter um alimento com características sensoriais atrativas, além de alto tempo de vida útil (ESTELLER et al., 2004).

Dentro deste contexto, em função das propriedades nutricionais benéficas do bagaço de uva e os impactos ambientais causados pelo descarte do mesmo, há um grande interesse no aproveitamento deste material na formulação de novos produtos alimentícios, como as barras de cereais (BUSTAMANTE et al., 2008; VALDUGA et al., 2008; BALESTRO, SANDRI e FONTANA, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas Plantas Piloto de Operações Unitárias da Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA).

4.1 Matéria-prima

O resíduo agroindustrial utilizado neste estudo foi proveniente da vinificação em branco com a uva pertencente à variedade *Pinot noir*, realizada na vinícola Aurora localizada em Bento Gonçalves, RS (Figura 4.1a). O material foi transportado congelado e permaneceu armazenado em câmara frigorífica (-18°C) até o processamento. As frações do material utilizado na secagem foram constituídas pela casca e engaço do bagaço de uva (Figura 10b).

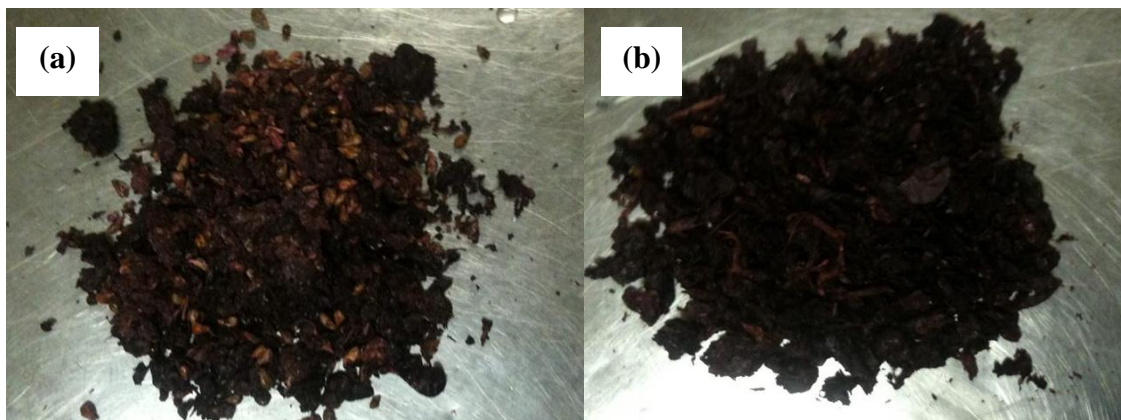


Figura 10. Frações do bagaço de uva: casca, semente e engaço (a) e casca e engaço (b).

4.2 Metodologia

Primeiramente, foram realizadas as análises físico-químicas no bagaço de uva, conforme a descrição no item 4.3. As etapas posteriores consistiram de secagem do bagaço, estudo da cinética de secagem e de degradação dos compostos bioativos, obtenção e caracterização da farinha. As frações do bagaço úmido, seco e da farinha foram avaliadas quanto à capacidade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e antocianinas. Na Figura 11 é possível observar as etapas da realização do processamento da matéria-prima, bem como sua avaliação após o processamento. Anteriormente a todos os processos realizados com o bagaço de uva, as sementes foram separadas manualmente e o material restante (casca e engaço) (Figura 12) foi triturado em um triturador convencional com objetivo de aumentar sua superfície de contato.

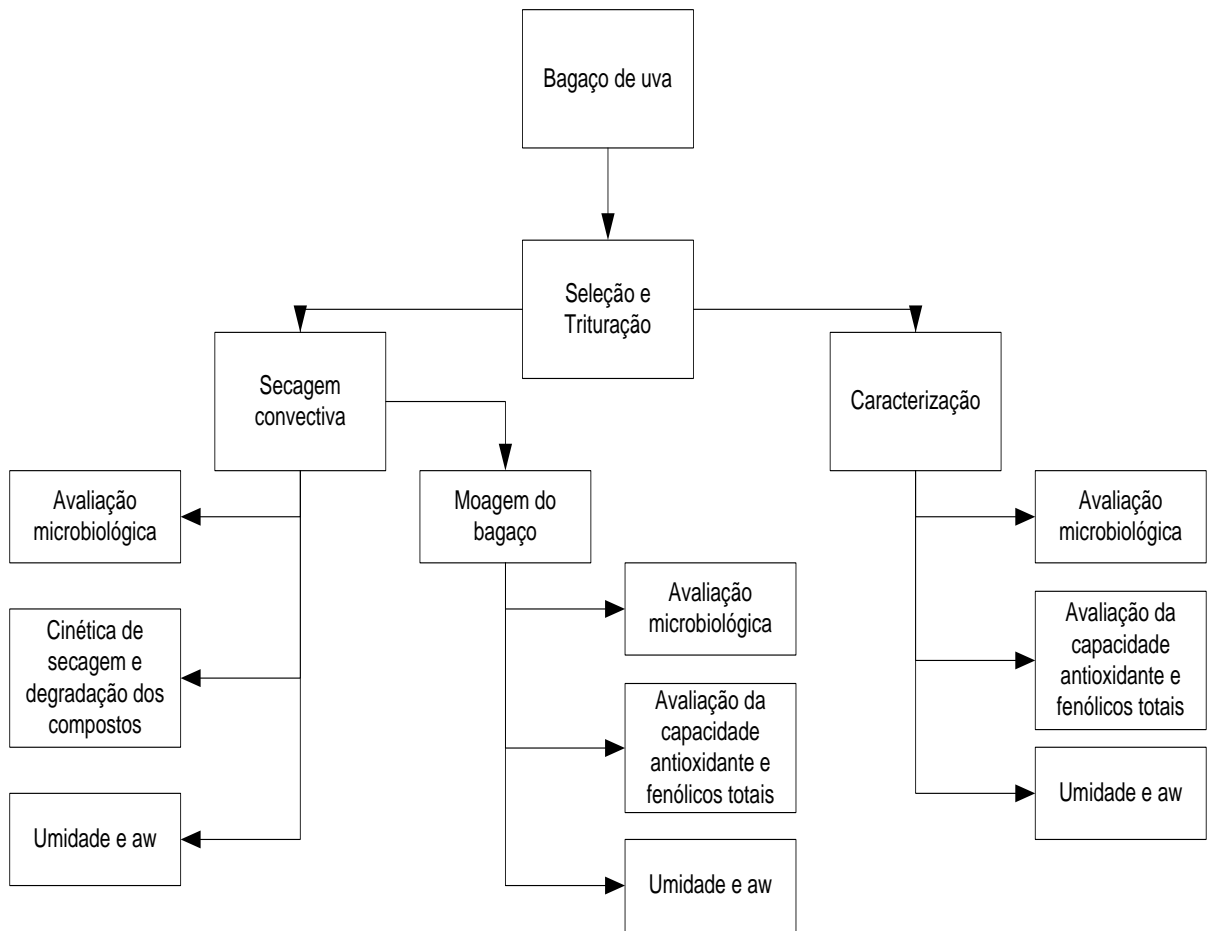


Figura 11. Diagrama de blocos do processamento do bagaço de uva.



Figura 12. Bagaço de uva *in natura* (a) e bagaço de uva *in natura* triturado (b).

4.2.1 Secagem convectiva

Para os experimentos de secagem do bagaço de uva foi utilizado um secador convectivo composto por bandejas em aço inox no qual foram realizadas corridas experimentais a 40°C, 50°C e 60°C com velocidade do ar média de 0,42 m/s.

O secador convectivo utilizado neste estudo consistia de uma cabine de madeira revestida internamente de chapas de inox com duas portas e três bandejas com perfurações para permitir a passagem do ar perpendicularmente, um “cooler” e bocais para lâmpadas incandescentes (Figura 13).



Figura 13. Secador convectivo com circulação de ar composto por bandejas em aço inox.

Neste equipamento, o ar ambiente é impulsionado através das suas aberturas frontais pela rotação de um “cooler” interno, onde o é aquecido pelo contato com as lâmpadas incandescentes no interior do secador. O controle da velocidade do ar e da temperatura foi realizado através das aberturas frontais e da potência das lâmpadas incandescentes.

As bandejas foram cobertas com uma tela de nylon de 150 μm de abertura para impedir a passagem do material seco através de suas perfurações.

A temperatura do processo foi medida com auxílio de um termopar (termopar tipo k com termômetro digital) inserido no sistema; a temperatura do bulbo seco, bulbo úmido e umidade relativa do ar utilizando um termohigrômetro digital com bulbo úmido e ponto de orvalho (Cole-Parmer) e a velocidade do ar com um anemômetro analógico portátil com escala de 0 a 100 m/min.

O bagaço descongelado foi dividido em oito partes uniformes (aproximadamente 0,015 m de espessura) que foram acondicionadas na bandeja. A bandeja com o bagaço foi pesada e em seguida o material foi submetido ao processo de secagem. Para a obtenção da curva de secagem, a pesagem das amostras foi realizada em uma balança semi-analítica. Os intervalos de tempo entre as pesagens foram de 15 minutos durante a primeira hora de processo, 30 minutos para as duas horas seguintes e 1 hora, até que as variações do peso das amostras fossem insignificantes.

As oito amostras uniformemente distribuídas na bandeja, foram avaliadas em relação aos teores de compostos fenólicos totais capacidade antioxidante separadamente, a fim de se avaliar também a cinética de degradação destes compostos após o processo (Figura 14). Os ensaios de secagem foram realizados em duplicata.



Figura 14. Amostras de bagaço de uva durante o processo de secagem.

Fonte: Arquivo pessoal (2014).

4.2.2 Taxa de secagem

As curvas da taxa de secagem dos experimentos foram construídas a partir da variação do conteúdo de umidade do bagaço de uva em função do tempo ao longo do processo de secagem. A taxa de secagem foi determinada de acordo com a Equação 9.

$$N = - \frac{dX}{dt} \quad (9)$$

Onde:

N = taxa de secagem

dX = derivada da umidade

dt = derivada do tempo

4.2.3 Modelagem matemática

O processo de secagem foi analisado através de modelos matemáticos apresentados na Tabela 2. A razão de umidade foi calculada em base seca de acordo com a Equação 10.

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} \quad (10)$$

Onde:

RU = razão de umidade

U_e = umidade de equilíbrio

U_0 = umidade inicial

Os modelos foram ajustados com o auxílio do *software* Sigmaplot, versão 8.0. O ajuste dos modelos matemáticos foi avaliado em relação ao coeficiente de determinação (R^2) e a soma dos quadrados do resíduo (SQR) (Equação 11). Onde os maiores valores de R^2 e os menores valores da SQR foram utilizados como parâmetro para indicar os melhores ajustes dos modelos.

$$SQR = \sum_{i=1}^n (Y - Y_0)^2 \quad (11)$$

Onde:

Y = valor experimental;

Y_0 = valor estimado pelo modelo.

Tabela 2. Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem convectiva do bagaço de uva.

Modelos	Equação
Fick	$\ln\left(\frac{\bar{X}_t - X_e}{X_0 - X_e}\right) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2 D_{ef} t}{4l^2}$ (12)
Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-kt)$ (13)
Page	$RU = a \exp(-kt^v)$ (14)
Logarítmico (um termo)	$RU = a \exp^{-kt} + c$ (15)
Logarítmico (dois termos)	$RU = a \exp^{-kt} + c \exp^{-gt}$ (16)
Verma	$RU = a \exp^{-kt} + (1-a) \exp^{-gt}$ (17)

Onde:

RU = razão de umidade (base seca);

D_{ef} = difusividade efetiva ($m^2 s^{-1}$);

t = tempo (s);

l^2 = espessura do material a ser seco;

a, b, c, g, k e v = constantes dos modelos.

4.3 Caracterização do bagaço

4.3.1 Umidade e atividade de água

O bagaço foi caracterizado em relação à atividade de água que foi determinada em um higrômetro digital Aqualab (Decagon Devices Inc, Pullman, EUA) a 25°C e ao teor de umidade, de acordo com a metodologia 925.09 modificada, descrita na AOAC (2010), por secagem em estufa a 60°C até peso constante.

4.3.2 Lipídeos

A determinação do extrato etéreo foi realizada de acordo com a metodologia proposta na AOAC (2010), método 945.38, na qual foi utilizado o extrator Soxhlet com solvente orgânico éter de petróleo. Por fim, a remoção do solvente foi realizada por evaporação.

4.3.3 Cinzas

Foi realizada através da incineração do material em mufla à temperatura de 550°C, de acordo com o método 923.03 proposto pela AOAC (2010) para obtenção do teor total substâncias inorgânicas presentes na amostra.

4.3.4 Proteína

Para a determinação da proteína presente nas amostras foi utilizado o método modificado 2001.11, descrito pela AOAC (2010), na qual é realizada a quantificação do teor

de nitrogênio total pelo procedimento de Kjeldahl tradicional. A conversão do nitrogênio em proteína foi realizada utilizando fator de 5,75.

4.3.5 Fibra alimentar

A determinação da fibra alimentar foi realizada através do método Enzimático-Gravimétrico 985.29, descrito pela AOAC (1995).

4.3.6 Carboidratos

Para quantificar o teor de carboidratos nas amostras foi realizado um cálculo de diferença entre a massa total (100%) e a soma das porcentagens determinadas de proteína, extrato etéreo, cinzas e umidade. Onde os carboidratos são representados pela fração livre de nitrogênio total, com exceção da fibra alimentar de acordo com a Equação 18.

$$\text{Carboidrato} = 100 - (\text{proteína} + \text{gordura} + \text{umidade} + \text{cinzas}) \quad (18)$$

4.4 Obtenção da farinha

A partir dos ensaios de secagem, foi selecionada a temperatura que resultou em menor degradação dos compostos bioativos do bagaço. Foram então realizados novos ensaios nesta temperatura, e o bagaço seco foi triturado em moinho de disco com abertura tamanho 1 (Figura 15) para obtenção da farinha.



Figura 15. Moinho de disco. Fonte: Arquivo pessoal (2014).

4.4.1 Análises químicas

4.4.2 Extração dos compostos bioativos

Para a determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos foi realizada uma extração no bagaço de uva, de acordo com a metodologia adaptada de Rufino et al. (2010) na qual amostras de 0,5 g do material foram submetidas à extração sequencial em duas etapas: A primeira etapa consistiu de uma extração em solução de acetona 70% durante 60 minutos ao abrigo da luz, seguida de extração em solução de metanol 50% durante 60 minutos ao abrigo da luz, em uma proporção de 1:20:20 (amostra, acetona e metanol), de acordo com o esquema representado na Figura 16.

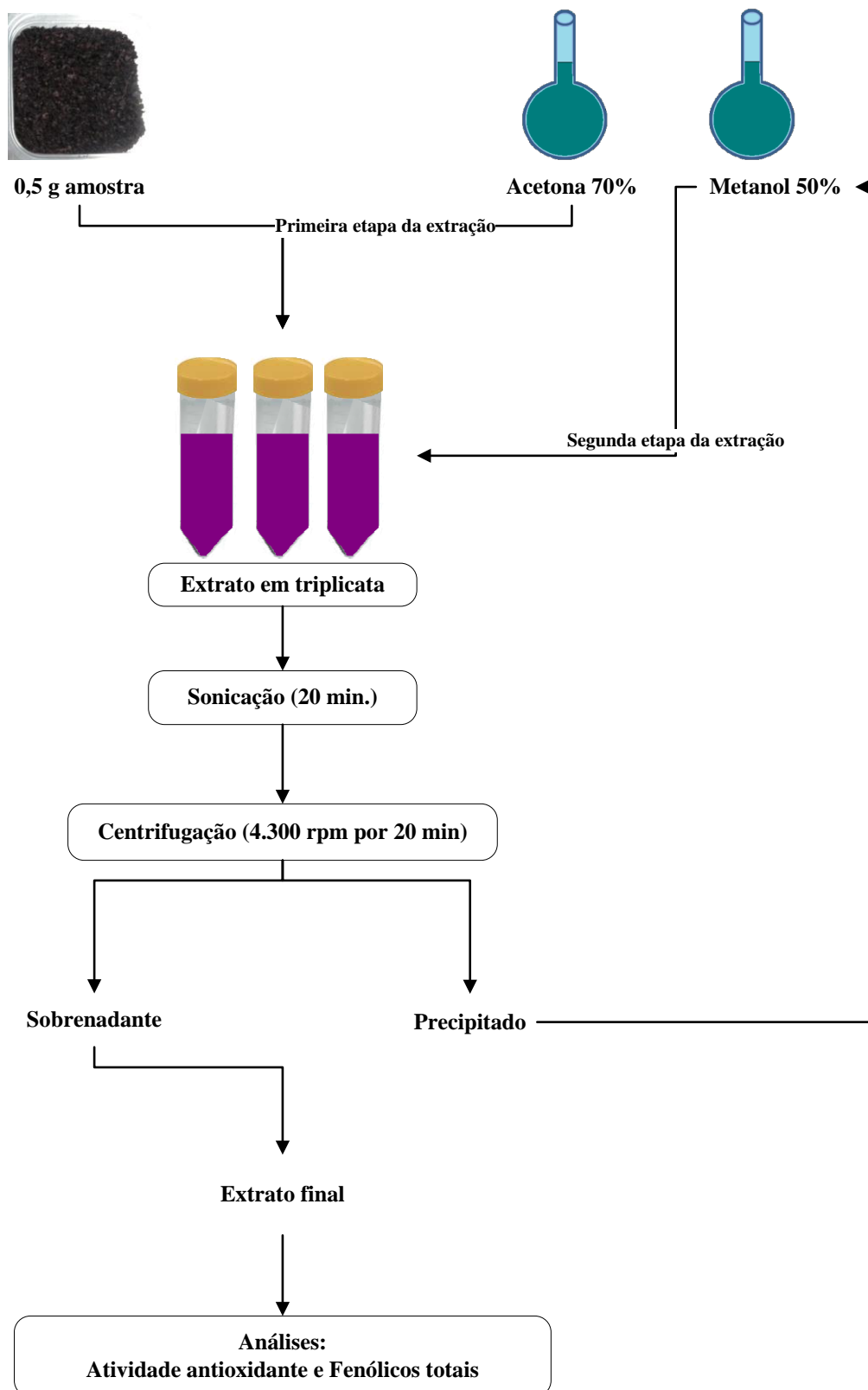


Figura 16. Fluxograma de extração dos compostos bioativos.

4.4.3 Determinação da atividade antioxidante frente ao radical ABTS⁺

A quantificação da atividade antioxidante dos extratos foi realizada através do método ABTS de acordo com RE et al. (1999), na qual uma alíquota de 3,00 mL da solução de ABTS⁺ diluída em etanol foi adicionada a 30 µL do extrato sendo homogêneo em seguida e mantidos ao abrigo da luz à temperatura ambiente. Posteriormente, a solução foi lida em espectrofotômetro Bioespectro modelo SP-220 após 6 minutos de reação entre o radical ABTS⁺ e o extrato. Os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity – TEAC) (µmol Trolox.g⁻¹ m.s.).

4.4.4 Determinação da atividade antioxidante frente ao radical DPPH⁺

A atividade antioxidante frente ao radical DPPH⁺ foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Na qual, alíquotas de 1,0 mL foram dispostas em tubos de ensaio e adicionadas de 3,9 mL da solução do radical DPPH⁺ (2,2-difenil - 1 - picril - hidrazila) em metanol (6x10⁵ M). Posteriormente, o conteúdo dos tubos foi homogêneo e deixado em repouso ao abrigo da luz durante 30 minutos até a leitura da absorvância a 515 nm. A construção da curva padrão foi realizada a partir da mesma análise para várias diluições de uma solução de Trolox. Os resultados foram expressos em µmol de Trolox Equivalente por grama de matéria seca (µmol TE.g⁻¹ m.s.).

4.4.5 Fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico proposto por Singleton e Rossi (1965) e modificado por GEORGÉ et al. (2005). Os compostos fenólicos do extrato foram quantificados através de uma curva de calibração de ácido gálico com diferentes concentrações, onde o teor de polifenóis dos extratos foi expresso em g/100g de ácido gálico de amostra em base seca (b.s.).

4.4.6 Antocianinas

O teor de antocianinas totais foi determinado pela metodologia do pH diferencial proposta por Giusti Wolstad (2001). Cada amostra originou dois extratos diferentes: em solução tampão de cloreto de potássio 0,025 M (pH 1,0) e em solução tampão de acetato de sódio 0,4 M (pH 4,5). Os extratos foram lidos em espectrofotômetro a 510 nm e 700 nm. O teor de antocianinas monoméricas foi calculado de acordo com as Equações 4.10 e 4.11.

$$Abs = (Abs_{510} - Abs_{700})_{pH1,0} - (Abs_{510} - Abs_{700})_{pH4,5} \quad (19)$$

$$C(mg / L) = (Abs \times PM \times FD \times 1000) / (\epsilon L) \quad (20)$$

Onde:

Abs – absorvância da amostra;

PM – peso molecular da antocianina principal da amostra (493,5);

FD – fator de diluição da amostra;

ε – coeficiente de extinção molar (28000).

4.5 Formulação das barras de cereais a partir da farinha do bagaço

Foram formulados quatro tipos de barra de cereais, variando a quantidade de farinha de bagaço de uva, nas quais foram utilizados os seguintes ingredientes: açúcar (19%), glicose (7%), gergelim (2%), fibra de trigo (9%), aveia (2%), flocos de arroz (10%), castanha do Pará (17%), água (34%), de acordo com Balestro et al.(2011). Os ingredientes secos foram misturados aos ingredientes líquidos, vertidos em bandejas de aço inox e assados em forno convencional a 180°C, durante 30 minutos.

Após resfriamento à temperatura ambiente, a massa foi cortada em pedaços de 3,5 cm largura, 10 cm de comprimento e 1,0 cm de espessura, resultando em barras de cereais com aproximadamente, 25 g.

As barras foram formuladas com diferentes concentrações de farinha de bagaço de uva (22,2 %, 55,6% e 100%) em substituição à fibra de trigo, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Formulações da barra de cereais com farinha de bagaço de uva.

Tratamento	% Bagaço de uva	% Fibra de trigo
BC	0	100
B1	22,2	77,8
B2	55,6	44,4
B3	100	0

*BC – Barra de cereais controle, sem adição de farinha de bagaço de uva.

4.6 Avaliação microbiológica

Todas as formulações das barras de cereais foram submetidas à avaliação microbiológica, segundo a Resolução RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001). Sendo submetidas à análise de coliformes à 45°, *Salmonella sp.*, bolores e leveduras de acordo com as metodologias propostas pela APHA (2001).

4.7 Análise estatística

Neste estudo, todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados obtidos estão apresentados como média ± desvio padrão. A comparação das médias foi realizada através da análise de variância ANOVA e pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$), com auxílio do software Statistica, versão 6.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta sessão, são apresentados e discutidos os resultados obtidos em todos os experimentos. O estudo foi realizado em três etapas: avaliação da cinética e do efeito da secagem sobre os compostos bioativos do bagaço de uva, escolha da melhor condição de secagem e obtenção de uma farinha a partir do bagaço de uva.

5.1 Caracterização físico-química do bagaço de uva *in natura*

Os resultados da caracterização físico-química do bagaço de uva foram comparados com os valores referentes a uvas *in natura* de acordo com a Tabela de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006) e, podem ser observados na Tabela 5.

O teor de umidade encontrado para o bagaço de uva foi de 61,24%, valor menor do que os relativos às uvas cruas *in natura*, conforme esperado, respectivamente. Este resultado reflete o alto teor de água presente nesta fruta, tanto na uva *in natura* quanto no resíduo do processamento (bagaço), tornando-a uma matriz altamente perecível. O resultado encontrado para o bagaço de uva está de acordo com o encontrado por Makris et al (2007) e Tseng e Zhao (2013), para bagaço de uva branca e vermelha e bagaço de uva variedade Pinot noir, respectivamente.

Tabela 5. Comparação da caracterização físico-química do bagaço de uva *Pinot noir* (experimentais) e uvas *in natura* expressos em massa seca.

	Bagaço de uva <i>Pinot noir</i>	Uva <i>Itália (in natura)*</i>	Uva <i>Rubi (in natura)*</i>
Umidade (%)*	61,24 ± 0,16	85,00	86,1
Lipídeos (g/100g)	4,37 ± 0,04	1,33	1,44
Cinzas (g/100g)	2,93 ± 0,01	4,00	3,60
Fibra alimentar (g/100g)**	61,25	6,00	6,47
Proteínas (g/100g)	12,31 ± 0,08	4,67	4,68
Carboidratos (g/100g)**	35,20	90,67	91,37

Média ± desvio-padrão em duplicata; *Análises das partes comestíveis (UNICAMP, 2006); * umidade em base úmida; **Análises realizadas sem repetição.

O conteúdo de lipídeos do bagaço foi similar ao encontrado por Romero et al (ROMERO et al., 2004) e Saura-Calixto (1998) para a fração da casca do bagaço de uva e mais alto que o reportado para as uvas Itália e Rubi (UNICAMP, 2006). Entretanto, Sánchez-Alonzo et al (2008) e Llobera e Cañellas (2007) reportaram valores mais altos para o bagaço de uva contendo semente (5,50 g.100g⁻¹ e 13,53 g.100g⁻¹, respectivamente), esse resultado pode ser explicado devido ao fato da não utilização da semente de uva no presente estudo nem nas análises realizadas com as uvas Itália e Rubi. Grande parte do conteúdo de lipídios da uva e do bagaço de uva esta associado principalmente às sementes. O conteúdo de lipídios desta fração está entre 7 e 20 g.100g⁻¹ (MATTHÄUS, 2008).

O conteúdo de cinzas encontrado no bagaço de uva foi menor do que nas uvas *in natura*, devido ao fato da polpa da uva também contribuir com aporte no conteúdo total de

minerais (DE SOUZA, LIMA e VIEITES, 2011), entretanto, o bagaço de uva apresentou alto conteúdo de proteínas. Este resultado pode estar relacionado à presença do engaço (hastes do cacho de uva) que também contribuiu para o conteúdo de proteínas, pois, de acordo com Llobera e Cañellas (2007) o engaço apresenta teor de proteínas de aproximadamente $7,29 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Bravo e Saura-Calixto (1998), reportaram valores similares ($12,0 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para o bagaço de uva branca.

O bagaço de uva apresentou elevado teor de fibra alimentar, de acordo com a Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998), que estabelece o valor mínimo de $6 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de conteúdo de fibras para classificar um alimento como fonte de alto teor de fibra alimentar. O valor encontrado no presente estudo foi similar ao encontrado por Valiente et al. (1995) para bagaço de uva branca sem semente (62%) e Llobera e Cañellas (2007) para bagaço de uva (75%) e engaço de uva (77%) tintas. É possível observar, a partir destes resultados que o bagaço de uva é um resíduo com alto teor de proteínas e fibras. Sendo assim, pode ser utilizado para enriquecer alimentos com baixo teor de fibras ou simplesmente para elaboração de produtos como *cookies* e *snacks* (ROMERO et al., 2004; ALTAN, MCCARTHY e MASKAN, 2008), principalmente pela sua contribuição com aporte de fibras, pois segundo a ANVISA, a ingestão diária recomendada (IDR) de fibras é de 25g para uma dieta de 2000 Kcal, sendo que 100g bagaço de uva poderia contribuir com 24,5% dessa recomendação (BRASIL, 2003).

Contudo, a composição físico-química do bagaço de uva pode variar de acordo com a variedade, tipo de uva (tinta ou branca), parte da fruta (casca, semente ou engaço) e condições de processamento (LLOBERA e CAÑELLAS, 2008).

5.2 Secagem

Os experimentos de secagem foram realizados a fim de se determinar qual a melhor condição para secagem do bagaço de uva. Para tanto, as condições do processo foram: temperaturas do ar de 40, 50 e 60°C , velocidade do ar de 0,4 m/s e espessura média do bagaço de 1,5 cm. O bagaço foi seco até que as variações de peso entre as pesagens consecutivas fossem insignificantes. Através dos dados obtidos do processo, foram construídas curvas de secagem plotando a umidade ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{ m.s}$) nas diferentes condições do processo em função do tempo (horas) (Figura 17).

O conteúdo inicial de umidade do bagaço de uva após o descongelamento e anteriormente ao processo foi de $62,09 \pm 0,19$, $61,37 \pm 0,07$ e $59,63 \pm 0,11$ (b.u) para os processos de secagem a 60, 50 e 40°C , respectivamente.

Durante o processo de secagem, conforme esperado foi possível perceber a influência da temperatura sobre o tempo necessário para atingir a umidade de equilíbrio, apresentando uma relação inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a temperatura menor o tempo necessário.

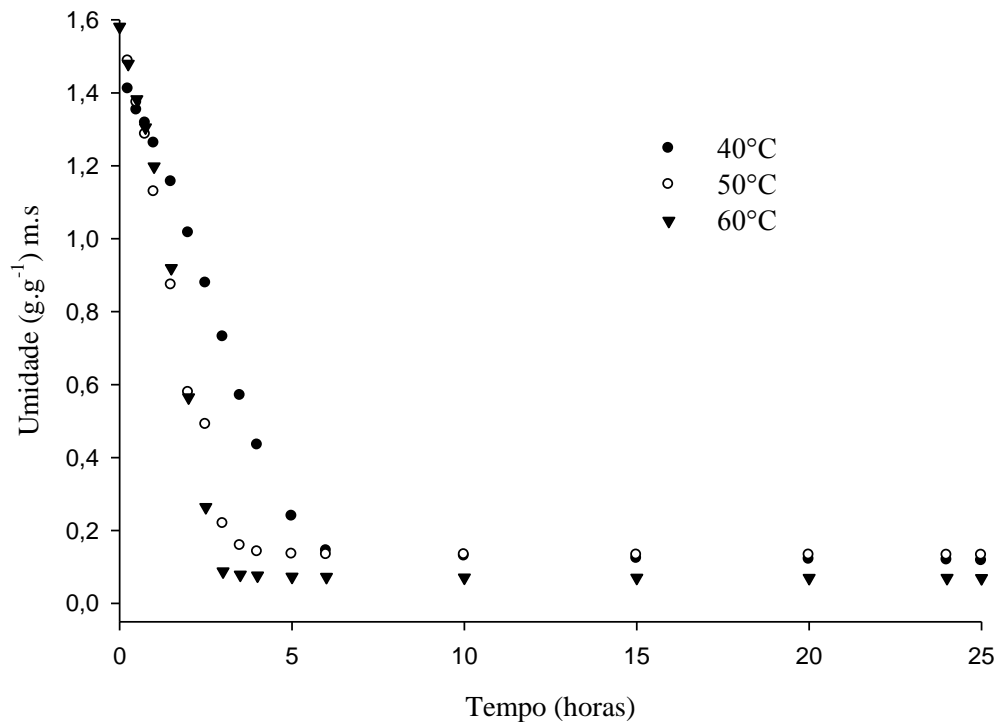


Figura 17. Curva de secagem convectiva do bagaço de uva em diferentes temperaturas.

A diminuição do tempo de secagem em função do aumento de temperatura também foi encontrada na secagem de resíduos agroindustriais por Larrauri; Rupérez e Saura-Calixto (1997), Ferreira et al., (2012) e Meziane (2011) para casca, bagaço de uva e bagaço de azeitona, respectivamente. Este comportamento também foi encontrado durante a secagem de outras frutas *in natura* como peras (DJENDOUBI MRAD et al., 2012) e cacau (HII, LAW e CLOKE, 2009).

O tempo de processo necessário para atingir a umidade de equilíbrio foi diferente para os três tratamentos, apresentando redução em função do aumento da temperatura. A redução do tempo foi de 33,3%; 25% e 50% para as temperaturas de 40 a 50°C, de 50 a 60°C e de 40 a 60°C, respectivamente. Como esperado, a maior redução foi encontrada no intervalo de 40 a 60°C.

5.2.1 Taxa de secagem

A velocidade dos processos pode ser observada através das taxas de secagem para cada temperatura na Figura 18.

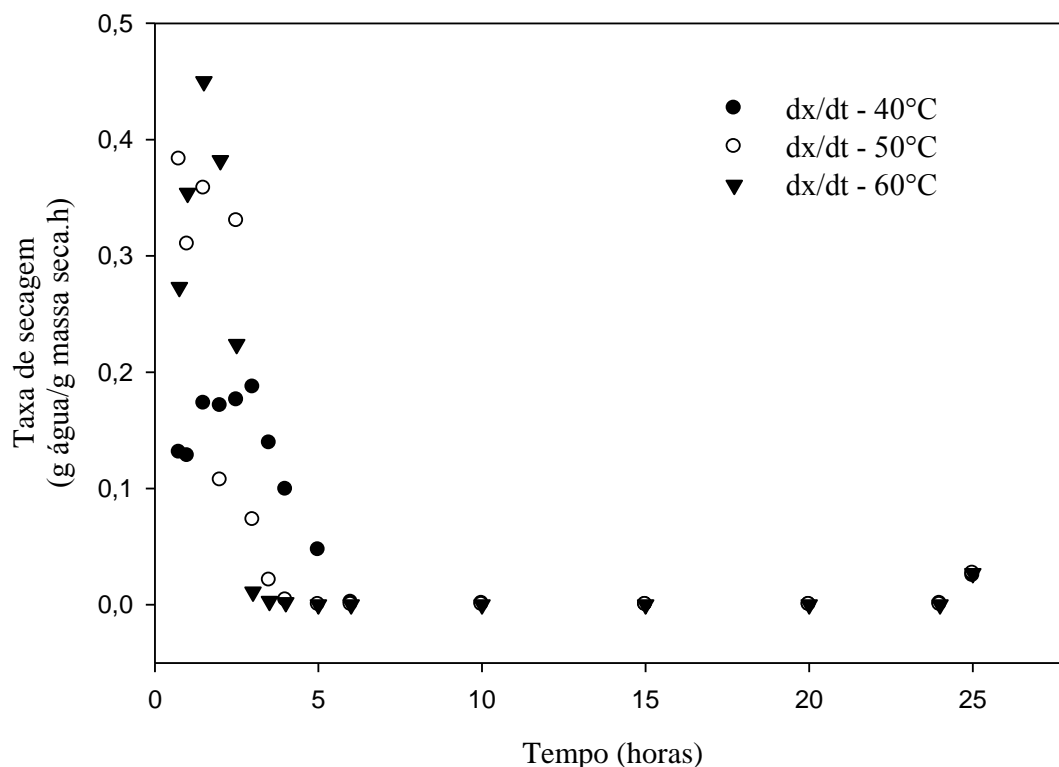


Figura 18. Taxa de secagem nas três temperaturas em função do tempo.

Durante a secagem a 40°C foi possível observar que a curva de secagem apresentou uma taxa constante, possuindo um curto período onde houve aumento da velocidade, sendo a curva predominantemente decrescente.

Observou-se um período de indução até 1 hora de secagem, seguido de um curto período de taxa constante de secagem (1,5 até 2 horas de processo) e ligeiro aumento da velocidade em 3 horas, onde foi encontrada a maior taxa durante todo o processo (0,187 g água/g massa seca.h). O período de taxa constante pode estar relacionado à existência de umidade superficial no bagaço (PARK et al., 2007). Entretanto, para elucidar melhor o início do processo seria necessário monitorar os parâmetros de temperatura interna e externa do produto, temperatura do bulbo úmido e seco e umidade relativa e absoluta.

O início do processo foi caracterizado por ser mais rápido do que o final. Esse trecho de maior velocidade ocorreu quando o teor de umidade do produto estava entre 0,131 a 0,173 g.água/g.massa seca.h, ou seja, até aproximadamente 39% (b.u). Este período pode ser caracterizado como o período de indução, que pode ser explicado em função da temperatura do bagaço ser mais baixa que o ar de secagem neste momento (STRUMILLO, 1986). Este fenômeno de aumento de velocidade pode ter ocorrido por causa da facilidade de transferência de massa na superfície do bagaço. Ao longo do tempo de processo ocorre a perda de umidade que migra para a superfície do bagaço, diminuindo assim a taxa de secagem (SACILIK e ELICIN, 2006; PARK et al., 2007; FERREIRA et al., 2012).

O processo de secagem a 50°C apresentou pouca similaridade ao de 40°C, no que diz respeito às características da curva de secagem, pois neste processo não foi encontrado um período constante, houve apenas o período decrescente, não havendo período de indução

como observado a 40°C. A ausência do período de indução a esta temperatura pode ter sido ocasionada pela temperatura do bagaço estar mais alta do que no processo a 40°C.

De acordo com Sacilik e Elicin (2006) o aumento da temperatura do ar de secagem é o principal fator para aumentar a velocidade de secagem e, conseqüentemente o tempo para atingir a umidade de equilíbrio. A maior taxa de secagem observada à temperatura de 50°C foi de 0,383 g água/g massa seca.h, no início do processo (0,75 horas).

Durante o processo de secagem a 60 °C foi possível observar um breve período de indução (até 1,5 hora de secagem) (Figura 5.4). A maior taxa de secagem durante todo o processo conduzido a 60°C foi de 0,450 g água/g massa seca.h. Outro fator importante deste processo foi o tempo total necessário para atingir a umidade de equilíbrio. Na Figura 5.4 é possível observar que a taxa de secagem aproxima-se de 0 em apenas 3 horas de processo, na qual a umidade do produto foi de 0,692 g água/ g massa seca, aproximadamente 10% (b.u). Já nos processos realizados a 40°C e 50°C, os tempos necessários para que a taxa de secagem se aproximasse de zero foram de 6 horas (aproximadamente 8% de umidade b.u.) e 4 horas (aproximadamente 10% de umidade b.u.), respectivamente.

Este resultado reforça a ligação intrínseca entre a umidade do bagaço de uva e a velocidade de secagem. Quando a umidade de equilíbrio foi alcançada (3 horas de processo, a 60°C) houve uma queda na taxa de secagem em função da remoção de umidade no interior do bagaço de uva. A secagem a 60°C foi caracterizada por apresentar a maior taxa de secagem no início do processo, além de uma maior queda na velocidade da secagem ao longo do processo. Ullmann et al (2010) e Sirisomboon e Kitchaiya (2009) elucidaram a relação entre a taxa de secagem e o tempo, onde a velocidade de secagem diminui continuamente em função do aumento do tempo de processo, no qual a água evaporada no início do processo está mais próxima da superfície do material a ser seco e, no decorrer do processo ocorre à redução da taxa porque a água extraída é derivada das células dentro de estruturas como o parênquima, necessitando ser transportada até a superfície, deixando a estrutura do alimento.

Os experimentos de secagem a 50°C e 60°C ocorreram em taxa decrescente e não havendo taxa constante. Durante a secagem de folhas de hortelã (THERDTHAI e ZHOU, 2009) e tomate (DOYMAZ e OZDEMIR, 2014) também foi observado o mesmo resultado. Contudo, a taxa de secagem aumentou com o aumento da temperatura do ar de secagem, sendo que a maior taxa foi obtida durante a secagem a 60°C no início do processo. Zecchi et al.(2011) e Lahsasni et al. (2004) também observaram a maior taxa de secagem para as temperaturas mais altas durante a secagem de cogumelos e casca de pera, respectivamente.

No início do processo quando o conteúdo de água era maior houve um aumento na taxa de secagem para as três temperaturas, no entanto, com o tempo de processo e diminuição da umidade ocorreu um decréscimo na taxa de secagem que foi mais acentuado a 60°C devido à remoção de umidade ser mais rápida nesta temperatura do que a 40 e 50°C. Os resultados obtidos para a taxa de secagem demonstraram que o tempo de secagem foi inversamente proporcional à temperatura utilizada, pois quanto maior a temperatura, menor o tempo (RADÜNZ et al., 2010). Este comportamento está relacionado ao aumento de potencial de transferência de calor entre o ar e o bagaço de uva.

5.2.2 Ajuste aos modelos matemáticos

Os resultados obtidos nas três temperaturas de secagem foram convertidos em razão de umidade ($RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e}$) e ajustados para seis modelos matemáticos (Tabela 6). A avaliação estatística foi efetuada com base nos valores de R^2 e SQR que foram utilizados

como parâmetro para o ajuste dos modelos aos dados experimentais, onde o melhor ajuste foi caracterizado pelo maior valor de R^2 e menor valor de SQR.

Tabela 6. Resultados da modelagem matemática dos dados experimentais em diferentes temperaturas.

Modelo	Temperatura (°C)	Constantes dos modelos	R^2 *	SQR**
Fick	40	$D_{ef}= 6,341 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$	0,965	0,190
	50	$D_{ef}= 1,156 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$	0,963	0,251
	60	$D_{ef}= 1,143 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$	0,940	0,370
Henderson & Pabis	40	$a= 1,017 \text{ k}= 0,336$	0,976	0,056
	50	$a= 1,095 \text{ k}= 0,623$	0,975	0,065
	60	$a= 1,131 \text{ k}= 0,629$	0,954	0,129
Page	40	$k= 0,242 \text{ n}= 1,292$	0,986	0,036
	50	$k= 0,400 \text{ n}= 1,568$	0,996	0,012
	60	$k= 0,296 \text{ n}= 2,020$	0,996	0,014
Logarítmico (Um termo)	40	$a= 1,040 \text{ k}= 0,320 \text{ c}= -0,026$	0,977	0,053
	50	$a= 1,120 \text{ k}= 0,585 \text{ c}= -0,031$	0,976	0,058
	60	$a= 1,164 \text{ k}= 0,587 \text{ c}= -0,039$	0,955	0,118
Logarítmico (Dois termos)	40	$a= 0,515 \text{ k}= 0,335 \text{ c}= 0,503 \text{ g}= 0,338$	0,976	0,056
	50	$a= 0,572 \text{ k}= 0,623 \text{ c}= 0,523 \text{ g}= 0,623$	0,975	0,065
	60	$a= 0,593 \text{ k}= 0,630 \text{ c}= 0,537 \text{ g}= 0,630$	0,954	0,129
Verma	40	$a= 0,662 \text{ k}= 0,329 \text{ g}= 0,329$	0,976	0,057
	50	$a= 0,230 \text{ k}= 0,566 \text{ g}= 0,565$	0,976	0,084
	60	$a= 0,873 \text{ k}= 0,555 \text{ g}= 0,555$	0,955	0,167

*Coeficiente de determinação; **soma dos quadrados do resíduo.

Para todos os casos foi encontrado valor de R^2 maior do que 0,93 e de SQR menor do que 0,3, com exceção do ajuste ao modelo de Fick para a temperatura de 60°C. Os maiores valores de R^2 (acima de 0,95) foram obtidos para os modelos de Page, Logarítmico de um termo e Logarítmico de dois termos, esses modelos também apresentaram os menores valores de SQR (abaixo de 0,2). Segundo Pontes et al. (2009), valores de R^2 acima de 0,95 representam um ajuste satisfatório, pois indicam que o modelo explicou pelo menos 95% dos resultados experimentais obtidos. Entretanto, considerando-se essas duas estimativas, o melhor ajuste foi obtido com o modelo de Page.

O modelo de Page possui apenas dois coeficientes (k e n), o que o torna mais simples do que outros modelos, como o de Verma e Logarítmico (de um e dois termos), sendo preferido por sua utilização ser mais simplificada.

O ajuste ao modelo de Page resultou em uma grande similaridade entre os dados preditos e os experimentais, que pode ser observada na Figura 19 para todas as temperaturas de secagem. Este resultado sugere que o modelo de Page pode ser considerado adequado para prever o tempo de secagem convectiva para que o bagaço de uva atinja determinado valor de umidade. Este modelo também foi utilizado para descrever processos de secagem do bagaço de uva (FERREIRA et al., 2012), damasco (IGUAL et al., 2012) e pimenta malagueta frescos (TUNDE-AKINTUNDE, 2011).

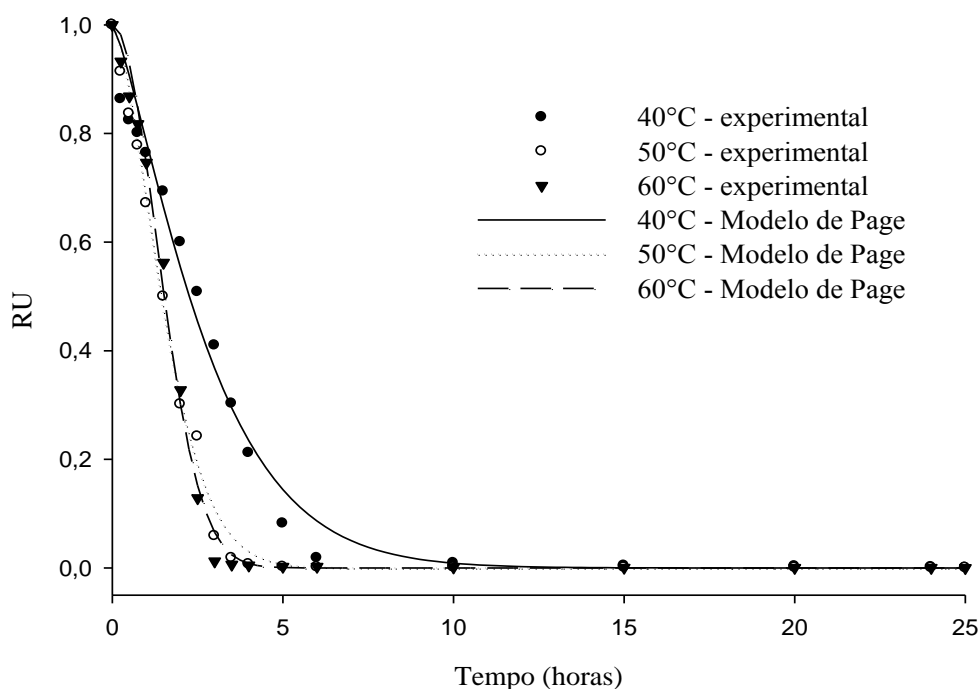


Figura 19. Valores experimentais e estimados pelo modelo de Page da secagem do bagaço de uva a diferentes temperaturas.

Entretanto, as informações obtidas a partir da aplicação do modelo de Fick também são muito importantes para elucidar o processo. No presente trabalho, foi possível observar que a resistência interna à transferência de massa controlou o tempo de processo, devido à presença de taxa decrescente de secagem. Em função disso, a difusividade efetiva foi calculada através da segunda Lei de Fick, com sua equação simplificada. Pode ser observado na Tabela 6 que os valores da difusividade efetiva encontradas foram de $6,341 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}^{-1}$, $1,156 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}^{-1}$ e $1,143 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}^{-1}$ para as temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C, respectivamente. Como esperado, a menor difusividade foi observada a 40°C, aumentando em função do aumento da temperatura. Entretanto, a difusividade a 50°C foi maior do que a 60°C. Estes valores indicam a velocidade com que a água evapora do produto. Ferreira et al. (2012) encontrou valores similares de difusividade ($1,0091 \times 10^{-9}$ e $1,3250 \times 10^{-9}$), durante a secagem do bagaço de uva a temperaturas de 50°C e 60°C, respectivamente. A composição do

bagaço também exerceu influência sobre este parâmetro, pois a ausência de sementes pode ter contribuído para a velocidade de saída de água, uma vez que devido à estrutura das sementes dificulta a saída da mesma. Roberts, Kidd e Padilla-Zakour (2008), estudaram a cinética de secagem das sementes de uva e obtiveram valores menores de difusividade ($1,57 \times 10^{-10}$ e $8,03 \times 10^{-10}$) para as temperaturas de 40°C e 60°C, respectivamente.

As informações obtidas da cinética de secagem e modelagem matemática podem ser muito úteis, como forma de otimizar os processos de secagem e projetos de construção de secadores industriais, auxiliando na redução de tempo de processo e, conseqüentemente de energia gasta, tornando o processo menos dispendioso.

5.2.3 Cinética de degradação dos compostos bioativos

A cinética de degradação dos fenólicos totais e da capacidade antioxidante foi avaliada somente até 6 horas do processo, pois a partir deste tempo, as variações no teor de umidade foram insignificantes. O conteúdo inicial de fenólicos totais no bagaço foi igual a $2,82 \pm 0,24$ g GAE.100g⁻¹ m.s. e a capacidade antioxidante igual a $165,05 \pm 15,20$ µmol Trolox.g⁻¹ m.s. O comportamento desses parâmetros durante a secagem convectiva do bagaço de uva Pinot Noir a diferentes temperaturas está representado na Figura 20. Na Tabela 7 são apresentados os conteúdos de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante do bagaço de uva ao final do tempo estipulado (6 horas de secagem) em cada temperatura.

Boussetta et al. (2011) e Karacabey e Mazza (2010) encontraram valores inferiores para fenólicos totais ($1,37 \pm 0,11$ g GAE.100g⁻¹), entretanto, valores similares de capacidade antioxidante ($160,1$ µmol Trolox.g⁻¹) no bagaço de uvas vermelhas *Pinot Meunier* e *Pinot Noir* submetidos à secagem a 50°C, respectivamente.

Tabela 7. Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante do bagaço seco.

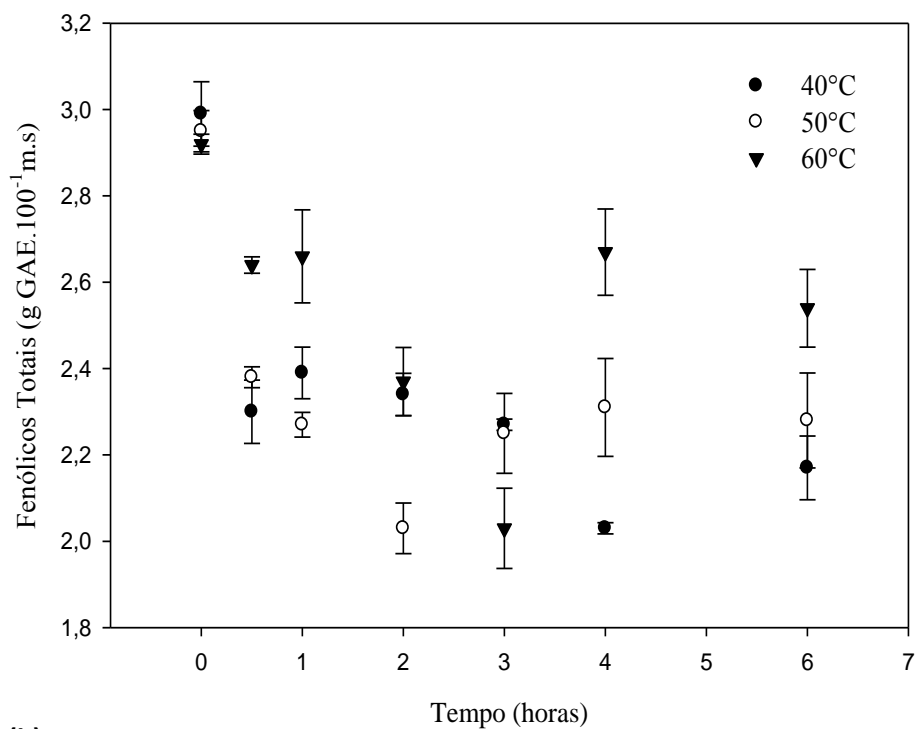
Temperatura (°C)	Compostos fenólicos (g.GAE.100g ⁻¹ m.s)	Capacidade antioxidante ABTS ⁺ (µmol Trolox.g ⁻¹ m.s)
40	$2,13 \pm 0,20^b$	$156,62 \pm 3,56^b$
50	$2,28 \pm 0,12^{ab}$	$164,91 \pm 4,21^{ab}$
60	$2,55 \pm 0,10^a$	$165,82 \pm 10,45^a$

*Valores apresentados como média ± desvio-padrão; Valores com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); m.s.: massa seca.

A partir dos resultados foi possível perceber que houve diferença significativa entre os tratamentos a 60°C e 40°C ao final do processo, entretanto, o tratamento a 50°C não apresentou diferença entre as outras temperaturas, embora os três tratamentos tenham apresentado diferenças entre si ao longo da secagem.

Na Figura 20, é possível observar que o aumento da temperatura de secagem propiciou a menor degradação dos compostos fenólicos e redução da capacidade antioxidante, considerando as temperaturas de 40°C e 50°C.

(a)



(b)

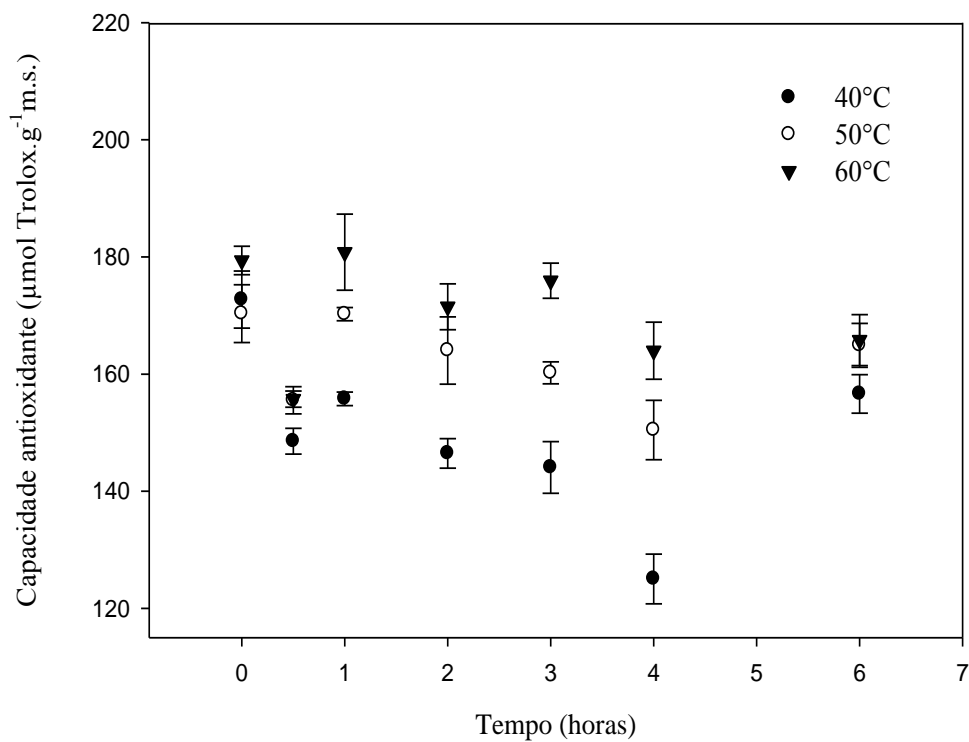


Figura 20. Efeito do processo de secagem sob o teor de fenólicos totais (a) e capacidade antioxidante frente ao radical ABTS⁺(b).

Alguns autores elucidaram a degradação dos compostos bioativos diante do aumento da temperatura durante a secagem de frutas (GARCIA-PEREZ et al., 2010; DJENDOUBI MRAD et al., 2012), entretanto, no presente trabalho foi observado um resultado divergente em relação ao encontrado por esses autores, havendo a maior retenção dos compostos fenólicos e aumento na capacidade antioxidante do bagaço durante o processo realizado a 60°C.

Este resultado pode ser explicado pela presença da enzima polifenol-oxidase (FORTEA et al., 2009). Esta enzima está diretamente relacionada à degradação de compostos fenólicos (O'DONNELL et al., 2010), sendo responsável pela hidroxilação de monofenóis a o-difenóis e oxidação dessas substâncias as suas quinonas correspondentes. Posteriormente, essas quinonas polimerizam e resultam na formação de pigmentos indesejáveis de coloração escura (CHISARI, BARBAGALLO e SPAGNA, 2007).

Cheng; Zhang e Adhikari (2013), estudaram o comportamento da polifenol-oxidase, ressaltando que esta enzima não sofre perda significativa de sua atividade se for exposta a temperaturas abaixo de 55°C por curto período de tempo, entretanto, quando submetida a temperaturas mais elevadas, ela desnatura-se, havendo a perda de sua atividade em até 92%.

Portanto, a presença desta enzima no bagaço de uva explica o resultado observado neste estudo, onde o processo de secagem a 60°C resultou em uma maior conservação dos fenólicos totais e, conseqüentemente de sua capacidade antioxidante, pois uma relação direta entre o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante tem sido reportada (BARTOSZEK e POLAK, 2012; NOUR et al., 2013). Alguns trabalhos já mencionaram a degradação de componentes minoritários como vitaminas e outros compostos bioativos durante os processos de secagem, pois esses elementos apresentam sensibilidade ao calor. Entretanto, estes estudos também avaliaram a importância de um pré-tratamento (como branqueamento) e, a partir deste obtiveram uma menor degradação dos compostos bioativos. Os resultados encontrados nestes trabalhos ressaltaram a importância da presença de enzimas em alimentos como frutas e vegetais e, de como essas enzimas podem interferir no conteúdo de compostos bioativos (RAMESH et al., 2001; PIOTROWSKI, LENART e WARDZYŃSKI, 2004; SAGAR e SURESH KUMAR, 2010).

Outro fator que pode influenciar a retenção dos fenólicos totais e da capacidade antioxidante é o conteúdo de água do bagaço de uva durante o processo de secagem. De acordo com Kurozawa et al.(2014), existe uma relação entre o conteúdo de água e a degradação dos compostos presentes em uma matriz vegetal. Segundo estes autores, a redução da atividade de água dificulta a difusão das moléculas no meio, bem como as reações químicas que nele ocorrem, incluindo as reações de oxidação. Esta teoria explicaria a maior retenção dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante no processo de secagem conduzido na temperatura mais alta.

5.3 Obtenção da farinha

Após a caracterização do bagaço e estudo da cinética de secagem do mesmo, foi escolhida a temperatura com a qual se obteve os melhores resultados frente à degradação dos compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Um novo processo de secagem à temperatura de 60°C foi realizado para obtenção do bagaço seco e, posteriormente da farinha.

5.3.1 Caracterização da farinha

Os resultados obtidos da caracterização do bagaço de uva *in natura* e da farinha do bagaço realizadas de acordo com a metodologia descrita nos itens 4.3.1 e 4.4.1 estão apresentados na Tabela 8 e discutidos nos itens 5.3.2, 5.3.3 e 5.3.4.

Tabela 8. Caracterização do bagaço de uva *in natura* (BN) e farinha do bagaço (F).

Parâmetro	BN	F
Umidade (% b.u)*	61,03 ± 1,27 ^a	13,00 ± 0,18 ^b
Atividade de água (a _w)	0,97 ± 0,01 ^a	0,27 ± 0,02 ^b
Fenólicos Totais (g/100g m.s)	2,62 ± 0,03 ^a	1,91 ± 0,08 ^b
Antocianinas (mg malvidina.100g ⁻¹)	171,95 ± 5,92 ^a	122,30 ± 5,86 ^b
AA ABTS (µmol Trolox/g m.s)**	157,08 ± 12,09 ^a	134,55 ± 9,20 ^b
AA DPPH (µmol TE.g ⁻¹ m.s)**	71,68 ± 0,15 ^a	47,08 ± 1,69 ^b

Valores apresentados como média ± desvio padrão (triplicata), *b.u: base úmida, m.s: massa seca. **atividade antioxidante. Valores com letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tuckey (p<0,05).

5.3.2 Umidade e atividade de água (a_w)

O conteúdo de umidade do bagaço *in natura* foi similar aos valores encontrados por Makris; Boskou e Andrikopoulos (2007) e o valor de a_w do bagaço foi próximo de 1, o que indica que este material é altamente perecível. Entretanto, os resultados obtidos da análise dos mesmos parâmetros na farinha, demonstraram que o processo de secagem foi efetivo na remoção de água do bagaço, pois a umidade encontrada estava abaixo de 14 g.100g⁻¹. Este valor está dentro do padrão estabelecido pela ANVISA para farinhas, que é de 15 g.100g⁻¹ (BRASIL, 2005).

A atividade de água da farinha foi de 0,27 ± 0,02, valor abaixo do necessário para o crescimento da maioria dos micro-organismos, considerando que o valor limitante para seu crescimento é de 0,60 (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

A importância do conteúdo de água nos alimentos em relação à segurança microbiológica está relacionada ao tempo de vida útil do mesmo. A relação entre o crescimento microbiano e a disponibilidade de água está na dificuldade de troca de solutos, que ocorre quando os níveis de a_w são baixos, dificultando o metabolismo em função da indisponibilidade de moléculas de água nas proximidades das células (PINTO et al., 2005). Portanto, a limitação de água pode causar a desnaturação de enzimas importantes no metabolismo e ocasionar o desequilíbrio de processos como germinação, formação de metabólitos e esporulação, reduzindo a taxa de crescimento microbiano (ROBINSON e NIGAM, 2003; DE CASTRO e JR, 2010).

5.3.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante

O conteúdo de fenólicos totais do bagaço *in natura* e da farinha apresentou diferença significativa como pode ser observado na Tabela 8. O valor obtido neste trabalho foi similar aos reportados em outros estudos com casca e bagaços de uva, respectivamente (SOARES et al., 2008b; BOUSSETTA et al., 2011; GONZÁLEZ-CENTENO et al., 2013).

A farinha de bagaço apresentou teor destes compostos maior do que o encontrado em outros resíduos agroindustriais como o de casca de laranja (GARAU et al., 2007), casca de manga (SOARES et al., 2008a) e bagaço de maçã (SOARES et al., 2008a).

O teor de antocianinas monoméricas na farinha do bagaço foi similar ao encontrado por Pozzan; Braga e Salibe (2012), Monagas et al. (2006) e Rockenbach et al. (2011), para uva “Bordô”, casca de uva e uva vermelha, respectivamente.

Os resultados encontrados para as antocianinas monoméricas do bagaço *in natura* e da farinha de bagaço, assim como para o teor de fenólicos totais, também apresentaram diferença significativa entre si, apresentando uma redução de 29% e 27%, respectivamente destes componentes. Este percentual foi mais alto para as antocianinas, devido ao fato de que os compostos fenólicos totais englobam outras substâncias que não somente as antocianinas (ABE et al., 2007). Khanal, Howard e Prior (2010), estudaram a degradação de antocianinas de bagaço de uva e mirtilo durante a secagem em diferentes temperaturas, concluindo que temperaturas iguais ou mais altas do que 60°C, são capazes de reduzir significativamente os teores desse componente. Resultados similares foram reportados por Katsube et al (2009) frente à degradação de compostos fenólicos totais presentes na amora, durante o processo de secagem.

A capacidade antioxidante frente ao radical ABTS⁺ da farinha apresentou diferença significativa em relação ao bagaço de uva *in natura*, com uma redução de 22,92% de atividade, semelhante ao teor de compostos fenólicos, que estão diretamente relacionados a esta propriedade. Entretanto, a capacidade antioxidante da farinha foi superior à das cascas de uva variedade Isabel (89 µmol Trolox⁻¹), reportada por Soares et al (2008b). Este resultado remete ao fato do processo de secagem a 60°C (temperatura utilizada no presente estudo) não ter ocorrido de forma a degradar demasiadamente os compostos responsáveis pela capacidade antioxidante do bagaço de uva.

A capacidade antioxidante frente ao radical DPPH⁺ da farinha também foi diferente do bagaço *in natura*, com perda de 34,32% de capacidade antioxidante. Esta redução na atividade foi ainda maior do que a encontrada nas análises frente ao radical ABTS⁺. Abe et al. (2007) encontraram valores mais baixos (12,1 ± 0,6 µmol TE.g⁻¹ m.s) para uva da variedade Merlot do que os apresentados no presente estudo.

Chantaro, Devahastin e Chiewchan (2008), estudaram a degradação dos compostos fenólicos totais e, conseqüentemente perda da capacidade antioxidante em função do processo de secagem, entretanto, Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997) constataram que a secagem a temperaturas de até 60°C possuem efeitos similares ao de processos considerados menos ofensivos, como a liofilização.

5.3.4 Avaliação microbiológica

Os resultados obtidos das análises microbiológicas de acordo com o item 4.6 estão apresentados na Tabela 9. A avaliação microbiológica demonstrou que o bagaço de uva obtido da vinificação em branco realizada pela vinícola Aurora, assim como a farinha obtida desse resíduo estavam dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução RDC n° 12, 2001 (BRASIL, 2001).

Tabela 9 – Avaliação microbiológica do bagaço de uva *in natura* (BN) e farinha de bagaço (F).

Micro-organismo	Bagaço de uva	Farinha do bagaço	Resolução RDC n° 12/2001*
Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)**	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	–
<i>Salmonella</i> sp (ausência em 25g)	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes a 45°C (NMP/g)***	<3	<3	5×10^2

*RDC: resolução da diretoria colegiada; **UFC: unidade formadora de colônia; ***NMP: número mais provável.

O bagaço de uva, assim como outros resíduos agroindustriais são fonte de celulose e pectina favoráveis ao crescimento microbiano (COELHO et al., 2001; BOTELLA et al., 2005). Portanto, é importante avaliar as condições microbiológicas do bagaço de uva *in natura* a fim de conhecer sua capacidade de ser utilizado como ingrediente na formulação das barras de cereais.

5.4 Barras de cereais

A partir dos resultados obtidos na etapa de obtenção da farinha de bagaço de uva, o mesmo foi utilizado para formulação de 3 barras de cereais, com diferentes proporções do mesmo em substituição à farinha de trigo, além de uma barra de cereais controle, sem a substituição desta farinha (Figura 21).

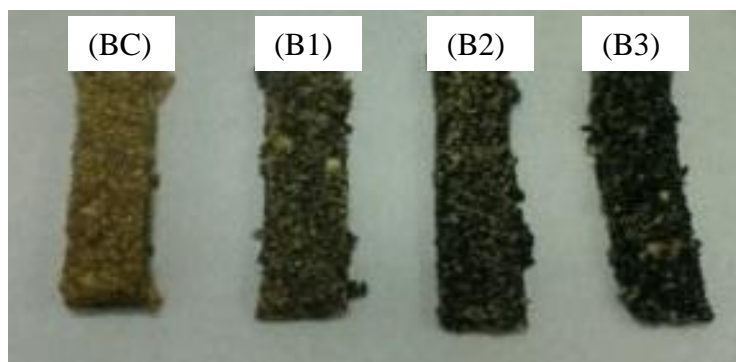


Figura 21 – Barras de cereais com diferentes concentrações da farinha de bagaço de uva. BC: 0%; B1: 22,2%; B2: 55,6% e B3: 100%.

5.4.1 Avaliação Microbiológica das barras de cereais

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados da avaliação microbiológica realizada no controle (barra sem adição de bagaço de uva) e nas 3 formulações das barras de cereais.

Tabela 10 – Avaliação microbiológica das barras de cereais.

Micro-organismo	BC	B1	B2	B3
Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)	1,0 x10 ¹	1,0 x10 ¹	1,0 x10 ¹	1,0 x10 ¹
<i>Salmonella</i> sp (ausência em 25g)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes a 45°C (NMP/g)	< 3	< 3	< 3	< 3

*BC: barra de cereais controle (sem adição de bagaço de uva); B1: 22,2% de bagaço de uva; B2: 55,6% de bagaço de uva e B3: 100% de bagaço de uva.

Os dados indicam que todas as formulações avaliadas não diferiram entre si e o aumento na porcentagem de farinha não interferiu na segurança microbiológica de acordo com os padrões estabelecidos pela RDC n° 12, da ANVISA (BRASIL, 2001) para barras de cereais (com exceção da análise de *Bacillus cereus*, que não foi realizada), que estabelece que esse produto alimentício deva ser isento da presença de *Salmonella* sp com contagem de Coliformes a 45°C (NMP/g) até 5x10². Esse resultado confirma que os procedimentos durante a elaboração das barras de cereais e manipulação adequada dos materiais foram suficientes para garantir a segurança microbiológica de todas as formulações, uma vez que essas apresentaram valores iguais para a contagem dos micro-organismos avaliados.

5.4.2 Caracterização das barras de cereais

A caracterização das barras de cereais quanto ao conteúdo de umidade e compostos fenólicos está apresentada na Tabela 11.

Tabela 11. Caracterização das Barras de cereais.

	BC	B1	B2	B3
Umidade (% b.u)*	14,58±0,20 ^a	14,45±0,20 ^a	14,58±0,06 ^a	14,57±0,09 ^a
Atividade de água (a_w)	0,61±0,01 ^a	0,61±0,02 ^a	0,61±0,02 ^a	0,61±0,01 ^a
Fenólicos totais (g.100g⁻¹ m.s)	0,11±0,01 ^a	0,14±0,01 ^a	0,24±0,02 ^b	0,37±0,03 ^c
Antocianinas (g/mol malvidina.100g⁻¹ m.s)	–	1,86±0,15 ^a	3,21±0,04 ^b	4,74±0,27 ^c
ABTS (µmol Trolox.g⁻¹ m.s)	6,41±0,01 ^a	8,06±0,12 ^a	52,98±4,96 ^b	73,90±5,09 ^c

Valores apresentados como média ± desvio padrão (triplicata), *base úmida, m.s: massa seca. Valores com letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05). BC: barra de cereal controle, sem adição de farinha de bagaço de uva; B1: com adição de 22,2 % de farinha de bagaço de uva; B2: com adição de 55,6% de farinha de bagaço de uva e B3: com adição de 100% de farinha.

Como pode ser observado na Tabela 11, as formulações das barras de cereais não apresentaram diferença significativa em relação ao conteúdo de água (umidade e atividade de água). Todas as formulações apresentaram a_w limítrofes a 0,6 que é o valor considerado

seguro para alimentos, ou seja, o valor no qual os alimentos são considerados microbiologicamente seguros (JAY, 2005).

A umidade encontrada nas barras de cereais também foi muito próxima do limite estabelecido para produtos à base de cereais estipulado pela ANVISA (BRASIL, 2001), que determina o valor máximo de 15%. Este resultado pode estar relacionado à formulação das barras de cereais serem adicionadas de água, sugerindo que uma formulação sem esse ingrediente possivelmente tornaria o produto mais seguro e provavelmente com maior tempo de vida útil.

O conteúdo de água obtido nas formulações indica que mais testes devem ser realizados até se estabelecer uma formulação base a ser utilizada para os testes com barras de cereais. Uma análise sensorial informal realizada com alguns provadores indicou que as barras de cereal foram bem aceitas, com destaque para amostra B2 (55,6%). No entanto, segundo a maioria dos provadores, as amostras estavam muito moles, indicando que ajustes devem ser feitos nas formulações, de forma a melhorar suas propriedades de textura.

Conforme esperado, os compostos fenólicos totais, antocianinas monoméricas e a capacidade antioxidante aumentaram significativamente em função do aumento da porcentagem de farinha de bagaço de uva, apresentando valor máximo nas formulações com 100% da farinha (Figuras 22, 23 e 24 respectivamente).

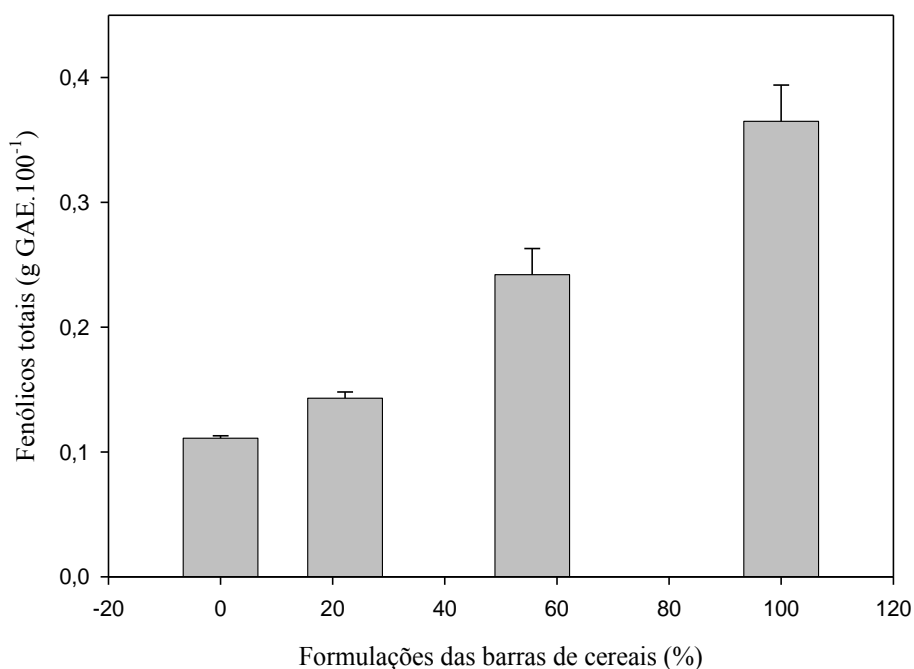


Figura 22. Teor de compostos fenólicos totais nas formulações das barras de cereais.

O teor de fenólicos totais obtido nas formulações sugere que é possível obter um produto alimentício a base de resíduo agroindustrial do processamento do vinho com alto teor de compostos fenólicos. As formulações apresentaram diferenças significativas, sendo encontrados os maiores teores de fenólicos totais em ordem crescente de quantidade da farinha de bagaço de uva utilizado. Esse resultado está em concordância com o encontrado por Silva et al.(2009) para barras de cereais formuladas com diferentes proporções de resíduo

de maracujá, onde os maiores conteúdos desse composto também foram encontrados nas barras de cereais com maior porcentagem do resíduo da fruta.

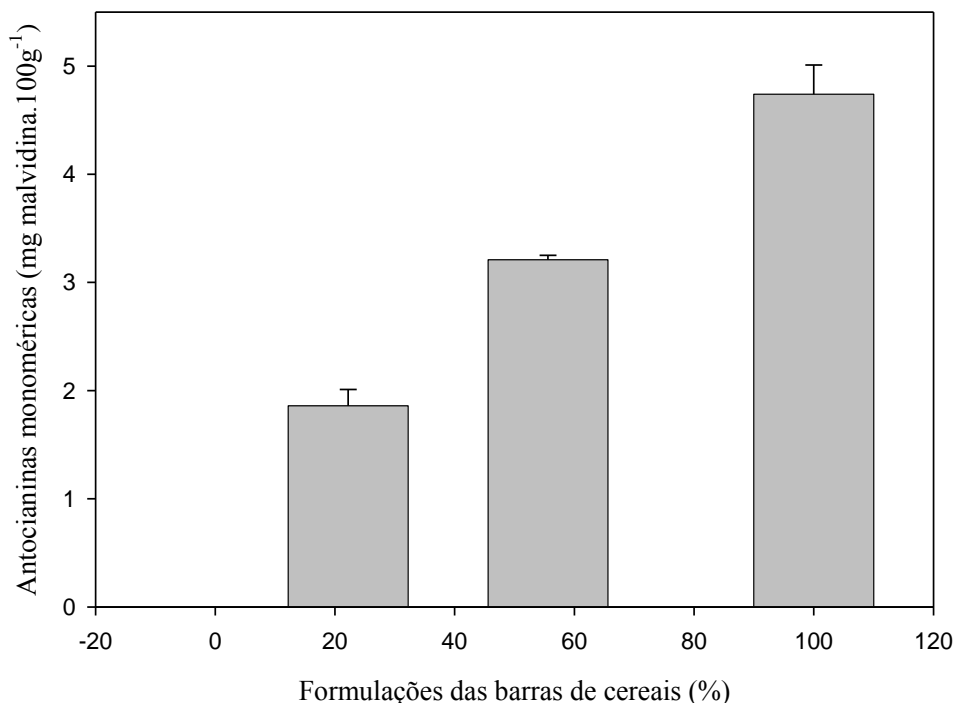


Figura 23. Teor de antocianinas monoméricas nas formulações das barras de cereais.

O conteúdo de antocianinas apresentou comportamento similar, entretanto, para todas as formulações foram observados baixos teores de antocianinas. Este resultado pode estar relacionado à temperatura a qual as barras de cereais foram submetidas (180°C) durante o preparo, resultando na degradação dessa classe de compostos fenólicos que são caracterizados por sua instabilidade. Tonon, Brabet e Hubinger (2010), estudaram o comportamento das antocianinas durante o armazenamento do suco de açaí em pó, constatando que agentes externos, como temperaturas altas, afetam esses compostos.

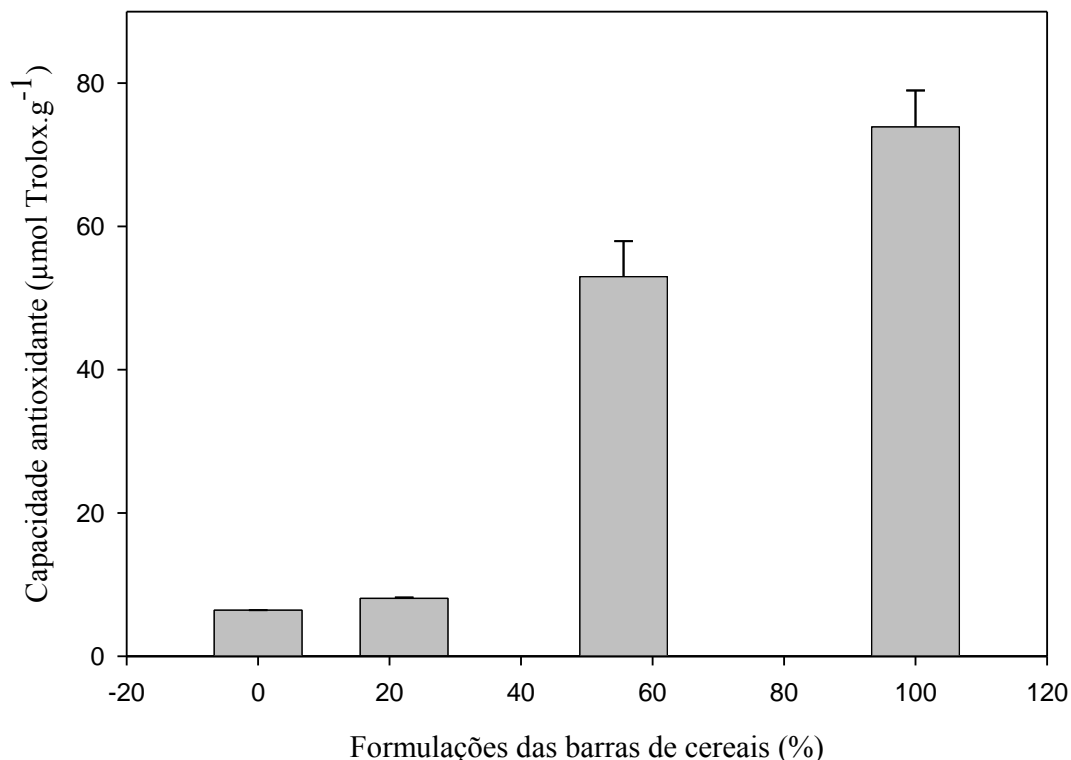


Figura 24. Capacidade antioxidante nas formulações das barras de cereais.

A capacidade antioxidante também variou de acordo com a formulação, sendo que a formulação contendo 100% da farinha de bagaço de uva em substituição à fibra de trigo apresentou a maior capacidade antioxidante. Soto, Brown e Ross (2012) encontraram potencial antioxidante de $10,73 \pm 1,67 \mu\text{mol Trolox/g.m.s}$ frente ao radical DDPH^+ durante a formulação uma barra de cereais com farinha de semente de uva.

A presença de atividade antioxidante nas barras de cereais formuladas com farinha de bagaço de uva é um dado importante no sentido de se obter um alimento pronto para consumo com propriedades benéficas à saúde, pois a farinha do bagaço fornece um aporte antioxidante, além de contribuir com fibras dietéticas. De acordo com Saura-Calixto (1998), as fibras oriundas das frutas possuem uma melhor qualidade nutricional comparada às derivadas de cereais, que são a fonte mais comum de fibras, pois estão associadas a compostos bioativos, possuem composição mais equilibrada e menor valor energético do que os materiais a base de cereais. Essas fibras são parte importante dos alimentos e, os produtos que contém alto teor de fibras podem ser considerados funcionais por afetarem de forma benéfica algumas funções do organismo (GUILLON e CHAMP, 2000).

A associação de compostos bioativos a fibras pode ter influência significativa na saúde. O transporte desses compostos através do trato gastrointestinal pode ocorrer em função das fibras pela ação da microbiota bacteriana (SAURA-CALIXTO, FULGENCIO, 2010).

6 CONCLUSÕES

- O bagaço de uva possui alto teor de fibras, podendo ser utilizado para enriquecer alimentos, fornecendo um aporte de fibras dietéticas antioxidantes.
- A secagem é uma tecnologia útil no processamento do bagaço de uva como forma de conservação do mesmo.
- O modelo matemático de Page foi o que melhor representou os dados experimentais dos processos de secagem convectiva, na qual foi possível observar que o tempo de processo foi reduzido em função do aumento da temperatura.
- A temperatura e o tempo de processo influenciaram a retenção de fenólicos totais e da capacidade antioxidante como esperado.
- A exposição às temperaturas mais baixas resultou em uma maior degradação dos compostos fenólicos e menor capacidade antioxidante, sendo que a temperatura mais alta apresentou os melhores resultados.
- Para a obtenção do bagaço seco com maior teor de compostos fenólicos totais e maior capacidade antioxidante, a temperatura de 60°C demonstrou ser a mais adequada, sendo escolhida para realização de novos testes e secagem do bagaço para obtenção de uma farinha.
- As formulações das barras de cereais apresentaram bons resultados microbiológicos, teor de fenólicos totais, capacidade antioxidante e antocianinas, entretanto, os altos valores de umidade e a_w podem afetar o tempo de vida útil do produto, sugerindo que são necessários mais estudos em relação a sua formulação.

7 REFERÊNCIAS

- Abe, L. T. Da Mota, R. V. Lajolo, F. M. Genovese, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v.27, n.2, p.394-400. 2007
- Altan, A. McCarthy, K. L. Maskan, M. Twin-screw extrusion of barley–grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. **Journal of Food Engineering**, v.89, n.1, 11//, p.24-32. 2008
- Angelo, P. M. Jorge, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão; Phenolic compounds in foods: a brief review. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p.1-9. 2007
- Aoac. **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of AOAC.**: USA, Washington. 1995
- _____. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International. **Gaithersburg, M.L.**, v.17. 2010
- Balestro, E. A. Sandri, I. G. Fontana, R. C. Utilização de bagaço de uva com atividade antioxidante na formulação de barra de cereais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v.13, n.2, p.195-201. 2011
- Barreiros, A. David, J. M. David, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química nova**, v.29, n.1, p.113. 2006
- Bartoszek, M. Polak, J. An electron paramagnetic resonance study of antioxidant properties of alcoholic beverages. **Food Chemistry**, v.132, n.4, p.2089-2093. 2012
- Bonilla, F. Mayen, M. Merida, J. Medina, M. Extraction of phenolic compounds from red grape marc for use as food lipid antioxidants. **Food Chemistry**, v.66, n.2, 8//, p.209-215. 1999
- Botella, C. Ory, I. D. Webb, C. Cantero, D. Blandino, A. Hydrolytic enzyme production by *Aspergillus awamori* on grape pomace. **Biochemical Engineering Journal**, v.26, n.2, p.100-106. 2005
- Bouayed, J. Bohn, T. Exogenous antioxidants—double-edged swords in cellular redox state: health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v.3, n.4, p.228-237. 2010

Boussetta, N. Vorobiev, E. Deloison, V. Pochez, F. Falcimaigne-Cordin, A.Lanoisellé, J. L. Valorisation of grape pomace by the extraction of phenolic antioxidants: Application of high voltage electrical discharges. **Food Chemistry**, v.128, n.2, 9/15/, p.364-370. 2011

Brand-Williams, W. Cuvelier, M. E.Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v.28, n.1, //, p.25-30. 1995

Brasil, 1998, **Portaria nº27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico sobre a Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de janeiro de 1998,** Disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9180ca00474581008d31dd3fbc4c6735/PORTARIA_27_1998.pdf?MOD=AJPERES>, Acesso em: 20/05/2014.

_____. Resolução RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001, dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. A. N. D. V. S. (Anvisa) 2001.

_____, 2003, **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional.** Disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/Resolucao_RDC_n_360de_23_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERES>, Acesso em: 20/05/2014.

_____. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o "REGULAMENTO TÉCNICO PARA PRODUTOS DE CEREALIS, AMIDOS, FARINHAS E FARELOS", constante do Anexo desta Resolução. . D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005 ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2005.

Bravo, L.Saura-Calixto, F. Characterization of dietary fiber and the in vitro indigestible fraction of grape pomace. **American journal of Enology and Viticulture**, v.49, n.2, p.135-141. 1998

Bruno, G.Sparapano, L. Effects of three esca-associated fungi on< i> Vitis vinifera</i> L.: V. Changes in the chemical and biological profile of xylem sap from diseased cv. Sangiovese vines. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.71, n.4, p.210-229. 2007

Bustamante, M. Moral, R. Paredes, C. Pérez-Espinosa, A. Moreno-Caselles, J.Pérez-Murcia, M. Agrochemical characterisation of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. **Waste Management**, v.28, n.2, p.372-380. 2008

Campos, L. M. a. S. D. **Obtenção de extratos de bagaço de uva cabernet sauvignon (Vitis vinífera): parâmetros de processo e modelagem matemática.** Tese 2005. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.,

Carocho, M.Ferreira, I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, v.51, n.0, 1//, p.15-25. 2013

Carvalho, M. **Barras de cereais com amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do-gurguéia, complementadas com casca de abacaxi. 2008. 92 f.** Tese 2008. 93 p. Universidade Federal do Ceará, Tecnologia de Alimentos

Castañeda-Ovando, A. Pacheco-Hernández, M. D. L. Páez-Hernández, M. E. Rodríguez, J. A.Galán-Vidal, C. A. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v.113, n.4, 4/15/, p.859-871. 2009

Cataneo, C. B. Caliari, V. Gonzaga, L. V. G. Kuskoski, E. M. K.Fett, R. Antioxidant activity and phenolic content of agricultural by-products from wine production. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.1, p.93-102. 2008

Chamorro, S. Viveros, A. Alvarez, I. Vega, E.Brenes, A. Changes in polyphenol and polysaccharide content of grape seed extract and grape pomace after enzymatic treatment. **Food Chemistry**, v.133, n.2, p.308-314. 2012

Chantaro, P. Devahastin, S.Chiewchan, N. Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. **LWT-Food Science and Technology**, v.41, n.10, p.1987-1994. 2008

Chen, L. Hu, J. Y.Wang, S. Q. The role of antioxidants in photoprotection: A critical review. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v.67, n.5, p.1013-1024. 2012

Cheng, X. F. Zhang, M.Adhikari, B. The inactivation kinetics of polyphenol oxidase in mushroom (*Agaricus bisporus*) during thermal and thermosonic treatments. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.20, n.2, 3//, p.674-679. 2013

Chisari, M. Barbagallo, R. N.Spagna, G. Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.9, p.3469-3476. 2007

Cntl, 2014, **Centro Nacional de Tednologias Limpas**, Disponível Acesso em: 04/05/2014.

Coelho, M. a. Z. Leite, S. G. F. Rosa, M. D. F.Furtado, A. a. L. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. **Boletim CEPPA**, v.19, n.01, p.33-42. 2001

Crank, J. **The mathematics of diffusion**: Oxford. 1975. 414 p.

Crespo, J. G. Brazinha, C. Membrane processing: Natural antioxidants from winemaking by-products. **Filtration & Separation**, v.47, n.2, p.32-35. 2010

Damodaran, S. Parkin, K. L. Fennema, O. R. **Química de alimentos de Fennema**: Artmed. 2010

De Castro, A. M. Jr, N. P. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química nova**, v.33, n.1, p.181-188. 2010

De Oliveira Silva, H. G. Pires, A. J. V. Da Silva, F. F. Veloso, C. M. De Carvalho, G. G. P. Cezário, A. S. Santos, C. C. Farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de cabras em lactação: consumo e produção de leite. **R. Bras. Zootec**, v.34, n.5, p.1786-1794. 2005

De Souza, A. V. Lima, G. P. P. Vieites, R. L. Avaliação nutricional de diferentes variedades de uva (*Vitis* sp). **Naturalia**, v.33. 2011

Djendoubi Mrad, N. Boudhrioua, N. Kechaou, N. Courtois, F. Bonazzi, C. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, n.3, 7//, p.433-441. 2012

Do Espírito Santo, A. P. Cartolano, N. S. Silva, T. F. Soares, F. a. S. M. Gioielli, L. A. Perego, P. Converti, A. Oliveira, M. N. Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts. **International Journal of Food Microbiology**, v.154, n.3, 3/15/, p.135-144. 2012

Doymaz, I. Ozdemir, O. Effect of air temperature, slice thickness and pretreatment on drying and rehydration of tomato. **International Journal of Food Science and Technology**, v.49, p.558-564. 2014

Esteller, M. S. Yoshimoto, R. M. O. Amaral, R. L. Lannes, S. C. S. Uso de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p.602-607. 2004

Falcão, A. P. Chaves, E. S. Kuskoski, E. M. Fett, R. Falcão, L. D. Bordignon-Luiz, M. T. Índice de polifenóis, antocianinas totais e atividade antioxidante de um sistema modelo de geléia de uvas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.637-642. 2007

Fellows, P. J. Oliveira, F. C. Rubensan, J. M. Nitzke, J. A. Thys, R. C. S. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**: Artmed. 2006

Ferreira, L. F. D. Pirozi, M. R. Ramos, A. M. Pereira, J. a. M. Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.6, p.855-862. 2012

Fonseca, R. S. Del Santo, V. R. De Souza, G. B.Pereira, C. a. M. Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.61, n.2, p.216-223. 2011

Fortea, M. I. López-Miranda, S. Serrano-Martínez, A. Carreño, J.Núñez-Delicado, E. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of polyphenol oxidase and peroxidase from table grape (Crimson Seedless). **Food Chemistry**, v.113, n.4, 4/15/, p.1008-1014. 2009

Franco, B. D. G. D. M.Landgraf, M. **Microbiologia dos alimentos**. 2003. 182 p.

Freitas, D. G.Moretti, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.2, p.318-324. 2006

Fuhrman, B. Volkova, N. Suraski, A.Aviram, M. White wine with red wine-like properties: increased extraction of grape skin polyphenols improves the antioxidant capacity of the derived white wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.7, p.3164-3168. 2001

Garau, M. C. Simal, S. Rossello, C.Femenia, A. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (< i> Citrus aurantium</i> v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry**, v.104, n.3, p.1014-1024. 2007

Garcia-Perez, J. V. García-Alvarado, M. A. Carcel, J. A.Mulet, A. Extraction kinetics modeling of antioxidants from grape stalk (*Vitis vinifera* var. Bobal): Influence of drying conditions. **Journal of Food Engineering**, v.101, n.1, 11//, p.49-58. 2010

Gava, A. J. Silva, C. a. B.Frias, J. R. G. **Tecnologia de alimentos**: NBL Editora. 2009

Georgé, S. Brat, P. Alter, P.Amiot, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.5, p.1370-1373. 2005

Giusti, M. M.Wrolstad, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**. 2001

González-Centeno, M. a. R. Jourdes, M. Femenia, A. Simal, S. Rosselló, C.Teissedre, P.-L. Characterization of Polyphenols and Antioxidant Potential of White Grape Pomace Byproducts (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.47, p.11579-11587. 2013

Guerra, C. C. Mandelli, F. Tonietto, J. Zanus, M.Camargo, U. Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos. Embrapa Uva e Vinho. Documentos. Bento Gonçalves: : 69 p. 2009.

Guillon, F.Champ, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v.33, n.3, p.233-245. 2000

Harborne, J. B. **Methods in plant biochemistry. Volume 1. Plant phenolics**: Academic Press Ltd., v.1. 1989. 552 p.

Harborne, J. B.Mabry, T. J. **The flavonoids: advances in research**: London: Chapman and Hall, v.65. 1982

He, J.Giusti, M. M. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. **Annual review of food science and technology**, v.1, p.163-187. 2010

Henderson, S.Pabis, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.6, n.3, p.169-174. 1961

Hernandez-Jimenez, A. Gomez-Plaza, E. Martinez-Cutillas, A.Kennedy, J. A. Grape skin and seed proanthocyanidins from Monastrell× Syrah grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n.22, p.10798-10803. 2009

Hervert-Hernández, D. Pintado, C. Rotger, R.Goñi, I. Stimulatory role of grape pomace polyphenols on *Lactobacillus acidophilus* growth. **International Journal of Food Microbiology**, v.136, p.119-122. 2009

Hii, C. L. Law, C. L.Cloke, M. Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. **Journal of Food Engineering**, v.90, n.2, 1//, p.191-198. 2009

Ibravin, 2014, **Instituto Brasileiro do Vinho. Brasil vitivinícola, panorama geral**, Disponível em:<<http://www.ibravin.org.br/panorama-geral>>, Acesso em: 03/05/2014.

Igual, M. García-Martínez, E. Martín-Esparza, M. E.Martínez-Navarrete, N. Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. **Food Research International**, v.47, n.2, 7//, p.284-290. 2012

Ital, 2014, **Pesquisa estuda mercado de alimentos com apelo de conveniência e saúde**, Disponível Acesso em: 10/05/2014.

Jay, J. M. **Microbiologia de alimentos**: Artmed. 2005. 712 p.

Karacabey, E.Mazza, G. Optimisation of antioxidant activity of grape cane extracts using response surface methodology. **Food Chemistry**, v.119, n.1, p.343-348. 2010

Katsube, T. Tsurunaga, Y. Sugiyama, M. Furuno, T.Yamasaki, Y. Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. **Food Chemistry**, v.113, n.4, 4/15/, p.964-969. 2009

Khanal, R. C. Howard, L. R.Prior, R. L. Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. **Food Research International**, v.43, n.5, 6//, p.1464-1469. 2010

Kobori, C. N.Jorge, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.5, p.1008-1014. 2005

Kurozawa, L. E. Terng, I. Hubinger, M. D.Park, K. J. Ascorbic acid degradation of papaya during drying: Effect of process conditions and glass transition phenomenon. **Journal of Food Engineering**, v.123, n.0, 2//, p.157-164. 2014

Lahsasni, S. Kouhila, M. Mahrouz, M. Idlimam, A.Jamali, A. Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). **Energy**, v.29, n.2, 2//, p.211-224. 2004

Larrauri, J. A. Rupérez, P.Saura-Calixto, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.4, p.1390-1393. 1997

Li, H.Förstermann, U. Red wine and cardiovascular health. **Circulation research**, v.111, n.8, p.959-961. 2012

Lila, M. A. Anthocyanins and human health: an in vitro investigative approach. **BioMed Research International**, v.2004, n.5, p.306-313. 2004

Llobera, A.Cañellas, J. Dietary fibre content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem. **Food Chemistry**, v.101, n.2, //, p.659-666. 2007

_____. Antioxidant activity and dietary fibre of Prensal Blanc white grape (*Vitis vinifera*) by-products. **International Journal of Food Science & Technology**, v.43, n.11, p.1953-1959. 2008

Lopes, T. Xavier, M. Quadri, M. G.Quadri, M. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Current Agricultural Science and Technology**, v.13, n.3. 2012

Lordêlo Cardoso Silva, M. Silva Costa, R. Dos Santos Santana, A.Gabriela Bello Koblitz, M. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.3, p.669-682. 2010

Lorenzo, J. M. González-Rodríguez, R. M. Sánchez, M. Amado, I. R. Franco, D. Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage “chorizo”. **Food Research International**, v.54, n.1, 11//, p.611-620. 2013

Makris, D. P. Boskou, G. Andrikopoulos, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.2, 3//, p.125-132. 2007

Mapa, 2013, **Cultura uva. Ministério da Agricultura.**, Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva>>, Acesso em: 03/05/2014.

Matthäus, B. Virgin grape seed oil: Is it really a nutritional highlight? **European journal of lipid science and technology**, v.110, n.7, p.645-650. 2008

Meziane, S. Drying kinetics of olive pomace in a fluidized bed dryer. **Energy Conversion and Management**, v.52, n.3, 3//, p.1644-1649. 2011

Monagas, M. Hernández-Ledesma, B. Gómez-Cordovés, C. Bartolomé, B. Commercial dietary ingredients from *Vitis vinifera* L. leaves and grape skins: antioxidant and chemical characterization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, n.2, p.319-327. 2006

Muñoz-Espada, A. Wood, K. Bordelon, B. Watkins, B. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch grapes and wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.22, p.6779-6786. 2004

Murga, R. Ruiz, R. Beltrán, S. Cabezas, J. L. Extraction of natural complex phenols and tannins from grape seeds by using supercritical mixtures of carbon dioxide and alcohol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.8, p.3408-3412. 2000

Neroni, R. D. C. **Amarelos da videira: identificação e análise filogenética dos fitoplasmas, transmissão dos agentes causais e otimização da diagnose.** Tese 2009. 96 p. Universidade de São Paulo, Fitopatologia

Nour, V. Stampar, F. Veberic, R. Jakopic, J. Anthocyanins profile, total phenolics and antioxidant activity of black currant ethanolic extracts as influenced by genotype and ethanol concentration. **Food Chemistry**, v.141, n.2, 11/15/, p.961-966. 2013

O'shea, N. Arendt, E. K. Gallagher, E. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.16, n.0, 10//, p.1-10. 2012

O'donnell, C. P. Tiwari, B. K. Bourke, P.Cullen, P. J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. **Trends in Food Science & Technology**, v.21, n.7, 7//, p.358-367. 2010

Padmashree, A. Sharma, G. K. Srihari, K. A.Bawa, A. S. Development of shelf stable protein rich composite cereal bar. **Journal of food science and technology**, v.49, n.3, p.335-341. 2012

Page, G. E. **Factors Influencing the Maximum Rates of Air Drying Shelled Corn in Thin layers**. Tese 1949. Purdue University, Engineering, Agricultural

Palazzolo, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal foods world**, v.48, n.2, p.70-72. 2003

Park, K. J. Antonio, G. C. Oliveira, R. a. D.Park, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**, v.1. 2007. 118 p.

Pinelo, M. Arnous, A.Meyer, A. S. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. **Trends in Food Science & Technology**, v.17, n.11, 11//, p.579-590. 2006

Ping N., B. L., C. P., N.A., P. Extraction of condensed tannins from grape pomace for use as wood adhesives. **Industrial Crops and Products**, v.33, n.1, p.253-257. 2011

Pinto, G. De Brito, E. Andrade, A. Fraga, S.Teixeira, R. Fermentação em estado sólido: uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais tropicais. **Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico**. 2005

Piotrowski, D. Lenart, A.Wardzyński, A. Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.4, p.519-525. 2004

Piovesana, A. Bueno, M. M.Klajn, V. M. Elaboration and acceptability of cookies enhanced with oat and flour grape pomace. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.1, p.68-72. 2013

Pontes, S. F. O. Santos, C. T. Bonomo, R. Pontes, L.Fontan, R. D. C. I. Determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) a diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v.11, n.2, p.143-148. 2009

Pozzan, M. S. V. Braga, G. C.Salibe, A. B. Anthocyanins, total phenols, tannins and ascorbic acid in cv. Bordô grape on different rootstocks. **Revista Ceres**, v.59, n.5, p.701-708. 2012

Radovanović, A. Radovanović, B. Jovančičević, B. Free radical scavenging and antibacterial activities of southern Serbian red wines. **Food Chemistry**, v.117, n.2, 11/15/, p.326-331. 2009

Radünz, L. L. Mossi, A. J. Zakrzewski, C. A. Amaral, A. Rassmann, L. Análise da cinética de secagem de folhas de sálvia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.979-986. 2010

Ramesh, M. Wolf, W. Tevini, D. Jung, G. Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. **Journal of Food Engineering**, v.49, n.1, p.63-72. 2001

Re, R. Pellegrini, N. Proteggente, A. Pannala, A. Yang, M. Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, n.9-10, 5//, p.1231-1237. 1999

Rizzon, L. A., 2014, **Como elaborar vinho artesanalmente**, Disponível Acesso em: 03/05/2014.

Roberts, J. S. Kidd, D. R. Padilla-Zakour, O. Drying kinetics of grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v.89, n.4, p.460-465. 2008

Robinson, T. Nigam, P. Bioreactor design for protein enrichment of agricultural residues by solid state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v.13, n.2, p.197-203. 2003

Rockenbach, I. I. Gonzaga, L. V. Rizelio, V. M. Gonçalves, A. E. D. S. S. Genovese, M. I. Fett, R. Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. **Food Research International**, v.44, n.4, 5//, p.897-901. 2011

Romero, R. C. Osuna, A. I. L. Sánchez, R. M. R. Castro, R. M. León-Martínez, L. León-Gálvez, R. Caracterización de galletas elaboradas con cascarilla de orujo de uva. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.54, n.1, p.93-99. 2004

Rufino, M. D. S. M. Alves, R. E. De Brito, E. S. Pérez-Jiménez, J. Saura-Calixto, F. Mancini-Filho, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, n.4, 8/15/, p.996-1002. 2010

Sacilik, K. Elicin, A. K. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. **Journal of Food Engineering**, v.73, n.3, 4//, p.281-289. 2006

Sagar, V. R. Suresh Kumar, P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. **Journal of food science and technology**, v.47, n.1, p.15-26. 2010

Sánchez-Alonso, I. Jiménez-Escrig, A. Saura-Calixto, F.Borderías, A. J. Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. **LWT - Food Science and Technology**, v.41, n.1, 1//, p.42-50. 2008

Saura-Calixto, F. Antioxidant dietary fiber product: A new concept and a potential food ingredient. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n.10, p.4303-4306. 1998

Saura-Calixto, F. Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.1, p.43-49. 2010

Sáyago-Ayerdi, S. Brenes, A.Goñi, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT-Food Science and Technology**, v.42, n.5, p.971-976. 2009

Silva, I. D. Oliveira, B. D. Lopes, A. S.Pena, R. D. S. Obtenção de barra de cereais adicionada do resíduo industrial de maracujá. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.20, n.2, p.321-329. 2009

Singleton, V.Rossi, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v.16, n.3, p.144-158. 1965

Sirisomboon, P.Kitchaiya, P. Physical properties of *Jatropha curcas* L. kernels after heat treatments. **Biosystems Engineering**, v.102, n.2, 2//, p.244-250. 2009

Soares, M. Welter, L. Gonzaga, L. Lima, A. Mancini-Filho, J.Fett, R. Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. **Food Science and Technology (Campinas)**, v.28, n.3, p.727-732. 2008a

Soares, M. Welter, L. Kuskoski, E. M. Gonzaga, L.Fett, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.59-64. 2008b

Soto, M. L. Moure, A. Domínguez, H.Parajó, J. C. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. **Journal of Food Engineering**, v.105, n.1, p.1-27. 2011

Soto, M. R. U. Brown, K.Ross, C. F. Antioxidant activity and consumer acceptance of grape seed flour-containing food products. **International Journal of Food Science & Technology**, v.47, n.3, p.592-602. 2012

Strumillo, C. **Drying: principles, applications, and design**: Taylor & Francis, v.3. 1986

Teixeira, L. N. Stringheta, P. C.Oliveira, F. D. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Ceres, Viçosa**, v.55, n.4, p.297-304. 2008

Therdthai, N.Zhou, W. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). **Journal of Food Engineering**, v.91, n.3, 4//, p.482-489. 2009

Tonon, R. V. Brabet, C.Hubinger, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v.43, n.3, 4//, p.907-914. 2010

Tseng, A.Zhao, Y. Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. **Food Chemistry**, v.138, n.1, 5/1/, p.356-365. 2013

Tunde-Akintunde, T. Y. Mathematical modeling of sun and solar drying of chilli pepper. **Renewable Energy**, v.36, n.8, 8//, p.2139-2145. 2011

Ullmann, R. Resende, O. Sales, J.Chaves, T. H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.3, p.442-447. 2010

Unicamp, U. E. D. C.-. 2006, **Tabela brasileira de composição de alimentos: TACO**, Disponível Acesso em: 3/08/2014.

Valduga, E. Lima, L. Do Prado, R. Padilha, F. F.Treichel, H. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva isabel (*vitis labrusca*). **a a**, v.1, n.2, p.1. 2008

Valiente, C. Arrigoni, E. Esteban, R.Amado, R. Grape pomace as a potential food fiber. **Journal of food science**, v.60, n.4, p.818-820. 1995

Vasconcelos, S. M. L. Goulart, M. O. F. Moura, J. D. F. Manfredini, V. Benfato, M. D. S.Kubota, L. T. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Quim Nova**, v.30, n.5, p.1323-1338. 2007

Vogt, E. Jakob, L. Lemperle, E.Weiss, E. **El vino: obtención, elaboración y análisis**: Acribia. 1986

Xia, E.-Q. Deng, G.-F. Guo, Y.-J.Li, H.-B. Biological activities of polyphenols from grapes. **International Journal of Molecular Sciences**, v.11, n.2, p.622-646. 2010

Yi, C. Shi, J. Kramer, J. Xue, S. Jiang, Y. Zhang, M. Ma, Y.Pohorly, J. Fatty acid composition and phenolic antioxidants of winemaking pomace powder. **Food Chemistry**, v.114, n.2, 5/15/, p.570-576. 2009

Zecchi, B. Clavijo, L. Garreiro, J. M.Gerla, P. Modeling and minimizing process time of combined convective and vacuum drying of mushrooms and parsley. **Journal of Food Engineering**, v.104, p.49-55. 2011