



**RAFAELLA ARAÚJO ZAMBALDI LIMA**

**ARMAZENAMENTO DE FEIJÃO: USO DA  
EMBALAGEM A VÁCUO NA MANUTENÇÃO  
DA QUALIDADE**

**LAVRAS – MG  
2013**

**RAFAELLA ARAÚJO ZAMBALDI LIMA**

**ARMAZENAMENTO DE FEIJÃO: USO DA EMBALAGEM A VÁCUO  
NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

**LAVRAS-MG**

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Lima, Rafaella Araújo Zambaldi.

Armazenamento de feijão : uso da embalagem à vácuo na  
manutenção da qualidade / Rafaella Araújo Zambaldi Lima. –  
Lavras : UFLA, 2013.

105 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Enzimas. 3. Escurecimento. 4.  
Endurecimento. 5. Qualidade nutricional. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD – 664.092



**RAFAELLA ARAÚJO ZAMBALDI LIMA**

**ARMAZENAMENTO DE FEIJÃO: USO DA EMBALAGEM A  
VÁCUO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 26 de abril de 2013

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade UFLA

Prof. Dra. Joelma Pereira UFLA

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu Embrapa

Dra. Denise Alvarenga Rocha UFLA

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS - MG  
2013

À minha família, pelo amparo em momentos de aflição e pelo amor e carinho.

Ao meu pai, Paulo César Lima, com quem aprendi a ser honesta, forte e digna.

À minha mãe, Magali Zambaldi Portela Lima, por ter me ensinado o que é amor e respeito.

Às minhas irmãs, Graziella Zambaldi Lima e Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki, pela união, companheirismo, conselhos e amizade.

Aos meus sobrinhos, Bianca Zambaldi Haddad, Henrique Zambaldi Haddad e Fernanda Willers Diniz, por tornarem meus dias mais felizes.

Ao meu marido, Leonardo Alves Diniz, por acreditar na minha capacidade, pelo amor e por se manter sempre compreensivo e paciente, e cuja presença e apoio foram indispensáveis.

Aos meus sogros, Wilson Ribeiro Diniz e Leila Alves Diniz, por terem-me como filha.

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre iluminou meus caminhos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de cursar o doutorado.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora, professora Dra. Celeste Maria Patto de Abreu, agradeço pela confiança e pelos conhecimentos transmitidos durante esses anos de estudo.

À Shirley, secretária da pós-graduação, por toda ajuda e amizade.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho, ao professor Messias José Bastos de Andrade, à professora Joelma Pereira, à Dra. Angela de Fátima Barbosa Abreu e à Dra. Denise Alvarenga Rocha, pelas sugestões e pelos preciosos ensinamentos que muito auxiliaram e contribuíram para o engrandecimento deste trabalho.

À minha grande amiga, Simone Abreu Asmar Pereira, pelo incentivo, ajuda, companheirismo e amizade.

À Xulita, pela ajuda psicológica, maternal e funcional no laboratório e pela grande amizade.

À Laís Moretti, pelo auxílio nas análises e pela companhia.

À amiga Rita, pelo auxílio na trabalhosa montagem do experimento.

Aos meus amigos do laboratório de Bioquímica: Ana Paula, Mayara, Biju, Mariene, Vinícius, Luciana, Tamara, Juliana, Priscila, Valquíria, Raphaela, Estela, Lucas, Cláudia, Mariana, Miriam, Rodrigo, Fabíola, Adneia e Jéssica, pela amizade, ajuda, por dividirem momentos tristes e felizes e pelas festas.

Aos professores Eduardo Valério de Barros Vilas Boas e Luís Carlos de Oliveira Lima, por disponibilizarem materiais e equipamentos do Laboratório de Pós-Colheita.

A todos os meus amigos e familiares, por todo apoio e incentivo recebido.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Economia Nacional.....	16
2.2 Valor nutricional .....	17
2.3 Cultivar Pérola .....	18
2.4 Armazenamento de feijão.....	19
2.5 Fenóis.....	22
2.6 Enzimas .....	24
2.7 Absorção de água e tempo de cozimento .....	27
2.8 Lignina.....	29
2.9 Armazenamento em atmosfera modificada.....	30
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
CAPÍTULO II - EMBALAGEM A VÁCUO: EFEITO NO ESCURECIMENTO DO FEIJÃO DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	43
RESUMO .....	43
ABSTRACT .....	44



<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO III - EMBALAGEM A VÁCUO: EFEITO NO ENDURECIMENTO DO FEIJÃO DURANTE O ARMAZENAMENTO.....</b>	<b>60</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>60</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>61</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>65</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>68</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>CAPÍTULO IV – EMBALAGEM A VÁCUO: EFEITO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DE FEIJÃO DURANTE O ARMAZENAMENTO.....</b>	<b>80</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>80</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>81</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>82</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>85</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>88</b>

<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>100</b>

## RESUMO GERAL

O feijão tem alto valor nutricional, devido ao seu conteúdo de proteínas, carboidratos, minerais e vitaminas, e grande importância econômica para o Brasil. Depois de colhido, apresenta rápida deterioração, principalmente os feijões de tegumento claro, o que resulta em grãos escuros, endurecidos, com caldo ralo e menor valor nutritivo, sendo rejeitado pelo consumidor. O armazenamento inadequado pode acelerar este processo. O uso de embalagens auxilia na manutenção da qualidade do grão, devido à barreira física que cria entre o produto e o ambiente. Neste trabalho, a influência do uso de embalagem a vácuo no controle do escurecimento, do endurecimento e da manutenção da qualidade nutricional foi avaliada em feijões da cultivar Pérola. Os grãos foram submetidos a embalagens de polietileno de baixa densidade com: 1) espessura de 80  $\mu\text{m}$  (2.121  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 4.872  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 16.394  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selada a vácuo; 2) espessura de 80  $\mu\text{m}$ , selada sem vácuo e 3) espessura de 20  $\mu\text{m}$  (936  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 8.325  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 25.649  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selada sem vácuo, armazenadas, por oito meses, em condição ambiente ( $20 \pm 5,26$  °C e  $55,2 \pm 16,8\%$  UR). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 3x5, envolvendo três tipos de embalagens e cinco tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses). As análises foram realizadas no primeiro dia de armazenamento e em intervalos de dois meses até o oitavo mês. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar os tratamentos dentro de cada tempo. Os modelos de regressão polinomiais, utilizados para tempo de armazenamento, foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação. O tempo de cozimento, ao final do armazenamento, foi maior para os grãos acondicionados em embalagem comercial, em relação às outras embalagens. Os grãos embalados em sacos de polietileno selados a vácuo apresentaram menor escurecimento. As amostras da embalagem selada a vácuo apresentaram atividade da peroxidase e polifenoloxidase inferior à dos grãos da embalagem comercial. Os grãos embalados a vácuo apresentaram menor queda na taxa de absorção de água. O teor de lignina, ao final do armazenamento, foi maior nos grãos acondicionados em embalagem comercial do que nas outras embalagens. Os teores de fenólicos totais, assim como a umidade dos grãos, não apresentaram diferenças significativas. Os conteúdos minerais se mantiveram durante todo o período de armazenamento. O teor de proteína e a digestibilidade proteica foram menores nos feijões mantidos em embalagem comercial, após o período de armazenamento. A quantidade de sólidos solúveis foi maior nos feijões

embalados a vácuo, ao final do armazenamento. O uso da embalagem selada a vácuo foi eficiente em retardar o endurecimento, o escurecimento e em manter a qualidade nutricional da cultivar Pérola, durante o armazenamento por oito meses, em condição ambiente.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Enzimas. Escurecimento. Endurecimento. Qualidade nutricional. Atmosfera modificada.

## GENERAL ABSTRACT

Bean has high nutritional value due to its content of protein, carbohydrates, minerals and vitamins, and great economic importance to Brazil. After harvested shows rapid deterioration, especially beans clear tegument, which results in dark grains, hardened thin broth and with less nutritional value, being rejected by the consumer. Improper storage can accelerate this process. The use of packaging helps maintain grain quality due to physical barrier created between the product and the environment. In this paper, the influence of using vacuum packaging to control browning, hardening and maintenance of nutritional quality was assessed in beans cv. Pérola. The grains were subjected to packaging low density polyethylene: 1) thickness of 80 $\mu$ m (permeation area of 2121cm<sup>2</sup>, 4872 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> rate of oxygen permeability, 16394cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> permeability rate of carbon dioxide) vacuum sealed, and 2) the thickness of 80 $\mu$ m sealed without vacuum, and 3) the thickness of 20 $\mu$ m (permeation area of 936cm<sup>2</sup>, 8325 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> rate of oxygen permeability, 25649cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> permeability rate carbon dioxide) sealed without vacuum, stored for eight months at ambient conditions (20°C  $\pm$  5,26°C e 55,2%  $\pm$  16,8% UR). The experimental design was completely randomized in a factorial design (3x5) using three types of packages and five storage times, involving three types of packaging and storage five times (0, 2, 4, 6 and 8 months). Analyses were performed on the first day of storage, and at intervals of two months until the eighth month. The Tukey test at 5% probability was used to compare treatments within each time. The polynomial regression models, used for storage time, were selected based on the significance of the F test for each model tested and the coefficient of determination. Cooking time was longer for the beans packed in commercial packaging, than in the other containers at the end of storage. The beans packed in polyethylene bags sealed vacuum had lower browning. The samples will vacuum sealed package presented peroxidase and polyphenoloxidase activity below the grain of commercial packaging. The vacuum packaged grains showed a smaller decrease in the rate of water absorption. The lignin content, at the end of storage, was higher for grain packed in commercial packaging, than in the other containers. The concentration of total phenolics as well as grain moisture showed no significant difference. Mineral contents were maintained throughout the storage period. The need to protein and protein digestibility were lower in beans kept commercial package after the storage period. Amount of soluble solids were higher in beans vacuum packaged storage at the end. The use of vacuum sealed package wills was effective in delaying the hardening and darkening in maintaining the nutritional cv. Pérola, during storage for eight months at ambient condition.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Enzymes. Darkening. Hardening. Nutritional quality. Modified atmosphere.

## **CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1 INTRODUÇÃO GERAL**

O feijão, cultivado em quase todos os países do mundo, assume enorme importância na alimentação humana, fundamentalmente devido ao seu baixo custo e por ser um alimento relativamente balanceado, tendo pronta aceitação por povos com os mais diferentes hábitos alimentares. Do ponto de vista nutricional, o feijão é bom alimento, pois proporciona elementos essenciais, como proteínas, ferro, cálcio, vitaminas, carboidratos, fibras e lisina, que é um aminoácido essencial. Possui alto teor de proteína, sendo muito utilizado como alternativa para complementação de proteína na alimentação de populações de baixa renda.

Apesar do elevado teor proteico, o feijão é deficiente em aminoácidos sulfurados (metionina, cisteína e triptofano), porém, ao ser combinado com cereais, que são alimentos com elevado teor destes aminoácidos, possibilita um resultado nutritivo e completo. A união arroz-feijão é o melhor exemplo desta combinação.

Há ampla diversidade nos tipos de grãos, especialmente no que se refere à forma, ao tamanho e à cor. No mercado brasileiro, esta diversidade é bem evidente, contudo, a preferência é predominante sobre o tipo carioca. Os grãos do grupo carioca apresentam tegumento com coloração creme e rajas marrons. Dentre os feijões cariocas cultivados, a cultivar Pérola tem sido muito utilizada e recomendada para a maioria dos estados brasileiros produtores.

Após a colheita, o feijão é armazenado e a respiração e outros processos metabólicos dos grãos continuam ativos, ocasionando, na maioria das vezes,

perdas significativas de qualidade. Em feijões de tegumento claro, como os do tipo carioca, estas perdas ocorrem, principalmente, devido ao escurecimento e ao endurecimento do tegumento, aumentando o tempo de cozimento e gerando perdas na qualidade nutricional dos feijões. Os consumidores são exigentes na seleção do feijão para o consumo, sendo a cor do tegumento fator limitante na determinação de preço para o comerciante e o consumidor. Feijões com o tegumento escuro não são escolhidos pelos consumidores, que associam o escurecimento ao tempo de armazenamento e ao endurecimento.

Condições de armazenamento com alta umidade, temperatura e luminosidade, e longo período de armazenamento resultam em feijões escuros e endurecidos. Os polifenóis estão envolvidos na perda da qualidade pelo escurecimento e o endurecimento dos grãos durante o armazenamento. Os teores de polifenóis podem ser responsáveis por dois mecanismos: polimerização na casca (dificulta a penetração da água) ou lignificação dos cotilédones (limitando a capacidade de embebição). Dentre os polifenóis de maior importância, os taninos merecem destaque, pois têm a habilidade de interagir com proteínas, diminuindo a digestibilidade de proteínas e contribuindo para a formação da coloração escura do grão.

O escurecimento e o endurecimento do tegumento estão relacionados à oxidação enzimática da peroxidase e da polifenoloxidase, as quais dependem da presença de oxigênio para polimerizarem fenóis de baixo peso molecular em compostos de alto peso molecular, que têm coloração escura.

O emprego de embalagens tem o objetivo de prolongar a qualidade dos produtos. Os feijões destinados à alimentação são, comumente, comercializados em embalagens plásticas de polietileno. Além da proteção contra agentes externos, como insetos e poeira, a embalagem propicia menor troca de gases do ambiente interno com o externo, apresentando, assim, menor concentração de oxigênio e maior concentração de dióxido de carbono no seu interior,



preservando a qualidade dos grãos. A utilização da embalagem a vácuo pode ser alternativa ainda mais eficiente na conservação do grão, por reduzir as reações de oxidação que ocorrem na presença do oxigênio e que são prejudiciais para a sua qualidade, causando o escurecimento, o endurecimento e perdas nutricionais.

Diante do exposto, fica evidente a importância do controle das condições de armazenamento na qualidade dos grãos de feijão. Visando minimizar as perdas de qualidade durante o armazenamento, este trabalho foi desenvolvido objetivando avaliar o uso de embalagem a vácuo na manutenção da qualidade comercial e nutricional de feijão do grupo comercial Carioca cv. Pérola, durante o armazenamento por oito meses, em condição ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Economia nacional

O cultivo do feijão demanda muita mão de obra, principalmente na colheita. É uma cultura de alto valor econômico e social, e grande fonte de trabalho no meio rural em várias regiões do Brasil (EMBRAPA, 2005). Cultivado tanto por pequenos quanto por grandes produtores, o feijoeiro tem boa adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas do país.

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão. Na safra de 2010/2011, a produção nacional foi de 3,8 milhões de toneladas, cultivada em 4,0 milhões de hectares (primeira, segunda e terceira safras), com rendimento médio de 0,9 t/ha (FIESP; ÍCONE, 2012).

A produção de feijão projetada para 2021/2022 seguirá em expansão e aumentará 25% em relação a 2010/2011, enquanto a área plantada total (primeira e segunda safras) permanecerá praticamente estável (com aumento de 0,4% ao ano), indicando ganhos de produtividade de 22%. O consumo médio *per capita* no país é de 18,5 kg/ano. O crescimento da produção não será suficiente para atender ao aumento do consumo doméstico e, portanto, o Brasil continuará sendo importador líquido de feijão, adquirindo do exterior um volume de 114 mil toneladas em 2021/2022. No período projetado (2011/2012 a 2021/22) pela FIESP, o consumo *per capita* crescerá a uma taxa de 2,1% ao ano, o que é esperado de um produto de cesta básica, como o feijão (FIESP; ÍCONE, 2012).

Dessa forma, aliando a importância social do feijão como substituto de proteínas animais ao consumo generalizado pela população brasileira, justifica-

se o esforço da pesquisa no sentido de obter melhores níveis de produtividade e garantia de abastecimento interno do produto com qualidade.

## **2.2 Valor nutricional**

Na América Latina, o feijão é a leguminosa mais consumida, sendo considerada boa fonte de carboidratos e proteínas. Por conter teor elevado de proteínas (18% a 30%) em suas sementes e composição aminoacídica complementar às proteínas de cereais, essa leguminosa contribui para a melhoria do valor proteico das dietas de grande número de pessoas, particularmente naqueles países em que o consumo de proteína animal é limitado por razões econômicas, por falta, por imposição religiosa e cultural ou onde dietas predominantemente compostas por leguminosas e cereais constituem a base da alimentação diária (COELHO, 1991; BOBBIO; BOBBIO, 2001). O feijão representa, para o Brasil, uma importante fonte de diversos nutrientes e fibra. O consumo diário é saudável, devido à qualidade da proteína e ao alto teor de minerais (RIBEIRO et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008).

O teor elevado de lisina (aminoácido essencial), a fibra alimentar (1% a 20%), com seu efeito hipocolesterolêmico e hipoglicêmico, o alto conteúdo de carboidratos complexos (60% a 65%) e a presença de vitaminas do complexo B, como riboflavina, niacina e folocina, são alguns dos componentes nutricionais de destaque (BOBBIO; BOBBIO, 2001; GEIL; ANDERSON, 1994).

Em relação aos nutrientes minerais, os grãos de feijão são ricos, principalmente em potássio (25%-30% do conteúdo total de minerais), fósforo (cerca de 0,4%), ferro (cerca de 0,007%) cálcio, zinco e magnésio (ARAÚJO, 1996).

O destaque deve ser dado ao ferro, cuja quantidade encontrada no feijão é semelhante à da carne bovina, apesar de apresentar menor biodisponibilidade (MOURA; CANNIATTI-BRAZACA, 2006). Como o ferro é essencial à formação da hemoglobina e sua deficiência provoca anemia (MAHAN, 1998), a ingestão diária é importante na prevenção desta doença. O feijão também é considerado boa fonte de cálcio para aquelas pessoas que não podem ingerir alimentos lácteos, que são as principais fontes desse mineral. Os elementos fósforo, magnésio, potássio, cobre e zinco também são essenciais ao fortalecimento dos ossos. O zinco é essencial para o crescimento do corpo, exercendo função regulatória de insulina e sistema imune (MIGLIORANZA et al., 2003).

Os seguintes teores, em g por kg de matéria seca (MS), foram observados em grãos crus de 21 genótipos de feijão (cultivares comerciais e linhagens) na região de Minas Gerais, Brasil: 4,5 a 7,3 g de fósforo, 15,1 a 24,8 g de potássio, 0,3 a 2,8 g de cálcio, 1,8 a 3,4 g de magnésio e 2,8 a 4,7 g de enxofre (MESQUITA et al., 2007). Com relação aos teores de microminerais, os grãos crus de feijão foram constituídos, em maior parte, por ferro (71,5 mg por kg de MS), seguido por zinco (30,0 mg por kg de MS), manganês (18,9 mg por kg de MS), cobre (9,5 mg por kg de MS) e boro (8,3 mg por kg de MS), em uma avaliação de 19 cultivares, em dois locais de cultivo no estado do Rio Grande do Sul (RIBEIRO et al., 2008)

### **2.3 Cultivar Pérola**

Embora ocorram diferenças no tocante à cor dos grãos consumidos no Brasil, a preferência predomina sobre o grão tipo carioca (RAMALHO;

ABREU, 2006). Entre as cultivares com esse tipo de grão, uma das que têm sido mais semeadas pelos produtores é a Pérola.

Classificado no grupo comercial carioca, o grão da cultivar Pérola é de cor bege-claro, com rajas marrom-claras, brilho opaco e peso de 100 sementes de 27 g. A qualidade do grão equipara-se à da cultivar Carioca, especialmente quanto ao tempo de cozimento (30 minutos, em média), conforme análise realizada pela Embrapa Arroz e Feijão. Vale destacar que esta cultivar, comparada às demais cultivares do mesmo grupo, produz grãos maiores, o que lhe confere excelente aspecto visual (EMBRAPA, 2002). Em relação ao mercado, a ‘Pérola’ apresenta grão mais claro, o que lhe proporciona um preço cerca de 10% superior nos principais mercados atacadistas e consumidores. Com irrigação, apresenta produtividade de 3 mil kg por hectare, tendo alguns produtores superado esse patamar. A produtividade média brasileira de feijão irrigado é de 2.300 kg por hectare. Em condições de sequeiro, o feijão ‘Pérola’ chega a 2.400 kg por hectare, produzindo entre 15% e 20% mais que a Cariquinha (EMBRAPA, 2004).

#### **2.4 Armazenamento de feijão**

Até que o feijão alcance o mercado, seu armazenamento por determinado período é inevitável. Colhido e beneficiado, o feijão é ensacado e guardado em depósitos ou armazéns. Dessa forma, e em prazo relativamente curto (quatro meses em média), ocorrem alterações de suas características, por transformações de seus componentes, resultando em grãos que têm elevada resistência à cocção e modificações nas propriedades sensoriais e nutricionais,

tornando-se pouco atrativos ao consumidor (OLIVEIRA, 2011; BRACKMANN et al., 2002).

A manutenção da qualidade do produto durante o armazenamento é influenciada pela constituição genética, por fatores ambientais e pela interação dos genótipos com o ambiente (VIEIRA; YOKOYAMA, 2000). Por isso, as condições de armazenamento são essenciais para preservar a qualidade do feijão.

As condições de temperatura e de umidade relativa do ar durante o armazenamento podem alterar a qualidade para o cozimento (RIBEIRO et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008) e a qualidade nutricional dos grãos de feijão (COELHO et al., 2008). Assim, grãos armazenados em condições de alta temperatura e umidade relativa tornam-se endurecidos e resistentes ao cozimento; os grãos são capazes de absorver água, mas os cotilédones não amaciam durante o cozimento, ocasionando vários prejuízos, como aumento no tempo de cozimento para que o amaciamento ocorra, diminuição do valor nutritivo pela perda de vitaminas, alterações de sabor, perda de consistência do caldo, modificações da cor dos grãos e menor aceitação pelo consumidor (BRAGANTINI, 2005; LIU, 1995; REYES-MORENO; PAREDEZ-LOPES, 1993).

Os problemas de armazenamento de produtos agrícolas constituem objeto de estudo permanente, visando prolongar ao máximo a qualidade dos produtos armazenados. Segundo diversos pesquisadores, o prejuízo anual que a economia das nações em desenvolvimento sofre em consequência das perdas pós-colheita é muito grande (BRAGANTINI, 2005).

Durante a estocagem do feijão ocorre uma deterioração gradual, irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, do produto em si e de sua condição no início do armazenamento.

A manutenção das características dos grãos durante o armazenamento deve receber atenção, para a valorização do produto, garantindo que não haja

perda da qualidade tecnológica. A qualidade dos grãos armazenados deve ser semelhante à dos grãos de colheita recente. No entanto, o feijão é um produto que rapidamente perde o valor comercial após a colheita, sendo a qualidade nutritiva do feijão armazenado por longos períodos menor que a do feijão recém-colhido (VALLE-VEGA et al., 1990). Dessa forma, cuidados no armazenamento devem ser priorizados, quando o intuito é a comercialização valorizada dos grãos.

Durante o período de armazenamento, o feijão passa por modificações fisiológicas e bioquímicas que alteram a sua qualidade, tanto para o uso como semente como para o consumo como alimento.

As alterações mais visíveis durante o armazenamento do feijão são escurecimento da casca e grande resistência ao amaciamento por cocção. Acredita-se que reações complexas sejam desencadeadas no interior dos grãos, durante períodos prolongados de armazenamento. Inúmeras alterações, envolvendo enzimas, membrana, parede celular e materiais de reserva, como amido e proteínas, dão início ao processo de endurecimento conhecido como “hard-to-cook”. Este fenômeno está associado a várias alterações que ocorrem principalmente no cotilédone, causando grande resistência dos grãos ao amaciamento por cocção (LIU, 1995). Neste caso, não é a casca que atua como barreira entre o cotilédone e a água de maceração. Os grãos absorvem água durante o processo de maceração, mas não atingem o grau de maciez adequado, mesmo após um tempo de cocção razoável (CASTELLANOS et al., 1995).

A coloração do tegumento dos grãos pode alterar-se durante o armazenamento e reduzir o valor comercial do feijão (BRACKMANN et al., 2002). O consumidor associa a coloração escura do tegumento ao maior tempo necessário para o cozimento e, assim, o escurecimento do tegumento reduz o valor comercial do feijão (BRACKMANN et al., 2002). Portanto, a cor mais clara do grão (luminosidade -  $L^*$ ) será determinante para a aceitação de uma

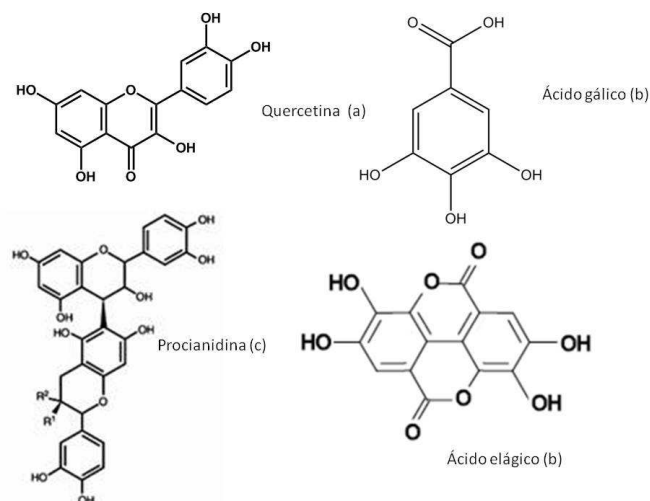
nova cultivar de feijão. Para grãos do tipo carioca, a maior claridade do tegumento dos grãos é associada com grãos recém-colhidos.

## **2.5 Fenóis**

A estrutura comum, característica de todos os compostos fenólicos, é a presença de pelo menos um fenol (um anel aromático que possui pelo menos um grupo hidroxila). Os compostos fenólicos podem ser divididos em duas categorias maiores, chamadas de fenóis simples e polifenóis. Os polifenóis podem ser subdivididos em dois principais grupos, os taninos (polímeros e ácidos fenólicos, catequinas ou epicatequinas) e os flavonoides (flavona, isoflavona, antocianina, chalconas e flavonol, entre outros) (LUTHRIA; PASTOR-CORRALES, 2006).

Os fenóis simples também podem ser classificados em duas categorias, ácidos fenólicos e cumarina. Dentre os polifenóis de maior importância, os taninos merecem destaque (Figura 1). São fenóis de alto peso molecular, variando de 500 a 3.000 Daltons (SHOFIELD et al., 2001). Existem variedades de feijão com concentrações diferentes de taninos, os quais podem afetar a qualidade dos mesmos.





**Figura 1** Exemplos de flavonoide (a), tanino hidrolisável (b) e tanino condensado (c).

Os taninos são importantes, por terem a capacidade de interagir com proteínas e minerais, resultando na queda da biodisponibilidade destes compostos e também contribuem para a coloração mais escura do tegumento (BLAIR et al., 2006). Quando oxidados, os taninos transformam-se em quinonas, as quais formam ligações covalentes com alguns grupos funcionais das proteínas, principalmente os grupos sulfídricos da cisteína e  $\epsilon$ -amino da lisina, formando complexos irreversíveis.

Esses complexos ocorrem nas plantas quando seus tecidos são danificados por auto-oxidação ou oxidação catalisada por enzimas (SIMÕES et al., 2007; SGARBIERI, 1996). Os taninos podem ser classificados em dois grupos que são: 1) taninos hidrolisáveis que, após a hidrólise, produzem carboidratos e ácidos fenólicos e 2) taninos condensados, que são resistentes à hidrólise e são oligômeros dos grupos flavan-3-ol ou flavan 3,4 diol (SALUNKHE; CHAVAN; KDAM, 1990).

Para Udaeta e Lajolo (1997), os compostos fenólicos estão relacionados com o endurecimento dos grãos na pós-colheita, ocorrendo um aumento dos seus níveis e no tempo de cocção, após três e seis meses de armazenamento, nas condições de 30 °C de temperatura e 70% de umidade relativa. Segundo Junk-Knievel et al. (2007), os compostos fenólicos, principalmente taninos, também estão correlacionados com o escurecimento de grãos, quando na presença de oxigênio, fato ocasionado por oxidações enzimáticas ocorridas no tegumento.

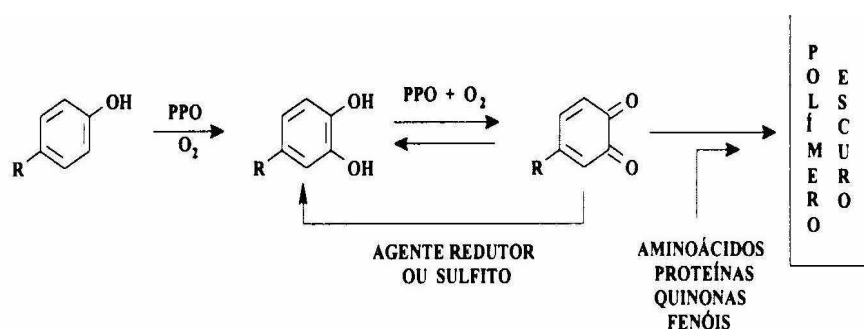
Os polifenóis, encontrados predominantemente no tegumento dos grãos, estão envolvidos com o escurecimento e o endurecimento durante o armazenamento, por meio de dois mecanismos: por sua polimerização na casca (dificulta a penetração da água) ou pela lignificação dos cotilédones (limitando a capacidade de embebição), ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes (ESTEVES et al., 2002).

## 2.6 Enzimas

A oxidação enzimática de compostos fenólicos pela peroxidase e polifenoloxidase resulta, reconhecidamente, no escurecimento de tecidos vegetais (WHITEHEAD; SWARDT, 1982).

A polifenoloxidase (PFO, *o*-difeno: oxigênio oxido-redutase), também conhecida como catecol oxidase, catecolase, difenol oxidase, *o*-difenolase, fenoloxidase, tirosinase ou cresolase, é uma enzima que contém íon  $\text{Cu}^{2+}$  no sítio ativo, catalisa a hidroxilação de monofenóis (atividade de cresolase) e a oxidação de *o*-difeno para a sua correspondente quinona, na presença de oxigênio (atividade de catecolase). As *o*-quinonas formadas são instáveis e, assim, polimerizam-se rapidamente ou reagem com aminoácidos, peptídeos e

proteínas, causando alterações estruturais e funcionais, diminuição do valor nutricional dos alimentos e dando origem a pigmentos escuros (melaninas), conforme reações descritas na Figura 2 (SERRADELL et al., 2000; CONCELÓN et al., 2004).



**Figura 2** Esquema do escurecimento enzimático pela ação da polifenoloxidase  
Fonte Paz (2010)

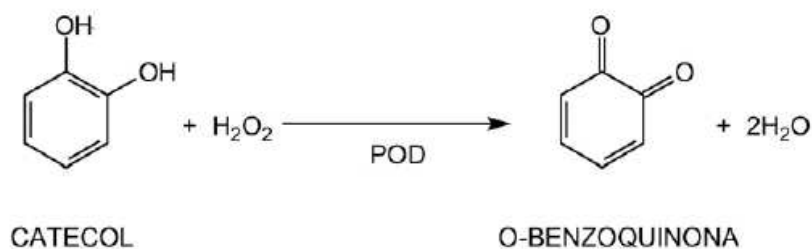
Esta oxidação se dá na presença de oxigênio livre (CABELLO, 2005), escurecendo rapidamente o tegumento de grãos claros de feijão. O escurecimento não resulta somente na formação de uma cor indesejável, mas também pode resultar na perda da qualidade nutricional e proporcionar modificações no sabor (ZORZELLA et al., 2003).

Dentre os fatores mais importantes que determinam a velocidade da reação de escurecimento enzimático de frutas e vegetais, devido à ação da PFO, estão a concentração de PFO ativa e os compostos fenólicos presentes. Em tecidos vivos, o substrato fenólico e a enzima estão separados dentro das células. Com a extração, ou outro tratamento que danifique a célula, a enzima e o substrato entram em contato, permitindo que a reação ocorra rapidamente (DAWLEY; FLURKEY, 1993; ESCRIBANO et al., 1997).

O escurecimento enzimático também pode estar relacionado à ação da peroxidase (POD) (doador peróxido de hidrogênio oxidoredutase; EC 1.11.1.7), que é uma enzima amplamente distribuída no reino vegetal e sua presença foi descrita em grande número de espécies e partes de plantas, incluindo frutos climatéricos e não climatéricos (CIVELLO et al., 1995). A peroxidase encontrada em plantas superiores contém ferro em sua estrutura, na forma de um grupo prostético ferriprotoporfirina III (ONSA et al., 2004).

A peroxidase constitui um grupo de enzimas presente em todos os vegetais superiores estudados (ROBINSON, 1991). É um membro da vasta família das enzimas chamadas de oxirredutases (E.C. 1.11.1.7), que catalisam a oxidação de um grande número de aminas aromáticas e fenóis pelo peróxido de hidrogênio (MOURA, 1998).

A peroxidase tem uma função importante na biossíntese de lignina e também está associada ao mecanismo de resistência de algumas plantas (FENNEMA, 2000). Ela catalisa a reação geral:  $ROOH + AH_2 \rightarrow H_2O + ROH + A$  (Figura 3), sendo que ROOH pode ser HOOH, ou outro peróxido orgânico, como éter peróxido, peróxido de hidrogênio etílico ou peróxido butílico (FOX, 1991).



**Figura 3** Ação da peroxidase sobre compostos fenólicos  
Fonte Chitarra (2002).

Sartori (1982) realizou a medida de coloração dos tegumentos em feijão, pela porcentagem de reflectância relativa. O fato de o escurecimento do tegumento não ter sido verificado na ausência de oxigênio, apesar da temperatura relativamente elevada (25 °C), indica que o escurecimento não é devido a reações químicas do tipo Maillard, mas sim à oxidação enzimática de compostos fenólicos pela polifenoloxidase e a peroxidase.

Segundo alguns autores, estas enzimas também interferem no endurecimento do grão. Varriano-Marston e Jackson (1981) verificaram que feijões envelhecidos apresentavam varias alterações ultraestruturais e perda da integridade da membrana celular, afirmando também que estas alterações poderiam estar associadas com alterações bioquímicas provocadas pela ativação de diversas enzimas, entre elas a polifenoloxidase e a peroxidase.

## **2.7 Absorção de água e tempo de cozimento**

O consumidor brasileiro prefere feijão recém-colhido, que apresenta características culinárias mais satisfatórias, incluindo maiores taxas de hidratação e menor tempo de cozimento, sendo estes fatores importantes que afetam a qualidade de grãos e estão altamente correlacionados (GUEVARA, 1990). Segundo Ibarra-Perez et al. (1996), quanto mais rápida a absorção de água, maior é a capacidade de cozimento dos grãos. Na cocção, a estrutura do grão é modificada, sendo o amido geleificado e as proteínas, desnaturadas.

O tempo de cozimento é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, pois a disponibilidade de tempo para o preparo das refeições é, muitas vezes, restrita (COSTA et al., 2001). Cultivares que apresentam grãos com cozimento rápido proporcionam economia de tempo

e de energia (YOKOYAMA; STONE, 2000). Além disso, períodos prolongados de cozimento causam mudanças estruturais em âmbito celular, provocando perda de nutrientes (WASSIMI et al., 1988).

O amolecimento dos grãos durante o cozimento envolve a dissolução e a desintegração da lamela média, com conseqüente separação das células (VARRIANO-MARSTSON; De OMANA, 1979). A lamela média é considerada uma estrutura composta principalmente de pectatos e pectinas insolúveis, formados pela associação de cátions divalentes, tais como o cálcio e o magnésio, com substâncias pécticas e, possivelmente, com material proteico (BRESSANI et al., 1993).

A temperatura de estocagem é importante na manutenção da maciez do feijão. Contudo, em feijão armazenado com teor de umidade igual ou inferior a 10%, a temperatura e o período de estocagem têm pouca ou nenhuma influência sobre a qualidade do produto (AGUILERA; RIVERA, 1992).

Caldo com baixa viscosidade foi observado quando feijões endurecidos foram cozidos domesticamente para consumo, o que estaria ligado à hipótese que explica o fenômeno de endurecimento pela interação de carboidratos, particularmente substâncias pécticas da lamela média, com cátions divalentes, fortalecendo ligações cruzadas entre células dos cotilédones e impedindo a sua separação durante o cozimento (STEEL et al., 1995).

Quanto ao tegumento, embora consista em menos de 1% do volume total do grão, ele é composto por materiais tais como celulose, hemicelulose e lignina, que influenciam a textura do feijão e a absorção de água (STANLEY; AGUILERA, 1985).

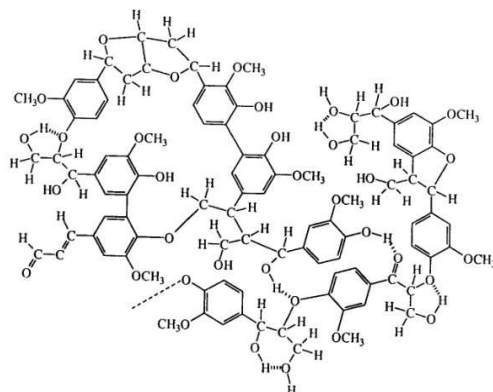
Moscoso et al. (1984) demonstraram que o conteúdo de ácido fítico dos feijões submetidos à imersão correlacionou-se bem com as velocidades de amaciamento dos feijões ( $r=0,96$ ), com as velocidades de dissolução de substâncias pécticas nos tegumentos ( $r=0,95$ ) e nos cotilédones ( $r=0,92$ ).

Durante o cozimento de grãos inteiros de feijão, as tensões mecânicas oriundas do processo de gelatinização do amido, a desnaturação das proteínas, o aumento de volume e a conservação de calor facilitam ainda mais a separação das células (ROCKLAND; JONES, 1974). Segundo Hinks e Stanley (1987), o processo de endurecimento envolve um mecanismo múltiplo, sendo o metabolismo do fenol um contribuinte de importância primordial no armazenamento por períodos prolongados.

## **2.8 Lignina**

A lignina é uma substância orgânica de natureza química complexa, derivada do fenilpropano (Figura 4). É impermeável à água, muito resistente à pressão e pouco elástica. Depois da celulose, é o polímero vegetal mais abundante. A lignina deposita-se na parede celular, partindo da lamela média, onde é encontrada em maior quantidade (60% a 90%). A porcentagem decresce bastante quando se passa da parede primária para a secundária. É a lignina que dá às células vegetais grandes resistência à pressão e à tração (MODESTO; SIQUEIRA, 1981).

A teoria da lignificação em grãos de feijão relaciona o desenvolvimento do endurecimento com a polimerização dos compostos fenólicos (provenientes principalmente das cascas que são ricas nesta substância), medida pela polifenoloxidase e pela formação de ligações cruzadas entre os compostos fenólicos e as proteínas da parede das células dos cotilédones (VARRIANO-MARSTON; JACKSON, 1981).



**Figura 4** Estrutura química da lignina.

Stanley e Aguilera (1985) associaram a formação de ligações cruzadas entre proteínas e fenólicos como sendo um processo precursor da lignificação. Ambos os casos levariam à redução da hidratação dos grãos, devido à impermeabilização das cascas e da lamela média. Varriano-Marstson e Jackson (1981) acreditam que a lignificação ocorra por meio da ação da peroxidase e que o estágio inicial de lignificação pode ser a formação de ligações cruzadas entre as proteínas ricas em hidroxiprolina e os componentes da lamela média. Considerando que esta enzima encontra-se envolvida com a reação de polimerização dos compostos fenólicos, o aumento de sua atividade poderia estar envolvido com o processo de lignificação da lamela média e da parede celular.

## 2.9 Armazenamento em atmosfera modificada

Em virtude da grande produção nacional de feijão, surge o problema de armazenar os grãos de modo a balancear a oferta e a procura, no intuito de



estabilizar os preços, reduzindo as perdas qualitativas. Como parte considerável desta produção é perdida entre o campo e o consumidor final, é necessário submetê-la a procedimentos pós-colheita que reduzam as perdas qualitativas e quantitativas. O armazenamento em atmosfera modificada é um dos procedimentos de destaque nos estudos recentes com feijão.

A modificação da atmosfera é uma técnica de conservação utilizada para estender a vida pós-colheita e manter a qualidade de produtos vegetais (KADER, 2002), com o objetivo de criar uma atmosfera de equilíbrio ótima, suficiente para ser benéfica ao produto e não causar injúrias (ZAGORY, 1998).

O armazenamento em embalagens consiste no acondicionamento do produto em uma embalagem selada e semipermeável a gases, a fim de reduzir a concentração de oxigênio e aumentar a de dióxido de carbono. O objetivo é criar concentração de gases no interior da embalagem, na qual a atividade respiratória do produto seja mínima e o produto não sofra injúrias devido aos níveis de oxigênio e dióxido de carbono (KADER, 2002).

A escolha correta da embalagem, associada a um armazenamento sob condições favoráveis, minimiza perdas qualitativas e quantitativas, além de permitir maior flexibilidade na comercialização do produto (CARVALHO; PINHO, 1999). Os materiais utilizados, além de protegerem os produtos contra danos, devem isolá-los de condições ambientais adversas, como temperatura, umidade e acúmulo de gases, entre outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De maneira geral, os filmes plásticos são os mais utilizados e devem apresentar resistência mecânica à perfuração e à tensão, e características que permitam sua selagem térmica e facilidade de colocação de logomarcas impressas (ZAGORY, 2000).

O polietileno é o plástico mais popular do mundo. Com ele são feitos sacos e sacolas, garrafas, utensílios domésticos e brinquedos, entre outros. Pode ser utilizado em contato direto com alimentos, apresenta boa resistência química,

é termosselável e provê excelente barreira à umidade (VAN WILLIGE, 2002). A utilização da embalagem de polietileno associada ao processo a vácuo pode prolongar a qualidade do feijão, devido à pequena quantidade de oxigênio disponível no seu interior, o que reduz a atividade de enzimas oxidativas, que são grandes responsáveis pelo escurecimento e o endurecimento do feijão.

Para Rosset (1978), o processo a vácuo tem o objetivo de manter um volume mínimo de ar dentro da embalagem durante o armazenamento. A redução do fornecimento de O<sub>2</sub> reduz a taxa de respiração e o metabolismo do produto, minimizando as alterações que ocorrem durante o armazenamento.

**REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, M. E. M. de. **Estudo de interações entre o emprego de compostos químicos com o tratamento térmico no controle da atividade enzimática da polifenoloxidase em frutas e hortaliças**. 1991, 112 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

AGUILERA, J.M.; RIVERA, R. Hard-to-cook defect in black beans: hardening rates, water inhibition and multiple mechanism hypothesis. **Food Research International**, Essex, v. 25, p. 101-108, 1992.

ARAÚJO, R. S. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. 786 p.

BADIALE, E. **Varição de metionina em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados**. 1979. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1979.

BAUDET, L. M. L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTAL, M.D.; ROTA, G.R. (ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Universitária – UFPel, p. 370-418, 2003.

BLAIR, M. W.; IRIARTE, G.; BEGBE, S. QTL analysis of yield traits in na advanced backcross population derived from a cultivated Andean x wild commonbean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v. 112, n. 6, p. 1149-1163, 2006.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. 478p.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; RIBEIRO, N. D.; FREITAS, S. T. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo

carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 32, p. 911-915, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010384782002000600001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782002000600001&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 26 fev. 2012.

BRAGANTINI, Cláudio. **Aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.

BRAGANTINI, C. Produção de Sementes. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: PATAFOS, 1996. p. 639 - 667.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Review International**, New York, v. 9, n. 02, p. 237-297, 1993.

BROUGHTON, W. J. et al. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil. The Hague**, v. 252, p. 55-128, 2003.

CABELLO, C. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de Yacon. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 02: 202-207, abr/jun. 2005.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CASTELLANOS, J. Z. et al. Effects of hardshell character on cooking time of common beans grown in the semiarid highlands of Mexico. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 69: 437-443, 1995.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 113 p.

CIVELLO, P. M.; MARTÍNEZ, G. A.; CHAVES, A. R.; AÑÓN, M. C. Peroxidase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.): partial purification

and determination of some properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, n. 10, p. 2596-2601, 1995.

COELHO, C. M. M. et al. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1080-1086, 2008.

COELHO, R. G. Considerações sobre as proteínas do feijão. **Revista de Nutrição da PUCCAMP**, Campinas, v. 4, n. 1/2, p. 122-145, 1991.

CONCELLÓN, A.; AÑÓN, M. C.; CHAVES, A. R. Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit (*Solanum melongena* L.) during storage at low temperature. **Food Chemistry**, v. 88, p. 17-24, 2004.

COSTA, G. R. RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. de B. A variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 1017-1021, jul./ago. 2001.

DALLA CORTE, A. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 4725: 193-202, 2003.

DAWLEY, R. M.; FLURKEY, W. H. 4-Hexylresorcinol, a potent inhibitor of mushroom tyrosinase. **Journal Food Science**, v. 58, p. 609-610, 1993.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Produção de grão no Brasil. 2002 Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Feijão pérola é o mais resistente e tem alta produtividade. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Sistema de produção: cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais. 2005. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/>>. Acesso em: 20 out. 2012.

ESCRIBANO, J. et al. Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 4209-4214, 1997.

ESTEVES, A. M. et al. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 999-1005, set./out., 2002.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**, 2.ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1258 p.

FIESP; ÍCONE. **Outlook Brasil 2022 – projeções para o agronegócio**, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais. São Paulo, 2012, 132p.

FOX, P. F. **Food enzymology**, London/New York,: Elsevier Applied Science, v. 2, 378 p., 1991.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, Clearwater, v. 13, n. 6, p. 549-558, 1994.

GUEVARA, L. L. V. **Avaliação sensorial e inativação de lipoxigenase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados em condições ambientais**, Lavras, 1990. 132p. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1990.

HAMINIUK, C. W. I. et al. Efeito de pré-tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã Fuji e Gala após o congelamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1029-1033, set/out. 2005.

HINCKS, M. J.; STANLEY, D. W. Lignification: Evidence for a role in hard-to-cook beans. **Journal of Food Biochemistry**. Westport, v. 11, p. 41-58, 1987.

HUSSAIN, A.; WATTS, B. M.; BUSHUK, W. Hard-to-cook phenomenon in beans: changes in protein electrophoretic patterns. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 5, p. 1367-1380, set. 1989.

IBARRA-PERÉZ, F. J.; CASTILHO, R.; CUELLAR, E. I. Treshing effect on cooking time in comercial beans cultivars from semiarid highlands of Mexico. **Bean Improvement Cooperative**, v. 39, p. 264-265, 1996.

JUNK-KNIEVEL, D. C.; VANDENBERG, A.; BETT, K. E. An accelerated post-harvest seedcoat darkening protocol for pinto beans (*Phaseolus Vulgaris* L.) grown across different environments. **Crop Science**, v. 47, p. 692-700, 2007.

LIU, K. Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard-too-cook defect in legume seeds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 35, n. 4, p. 263-298, 1995.

LIU, K. et al. Hard-to-cook defect in cowpeas: storage-induced and treatment-induced development. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5, p. 1155-1160, 1992.

LUTHRIA, D. L.; PASTOR-CORRALES, M. A. Phenolic acid profiles of beans commonly consumed in the United States. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, v. 49, p. 6-8, 2006.

MAHAN, L. K. **Krause**: alimentos, nutrição e dietoterapia. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 1179 p.

MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R., The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 195-200, 1995.

McEVILY, A. J.; IYENGAR, R.; OTWELL, W. S. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32, p. 253-273, 1992.

MESQUITA, F. R. et al. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MIGLIORANZA, E. et al. Teor de cálcio em frutos de diferentes cultivares de feijão-vagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 158-161, 2003.

MODESTO, Z. M. M.; SIQUEIRA, N. J. B. **Botânica**. São Paulo: EPU, 1981.

MOSCOSO, W.; BOURNE, M. C.; HOOD, L. F. Relationships between the hard-to-cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid, and minerals. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, p. 1577-1583, 1984.

MOURA, N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em comparação com a carne bovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 270-276, abr./jun. 2006.

MOURA, A. C. de C.; ABREU, C. M. P. de; SANTOS, C. D. DOS; CORRÊA, A. D. Influência da exposição ao sol, dos tipos de secagem e do armazenamento, na atividade de peroxidase e polifenoloxidase e fenólicos totais em duas cultivares e uma linhagem de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 345-352, 1998.



OLIVEIRA, V.R. et al. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, mai, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01038478201100050002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01038478201100050002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 05 fev. 2012.

ONSA, G. H. et al. Purification and characterization of membrane-bound peroxidases from Metroxylon sagu. **Food Chemistry**, v. 85, p. 365–376, 2004.

PAZ, J. C. S. N. **Caracterização bioquímica da polifenoloxidase e da peroxidase de ameixa Rubimel, polpa de cacau e estudo do efeito de agentes anti-escurecimento**. 2010, 85 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: Agiplan, 1985. 289 p.

REYES-MORENO, C.; PAREDES-LOPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans - A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 33, 227–286, 1993.

RIBEIRO, N. D. et al. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1393-1399, 2007.

RIBEIRO, N. D.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 936-941, 2008.

RIOS, A. O. et al. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 550-558, 2002.

ROCKLAND, L. B.; JONES, F. T. Scanning electron microscope studies on dry beans. Effects of cooking on the cellular structures of cotyledons in rehydrated large lima beans. **Journal of Food Science**, v. 39, p. 342, 1974.

ROBINSON, D. S. Peroxidases and catalases in foods. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic, 1991, 314 p.

SALUNKHE, D. K., CHAVAN, J. K., KADAM, S. S. **Dietary tannins: consequences and remedies**. Boca Raton : CRC Press, 1990, 200 p.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SARTORI, M.R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) stored under nitrogen**. 1982. Thesis (Ph.D.)-Kansas State University, Manhattan, 1982.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, p. 21-40, 2001.

SERRADELL, M.A. et al. Polyphenoloxidase activity from strawberry fruit (*Fragaria ananassa*, Duch., cv Selva): characterization and partial purification. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 80, p. 1421-1427, 2000.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996.

SIMÕES, C. A. M. et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2007. 1102 p.

STANLEY, D. W.; AGUILERA, J. M. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes - the influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, v. 9, p. 277-290, 1985.

STEEL, C. J.; SGARBIERI, V. C.; JACKIX, M. H. Use of extrusion technology to overcome underisable properties of hard-to-cook dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Jounar of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 43, p. 2487-2492, 1995.

UDAETA, J. E. M.; LAJOLO, F. M. Compostos fenólicos e sua relação com o endurecimento de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes condições de armazenamento. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 1997, Campinas. **Anais**, Campinas: FEA/ Unicamp, 1997.

VALLE-VEGA, P. Effects Del anvejecimiento aceleradosobrefactores antinutricionais em frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Santa Maria, v. 10, p. 1, 1990.

VARRIANO-MARSTON, E.; JACKSON, G. M. Hard-to-cook phenomenon in beans: structural changes during storage inhibition. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, p. 1379-1385, 1981.

VARRIANO-MARSTON, E.; OMANA D. E. Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, v. 44, p. 531-536, 1979.

VIEIRA, E. H. N; YOKOYAMA, M. Colheita, processamento e armazenamento. In: Vieira E. H. N.; RAVA, C. A. **Sementes de feijão – Produção e tecnologia**, Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

WARHAM, E. Comparison of packaging materials for seed with particular reference to humid tropical environments. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 14, n. 1, p. 191-211, 1986.

WASSIMI, N.N. et al. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 3, p. 452-458, 1988.

WHITEHEAD, C. S.; SWARDT, G. H. Extraction and activ of polyphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea nerifolia*. **South African Journal of Botany**, v. 1, p. 127-130, 1982.

YOKOYAMA L. P.; STONE, L. F. Aspectos conjunturais da cultura. *In*: YOKOYAMA L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil**, Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 9-30,

ZORZELLA, C. A. et al. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processadas na forma de chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 1, p. 15-24, 2003.

## CAPÍTULO II - EMBALAGEM A VÁCUO: EFEITO NO ESCURECIMENTO DO FEIJÃO DURANTE O ARMAZENAMENTO

### RESUMO

A influência do uso de embalagem a vácuo no controle do escurecimento do tegumento foi avaliada em feijões da cv. Pérola. Os grãos foram submetidos a embalagens de polietileno de baixa densidade, sendo: 1) espessura de 80  $\mu\text{m}$  (2.121  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 4.872  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 16.394  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selada a vácuo; 2) espessura de 80  $\mu\text{m}$ , selada sem vácuo e 3) espessura de 20  $\mu\text{m}$  (936  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 8.325  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 25.649  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selada sem vácuo, armazenadas por oito meses, em condição ambiente (20 $\pm$ 5,26  $^{\circ}\text{C}$  e 55,2 $\pm$ 16,8% UR). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 3x5, envolvendo três tipos de embalagens e cinco tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses). As análises foram realizadas no primeiro dia de armazenamento e em intervalos de dois meses até o oitavo mês. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar os tratamentos dentro de cada tempo. Os modelos de regressão polinomiais, utilizados para tempo de armazenamento, foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação. Os grãos embalados em sacos de polietileno selados a vácuo apresentaram menor queda escurecimento. As amostras da embalagem selada a vácuo apresentaram atividade da peroxidase e da polifenoloxidase inferior à dos grãos da embalagem comercial. Os teores de fenólicos totais e umidade do grão não apresentaram diferença significativa. O uso da embalagem selada a vácuo foi eficiente em retardar o escurecimento do tegumento e a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase da cultivar Pérola, durante o armazenamento por oito meses, em condição ambiente.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Cor. Peroxidase. Polifenoloxidase. Atmosfera modificada.

## ABSTRACT

The influence of using vacuum packaging to control browning of the seed coat was evaluated in beans cv. Perola. The grains were subjected to packaging low density polyethylene: 1) thickness of 80 $\mu$ m (permeation area of 2121cm<sup>2</sup>, 4872 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> rate of oxygen permeability, 16394cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> permeability rate of carbon dioxide) vacuum sealed, and 2) the thickness of 80 $\mu$ m sealed without vacuum, and 3) the thickness of 20 $\mu$ m (permeation area of 936cm<sup>2</sup>, 8325 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> rate of oxygen permeability, 25649cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> permeability rate carbon dioxide) sealed without vacuum, stored for eight months at ambient conditions (20°C  $\pm$  5,26°C e 55,2%  $\pm$  16,8% UR). The experimental design was completely randomized in a factorial design (3x5) using three types of packages and five storage times, involving three types of packaging and storage five times (0, 2, 4, 6 and 8 months). Analyses were performed on the first day of storage, and at intervals of two months until the eighth month. The Tukey test at 5% probability was used to compare treatments within each time. The polynomial regression models, used for storage time, were selected based on the significance of the F test for each model tested and the coefficient of determination. The beans packed in polyethylene bags sealed vacuum had lower browning. The samples will vacuum sealed package showed peroxidase activity and polyphenoloxidase below the grain of commercial packaging. The total phenolic content was not significantly different. The use of vacuum sealed package will was effective in slowing the increase in darkening of the tegument, the activity of the enzymes polyphenoloxidase and peroxidase of bean cv. Perola during storage for eight months at ambient condition.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Color. Peroxidase. Polyphenoloxidase. Modified atmosphere.

## INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um excelente alimento, do ponto de vista nutricional, pois fornece nutrientes essenciais, como proteínas, ferro, cálcio, vitaminas, carboidratos e fibras (MESQUITA et al., 2007). É cultivado em quase todos os países e assume enorme importância devido ao seu baixo custo e por ser um alimento de boa qualidade nutricional (OLIVEIRA et al., 2011). Apresenta ampla diversidade nos tipos de grãos, especialmente no que se refere à forma, ao tamanho e às cores dos grãos. No mercado brasileiro, esta diversidade é bem evidente. Contudo, a preferência é predominante sobre o grão tipo carioca (SILVA et al., 2012).

Em feijões que têm tegumento de coloração clara, como os do tipo carioca, ocorre o escurecimento dos grãos durante o armazenamento (RIBEIRO et al., 2007). Este fenômeno causa perda considerável no valor comercial do feijão, devido à associação, feita pelos consumidores, do tegumento escuro com o endurecimento, que resulta no aumento no tempo de cozimento (MARTÍN-CABREJAS, et al., 1997).

Assim que o feijão é colhido, inicia-se o processo de escurecimento enzimático do tegumento, com conseqüente endurecimento do grão. Isto ocorre devido à oxidação de compostos fenólicos pelas enzimas peroxidase (PER) e polifenoloxidase (PFO), resultando na formação de pigmentos escuros nos grãos (WHITEHEAD & SWARDT, 1982). Esse processo é gradativo, acumulativo e irreversível. O armazenamento em condição ambiente aumenta o escurecimento do tegumento, que é intensificado por alta umidade, alta temperatura e período de armazenamento (IADEROZA et al., 1989). Feijões armazenados em atmosfera com altos níveis de dióxido de carbono e oxigênio têm o

escurecimento do tegumento acelerado (BRACKMANN et al., 2002). Grãos escuros e endurecidos necessitam de maior tempo para cozimento e apresentam mudanças negativas na textura, no sabor e no valor nutricional (COSTA et al., 2001).

Visando à preservação da qualidade do produto, na comercialização de feijões para consumo, é comum a utilização de embalagens plásticas. Uma propriedade importante das embalagens é a criação de uma barreira física entre o produto e o ambiente, diminuindo a troca de gases entre o dois ambientes. Este fato possibilita a redução da atividade de enzimas que necessitam de oxigênio para realizar a oxidação do substrato e, conseqüentemente, pode diminuir o escurecimento do tegumento dos grãos. A utilização da embalagem a vácuo pode ser considerada alternativa eficiente para o armazenamento de feijões, por reduzir a níveis muito baixos a disponibilidade de oxigênio no interior da embalagem e a troca gasosa entre o produto e o ambiente (AGUIRRE; PESKE, 1991).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência do uso de embalagem a vácuo no escurecimento de grãos de feijão tipo carioca cv. Pérola e a atividade das enzimas PER e PFO, durante o armazenamento por um período de oito meses, em condição ambiente.



## MATERIAL E MÉTODOS

Feijões da cv. Pérola, provenientes de Ijaci, MG (latitude: 21° 10' 12" e longitude: 44° 55' 31"), foram colhidos (abril de 2010) e secos em terreiro cimentado, até atingirem a umidade de 12%, em média. O material foi, então, encaminhado ao Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal de Lavras para a composição dos tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 5, composto por três embalagens e cinco períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses), com 4 repetições. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar os tratamentos dentro de cada tempo. Os modelos de regressão polinomiais, utilizados para tempo de armazenamento, foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação.

Os grãos foram selecionados de acordo com a uniformidade de tamanho e de cor e ausência de injúrias para a composição dos tratamentos. Foram utilizadas embalagens de polietileno de baixa densidade, contendo 1 kg de feijão, da seguinte forma: 1) saco de polietileno com espessura de 80  $\mu\text{m}$  (2.121  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 4.872  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 16.394  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selado a vácuo; 2) saco de polietileno com espessura de 80  $\mu\text{m}$ , selado sem vácuo e 3) saco de polietileno com espessura de 20  $\mu\text{m}$  (936  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 8.325  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 25.649  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selado sem vácuo. As embalagens foram seladas a vácuo ou não, em seladora TecMaq (seladora a vácuo), modelo AP450, no Laboratório de Pós-Colheita, no

Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e armazenadas, por oito meses, em condição ambiente ( $20 \pm 5,26$  °C e  $55,2 \pm 16,8\%$  UR), no Laboratório de Bioquímica da UFLA, na presença de luz natural.

As análises foram realizadas no primeiro dia de armazenamento (tempo 0) e em intervalos de dois meses, até o oitavo mês de armazenamento. Para a determinação da umidade do grão durante o armazenamento utilizou-se estufa, a  $105$  °C, até os grãos obterem peso constante (AOAC, 1992). A análise da cor do tegumento foi realizada com colorímetro Minolta CR-310. Os dados foram coletados pelo valor do eixo  $L^*$ , que indica a luminosidade do grão, identificando um possível escurecimento (McGUIRE, 1992). O colorímetro foi calibrado com placa de cerâmica branca, com valor de  $L^* = 97,47$ , tendo sido realizadas 10 medições nas amostras de cada repetição.

Para o ensaio enzimático da PER e PFO, as amostras foram trituradas em moinho refrigerado (30 segundos), formando uma farinha. A extração enzimática foi a mesma para ambas as enzimas, sendo realizada com 2 g da farinha homogeneizada em liquidificador (30 segundos) com tampão fosfato  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  (pH 7,0) contendo polivinilpirrolidona (PVP) insolúvel; após filtrado e centrifugado (15.000 g, por 15 minutos, a  $4$  °C), o sobrenadante foi utilizado para o ensaio enzimático (ZAUBERMAN et al., 1991). A atividade da PER foi determinada segundo Khan e Robinson (1994). Os meios de reação foram guaiacol 1% ( $\text{v v}^{-1}$ ),  $\text{H}_2\text{O}_2$  0,3% ( $\text{v v}^{-1}$ ), extrato enzimático e tampão fosfato de sódio (pH 7,0). A reação foi acompanhada, durante 2 minutos (leituras em intervalo de 2 segundos, a  $30$  °C), em espectrofotômetro (Espectro Vision). A atividade foi expressa em unidade (atividade capaz de alterar 0,001 de absorbância a 470 nm) por minuto por grama de farinha ( $\text{U g}^{-1}$ ) e calculada utilizando-se dados relativos à porção linear do gráfico absorbância x tempo. Na determinação da atividade da PFO, foram utilizados catecol e extrato enzimático

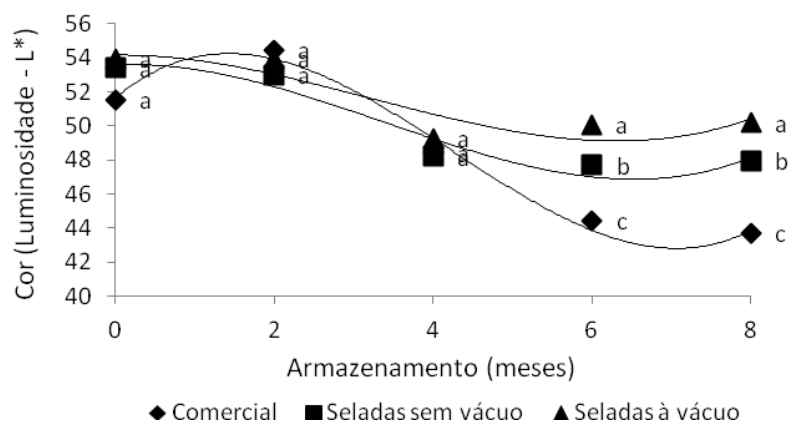
como meio de reação, durante 5 minutos (ZAUBERMAN et al., 1991), com leituras efetuadas em intervalo de 2 segundos, a 30 °C, em espectrofotômetro. A atividade foi expressa na mesma unidade da PER.

A extração dos compostos fenólicos totais foi realizada segundo método descrito por Swain & Hillis (1959) e a dosagem da amostra, de acordo com método de Follin-Denis (AOAC, 1992). Os resultados foram expressos em mg de ácido tânico 100 g<sup>-1</sup> de amostra.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve variação significativa na umidade dos grãos durante o período de armazenamento (Tabela 1A-Apêndice), em nenhum tipo de embalagem ( $12,2\pm 1,0\%$ ). Esses dados reforçam a hipótese de que as embalagens são eficientes para formar uma barreira entre os grãos e o meio ambiente exterior, minimizando trocas gasosas.

Houve interação significativa entre as embalagens e os tempos analisados para luminosidade (Tabela 1A-Apêndice), ocorrendo um decréscimo ao longo do período avaliado (Figura 1).



$$y_{\text{seladas sem vácuo}} = 0,0535x^3 - 0,5425x^2 + 0,2311x + 53,579 \quad R^2 = 93,6\%$$

$$y_{\text{seladas a vácuo}} = 0,0418x^3 - 0,401x^2 + 0,067x + 54,164 \quad R^2 = 81,4\%$$

$$y_{\text{comercial}} = 0,1282x^3 - 1,633x^2 + 3,8814x + 51,669 \quad R^2 = 98,3\%$$

**Figura 1** Valores de luminosidade (eixo de cor L\*) de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de

armazenamento em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

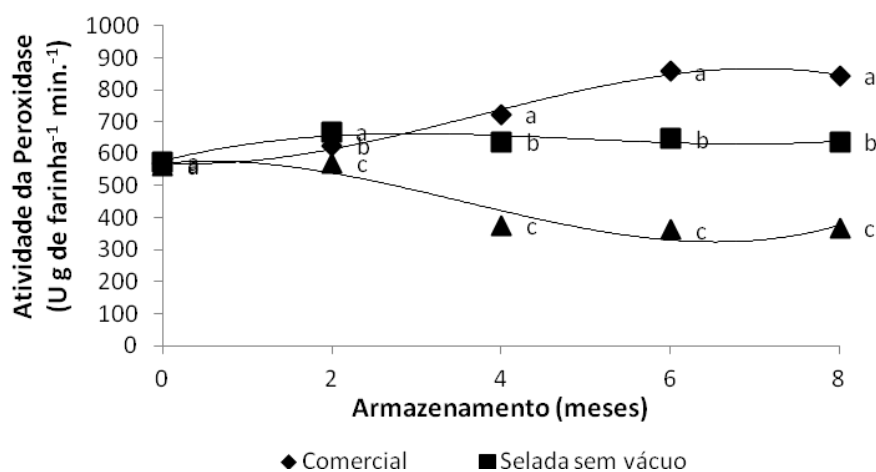
Os grãos embalados e selados a vácuo apresentaram menor queda escurecimento, no decorrer do armazenamento (6,9%), quando comparado aos outros tratamentos (10,2% sem vácuo e 15,2% embalagem comercial). A luminosidade é um parâmetro importante da cor, pois, quanto menor seu valor, mais escuro e, conseqüentemente, mais endurecido o grão. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira et al. (2011) que, estudando a mesma cultivar, verificaram queda na luminosidade (12%), após armazenamento refrigerado por seis meses sem embalagem, resultado superior ao do presente trabalho, indicando que a embalagem selada a vácuo retarda o escurecimento do grão.

Segundo Brackmann et al. (2002), o armazenamento em minissilos (5 L), por nove meses, em ar ambiente, resultou em maior escurecimento dos feijões (cv. Pérola) do que o armazenamento em atmosfera controlada (fluxo contínuo de N<sub>2</sub> de 1,1L h<sup>-1</sup>). O valor da luminosidade foi de 51,7 (amostras mantidas em atmosfera controlada), ao final do período de armazenamento (nove meses), valor próximo ao encontrado neste trabalho, nos grãos embalados e selados a vácuo (50,19), durante oito meses de armazenamento. Provavelmente, a presença de oxigênio acelera as oxidações enzimáticas e, assim, o escurecimento do tegumento de feijões (IADEROZA et al., 1989).

Houve interação significativa entre a embalagem e o tempo de armazenamento para a atividade da PER (Tabela 1A-Apêndice). No primeiro dia de armazenamento, pode-se observar alta atividade da PER (Figura 2), indicando que o escurecimento dos grãos é um processo iniciado desde a colheita e que aumenta durante o armazenamento.

A atividade da PER nos grãos mantidos em embalagem comercial (843,6 U g de farinha<sup>-1</sup> min.<sup>-1</sup>) foi superior à dos outros tratamentos. Os grãos

embalados a vácuo apresentaram menor atividade ( $368,6 \text{ U g de farinha}^{-1} \text{ min.}^{-1}$ ). A queda na atividade da PER nos grãos mantidos em embalagem a vácuo pode ser explicada pela baixa disponibilidade de oxigênio, impedindo, dessa forma, a oxidação dos fenólicos. Moura (1998) identificou um aumento na atividade da PER durante o armazenamento de feijões carioca.



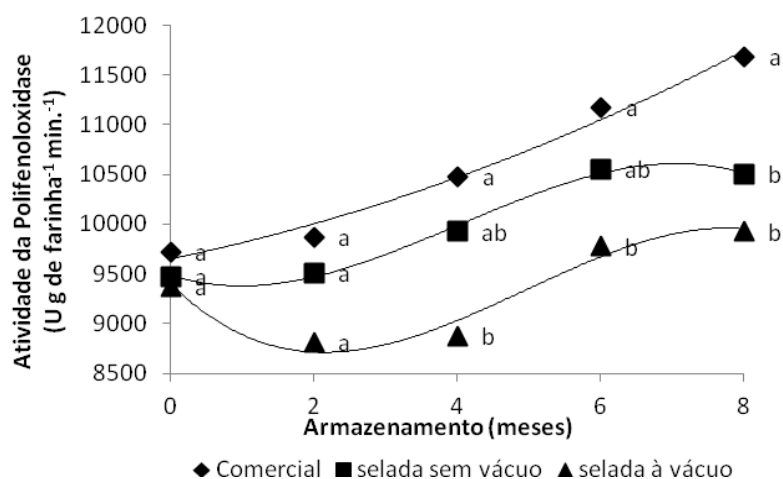
$$y_{\text{comercial}} = -2,0016x^3 + 22,188x^2 - 15,106x + 571,8 \quad R^2 = 99,3\%$$

$$y_{\text{seladas sem vácuo}} = 1,0932x^3 - 16,157x^2 + 67,072x + 577,5 \quad R^2 = 85,1\%$$

$$y_{\text{seladas a vácuo}} = 2,3578x^3 - 25,116x^2 + 25,885x + 569,57 \quad R^2 = 90,9\%$$

**Figura 2** Atividade da peroxidase de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A PFO já apresentava atividade antes do início do armazenamento (Figura 3). Houve interação significativa entre embalagem e tempo de armazenamento (Tabela 1A-Apêndice).



$$y_{\text{comercial}} = 14,268x^2 + 147,41x + 9651,3 \quad R^2 = 98,5\%$$

$$y_{\text{seladas a vácuo}} = -14,229x^3 + 211,07x^2 - 709,15x + 9401 \quad R^2 = 95,4\%$$

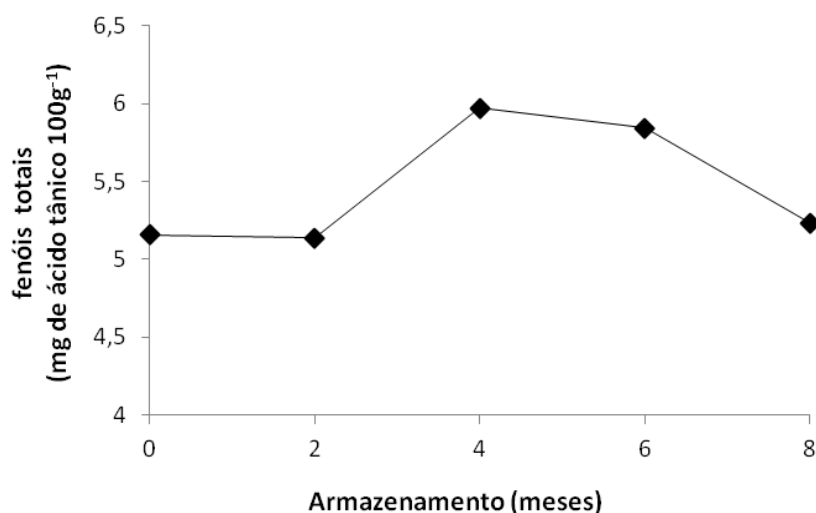
$$y_{\text{seladas sem vácuo}} = -10,969x^3 + 132,32x^2 - 228,45x + 9485,3 \quad R^2 = 99,3\%$$

**Figura 3** Atividade da polifenoloxidase de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em grãos embalados a vácuo, a atividade da PFO diminuiu até o quarto mês de armazenamento, devido à baixa disponibilidade de oxigênio, mas o mesmo não ocorreu com os outros tratamentos. A embalagem comercial apresentou maior aumento da atividade durante todo o armazenamento, sendo esta atividade mais elevada em relação aos outros tratamentos. Este fato ocorreu devido à menor espessura desta embalagem, o que pode ter facilitado maior difusão de oxigênio do ambiente para dentro da embalagem. O feijão tipo carioca apresentou elevada atividade da PER e PFO, logo após a colheita (Figuras 2 e 3), fato que, somado aos altos teores de compostos fenólicos (Figura 4), justifica o escurecimento do grão ao longo do armazenamento, causando

perda de qualidade. Esteves et al. (2002) encontraram valores semelhantes para a atividade de ambas as enzimas no feijão carioca após a colheita (PFO 8.800 U .g farinha<sup>-1</sup>.min.<sup>-1</sup> e PER 520 U.g farinha<sup>-1</sup>.min.<sup>-1</sup>). Rios et al. (2002) relataram o escurecimento do tegumento dos grãos de feijão após seis meses de armazenamento e que a cor mais escura do tegumento pode ser consequência do aumento da atividade da enzima PFO, associada à atividade da enzima PER.

O teor de compostos fenólicos totais não apresentou diferença significativa para as diferentes embalagens utilizadas durante o armazenamento (Tabela 1A-Apêndice). Pode ser observado, na Figura 4, que os valores se mantiveram constantes ( $5,47 \pm 0,41$  mg de ácido tânico 100 g<sup>-1</sup> de amostra).



**Figura 4** Teor de fenólicos totais de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Média das três embalagens.

Este fato pode ser esclarecido pela técnica de extração utilizada para a detecção de fenólicos totais, sem distinção entre monoméricos e poliméricos, o



que pode justificar os valores permanecerem constantes durante o armazenamento. Estes dados são diferentes dos encontrados por Rios et al. (2002), que identificaram um aumento no teor de compostos fenólicos totais durante o armazenamento de feijão carioca por oito meses, em condição ambiente. Moura (1998) observou uma variação nos teores de fenólicos totais durante o armazenamento de feijão carioca por 8 meses, em condição ambiente. Há, no entanto, uma divergência quanto ao fato de fenóis totais aumentarem ou diminuírem com o armazenamento dos grãos.

Em alguns estudos, foi demonstrado que um aumento nos fenóis está associado com o envelhecimento dos grãos (GESTO; VAZQUEZ, 1976), mas em outros tem sido mostrado que o teor de fenóis totais tende a diminuir com o armazenamento (HINCKS; STANLEY, 1986; MARTIN-CABREJAS et al., 1997). As diferenças de procedimentos de extração e o tempo de armazenamento foram, provavelmente, a causa dessa divergência. Novos estudos deverão ser realizados para a extração dos compostos fenólicos nos diferentes pesos moleculares.

## **CONCLUSÃO**

A utilização da embalagem de polietileno (80  $\mu\text{m}$  de espessura) selada a vácuo foi eficiente em diminuir a atividade das enzimas PER e PFO, retardando o escurecimento da cultivar Pérola, grupo comercial carioca, durante o armazenamento por oito meses, em condição ambiente.

**REFERÊNCIAS**

AGUIRRE, R.; PESKE, S.T. Required bean seed moisture content for hermetic storage. **Seed Science and Technology**, v. 19, p. 117-122, 1991.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association on Analytical Chemistry**, 12. ed., 1992.

BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 911-915, 2002. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01038478200200060001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01038478200200060001&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 26 fev. 2012.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. de B. Variabilidade para a absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFPA. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 1017-1021, 2001.

ESTEVES, A.M. et al. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 999-1005, set./out., 2002.

GESTO, M.D.V.; A. VAZQUEZ. The effects of ageing and soaking on the phenolic content and germination of *Phaseolus* seeds. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, v. 35, p. 1067-1078, 1976.

HINCKS, M. J. & STANLEY, D. W. Multiple mechanism of bean hardening. **Journal of Food Technology**, v. 21, p. 731-50, 1986.

IADEROZA, M. et al. Atividade de polifenoloxidase e alterações da cor e dos teores de taninos condensados em novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*

L.) durante o armazenamento. **Coletânea do ITAL**, v. 19, n. 2, p. 154 - 164, jul./dez., 1989.

KHAN, A. A.; ROBINSON, D. S. Hydrogen donor specificity of mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, v. 49, n. 4, p. 407-410, dec. 1994.

MARTIN-CABREJAS, M. A. et al.. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris L.*) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 3223–3227, 1997.

McGUIRE, R.G.. Reporting of objective colour measurements. **Hort Science**, v. 27, p. 1254–1255, 1992.

MESQUITA, F. R. et al. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*): composição química e digestibilidade proteica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542007000400026&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542007000400026&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em : 12 abr. 2012.

MOURA, A.C. de C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris, L.*) submetidos à diferentes tempos e tipos de secagem**. 1998. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras. 1998.

OLIVEIRA, V.R. et al. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, mai, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01038478201100050002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01038478201100050002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 05 fev. 2012.

RIBEIRO, N.D. et al. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, v. 66, p. 335-346, 2007

RIOS, A.O. et al. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 550-558, 2002.

SILVA, C. A. et al . Chemical composition as related to seed color of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 2, jun. 2012 .

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.: The quantitative analysis of phenolic constituent. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63-68, jan. 1959.

WHITEHEAD, C.S.; SWARDT, G. H. Extraction and activ of polyphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea nerifolia*. **South African Journal of Botany**, v. 1, p. 127-130, 1982.

ZAUBERMAN, G. et al. Postharvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. **Scientia Horticulturae**, v.46, n.1-2, p.89-97, 1991. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304423891900303>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

### CAPÍTULO III - EMBALAGEM A VÁCUO: EFEITO NO ENDURECIMENTO DO FEIJÃO DURANTE O ARMAZENAMENTO

#### RESUMO

A influência do uso de embalagem a vácuo no controle do endurecimento do tegumento foi avaliada em feijões da cv. Pérola. Os grãos foram submetidos a embalagens de polietileno de baixa densidade, sendo: 1) espessura de 80  $\mu\text{m}$  (2.121  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 4.872  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 16.394  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selada a vácuo; 2) espessura de 80  $\mu\text{m}$ , selada sem vácuo e 3) espessura de 20  $\mu\text{m}$  (936  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 8.325  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 25.649  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selada sem vácuo, armazenadas por oito meses, em condição ambiente ( $20 \pm 5,26$  °C e  $55,2 \pm 16,8\%$  UR). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 3x5, envolvendo três tipos de embalagens e cinco tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses). As análises foram realizadas no primeiro dia de armazenamento e em intervalos de dois meses, até o oitavo mês. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar os tratamentos dentro de cada tempo. Os modelos de regressão polinomiais utilizados para tempo de armazenamento foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação. Foram realizadas análises de absorção de água, tempo de cocção, taninos e lignina, logo após a secagem e em intervalos de dois meses, até o oitavo mês. Os grãos embalados a vácuo apresentaram menor queda na taxa de absorção de água. O tempo de cozimento e o teor de lignina foram maiores para os grãos acondicionados em embalagem comercial do que nas outras embalagens, ao final do armazenamento. Os teores de taninos foram reduzidos durante o armazenamento, tendo os grãos embalados a vácuo apresentado a menor queda. O uso da embalagem selada a vácuo foi eficiente em retardar o aumento no tempo de cozimento e o endurecimento do feijão da cv. Pérola, possibilitando maior qualidade culinária destes, durante o armazenamento, por oito meses, em condição ambiente.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Taninos. Cozimento. Lignificação.

## ABSTRACT

The influence of using vacuum packaging to control the hardening of the integument was evaluated in beans cv. Pérola. The grains were subjected to packaging low density polyethylene: 1) thickness of 80 $\mu$ m (permeation area of 2121cm<sup>2</sup>, 4872 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> rate of oxygen permeability, 16394cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> permeability rate of carbon dioxide) vacuum sealed, and 2) the thickness of 80 $\mu$ m sealed without vacuum, and 3) the thickness of 20 $\mu$ m (permeation area of 936cm<sup>2</sup>, 8325 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> rate of oxygen permeability, 25649cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> permeability rate carbon dioxide) sealed without vacuum, stored for eight months at ambient conditions (20°C  $\pm$  5,26°C e 55,2%  $\pm$  16,8% UR). The experimental design was completely randomized in a factorial design (3x5) using three types of packages and five storage times, involving three types of packaging and storage five times (0, 2, 4, 6 and 8 months). Analyses were performed on the first day of storage, and at intervals of two months until the eighth month. The Tukey test at 5% probability was used to compare treatments within each time. The polynomial regression models, used for storage time, were selected based on the significance of the F test for each model tested and the coefficient of determination. Analyses of water absorption, cooking time, tannins and lignin after drying and every two months until the eighth month. The vacuum packaged grains showed a smaller decrease in the rate of water absorption. The cooking time and lignin content were higher for grains packed in commercial packaging, than in the other containers at the end of storage. The tannin levels were reduced during storage, grain vacuum packaged showed the smallest decrease. The use of vacuum sealed package will was effective in slowing the increase in cooking time and hardening bean cv. Pérola, enabling higher quality of food during storage for eight months at ambient condition.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Tannins. Cooking. Lignification.

## INTRODUÇÃO

O feijão é importante fonte de energia e nutrientes para a população mundial, principalmente nos países em desenvolvimento. É um alimento de baixo custo que fornece proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas e minerais (LIN et al., 2008; REYES-MORENO; PAREDE-LOPEZ, 1993; BRESSANI, 1993).

O gênero *Phaseolus* compreende todas as espécies conhecidas como feijão, sendo a *Phaseolus vulgaris* L. a mais conhecida e a que tem inúmeros tipos de grão, como carioca, roxo, mulatinho e preto, entre outras (PIRES et al., 2005). Os feijões de grão tipo carioca são aceitos em praticamente todo o Brasil, por isso, mais de 50% da área cultivada é semeada com este tipo de semente (EMBRAPA, 2003).

Colhido e beneficiado, o feijão é ensacado e guardado em simples depósitos ou armazéns. Dessa forma, e em prazo relativamente curto, ele sofre alterações das características físico-químicas, por transformações de seus componentes, resultando em grãos que têm elevada resistência à cocção e modificações nas propriedades sensoriais e nutricionais, tornando-se pouco atrativos ao consumidor (ROMANO, 2006).

Durante os longos períodos de armazenamento, frequentemente sob condições inadequadas, ocorre o desenvolvimento de um defeito textural que causa inúmeros prejuízos econômicos e nutricionais (BRACKMANN et al., 2002). Quando os grãos são submetidos à temperatura e umidade elevadas, adquirem o defeito conhecido como “hard-to-cook” (HTC) ou difícil de cozinhar, que os tornam resistentes à cocção, necessitando de um período prolongado de cozimento para atingir textura adequada. Neste caso, as perdas



econômicas advêm do maior gasto de energia e da perda de nutrientes, em consequência do longo tempo de aquecimento ao qual os grãos são submetidos durante o seu preparo (YOKOYAMA; STONE, 2000; BRESSANI et al., 1982). O tempo de cozimento é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, pois a disponibilidade de tempo para o preparo das refeições é, muitas vezes, restrita (COSTA et al., 2001). Segundo Bressani (1993), a maciez dos grãos é considerada um atributo de qualidade muito importante. Os feijões que apresentam o defeito HTC produzem caldo ralo, escuro e grãos com textura arenosa, contribuindo para a diminuição da aceitação do produto por parte do consumidor.

O maior tempo de cocção está diretamente relacionado com a capacidade de penetração de água nos grãos, que pode ser devido à impermeabilidade do tegumento do feijão à água causando hidratação mais lenta durante o cozimento (BRAGANTINI, 2005).

Os feijões HTC absorvem água durante o processo de maceração, mas não atingem o grau de maciez adequado, mesmo após um tempo de cocção razoável. Existem várias hipóteses que tentam explicar o fenômeno do endurecimento dos grãos. Uma delas seria a polimerização dos polifenóis presentes na casca, que podem migrar para os cotilédones, influenciando a sua composição (MAUER et al., 2004). Ainda segundo estes autores, o processo de lignificação (oxidação e polimerização de compostos fenólicos) pode ser o responsável por parte da ocorrência do fenômeno de HTC, em grãos de feijão. A teoria da lignificação relaciona o desenvolvimento do endurecimento com a polimerização dos compostos fenólicos, principalmente os taninos (provenientes das cascas, ricas nesta substância), mediada pelas enzimas peroxidase e polifenoloxidase. Este fenômeno leva à redução da hidratação dos grãos devido à impermeabilização das cascas e da lamela média (MOURA, 1998).

Visando à preservação do produto na comercialização para consumo é comum a utilização de embalagens plásticas. Uma propriedade importante das embalagens é a criação de uma barreira física entre o produto e o ambiente, diminuindo a troca de gases e vapores entre o dois ambientes. Este fato possibilita a redução de oxigênio dentro da embalagem, com consequente oxidação de compostos fenólicos e, conseqüentemente, pode diminuir o endurecimento do tegumento dos grãos. A utilização da embalagem a vácuo pode ser considerada uma alternativa eficiente para o armazenamento de feijões, por reduzir a níveis muito baixos a disponibilidade de oxigênio no interior da embalagem e a troca gasosa entre o produto e o ambiente (AGUIRRE; PESKE, 1991).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência do uso de embalagem a vácuo no endurecimento do tegumento de feijão tipo carioca, cv. Pérola, armazenado por um período de oito meses, à temperatura ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

Feijões da cv. Pérola, provenientes de Ijaci, MG (latitude: 21° 10' 12" e longitude: 44° 55' 31"), foram colhidos (abril de 2010) e secos em terreiro cimentado, até atingirem a umidade de 12%, em média. O material foi, então, encaminhado ao Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal de Lavras, para a composição dos tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 5, composto por três embalagens e cinco períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses), com 4 repetições. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar os tratamentos dentro de cada tempo. Os modelos de regressão polinomiais utilizados para tempo de armazenamento foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação.

Os grãos foram selecionados de acordo com a uniformidade de tamanho e cor e a ausência de injúrias para a composição dos tratamentos. Foram utilizadas embalagens de polietileno de baixa densidade, contendo 1 kg de feijão, da seguinte forma: 1) saco de polietileno com espessura de 80  $\mu\text{m}$  (2.121  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 4.872  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 16.394  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selado a vácuo; 2) saco de polietileno com espessura de 80  $\mu\text{m}$ , selado sem vácuo e 3) saco de polietileno com espessura de 20  $\mu\text{m}$  (936  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 8.325  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 25.649  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selado sem vácuo. As embalagens foram seladas a vácuo ou não, em seladora TecMaq (seladora a vácuo), modelo AP450, no Laboratório de Pós-Colheita, no Departamento de

Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e armazenadas por oito meses em condição ambiente ( $20 \pm 5,26$  °C e  $55,2 \pm 16,8\%$  UR), no Laboratório de Bioquímica, também na UFLA, na presença de luz natural. As análises foram realizadas no primeiro dia de armazenamento (tempo 0) e em intervalos de dois meses, até o oitavo mês de armazenamento.

Para avaliar a umidade do grão, foi utilizado o método de secagem em estufa, a  $105$  °C, até os grãos atingirem peso constante (AOAC, 1992).

O tempo de hidratação foi determinado com a pesagem de  $\pm 8$  g de grãos (em torno de 32 grãos), que foram imersos em 50 mL de água destilada. Em intervalos de 1 hora, os grãos foram pesados, considerando-se como grãos completamente hidratados quando a massa dos mesmos se estabilizou, num intervalo de três medições consecutivas (BERRIOS et al., 1999). O valor de absorção de água nos grãos foi expresso em porcentagem de água absorvida e calculada como gramas de água absorvida por 100 g de grãos pela seguinte expressão:

$$\frac{(\text{massa do grão hidratado} - \text{massa do grão seco})}{\text{massa do grão seco}} \times 100.$$

A avaliação do cozimento dos grãos foi realizada com o uso do aparelho cozedor de Mattson, com 25 pinos (PROCTOR; WATTS, 1987). As amostras de grãos foram previamente embebidas em água destilada, por 13 horas, à temperatura ambiente ( $\pm 20$  °C). A seguir, a água foi eliminada e os grãos colocados na placa suporte do aparelho ficando, cada pino, em cima de um grão. O aparelho foi colocado em uma panela com água destilada fervente, mantendo-se o aquecimento. À medida que ocorria o cozimento, os pinos caíam e atravessavam os grãos, anotando-se o tempo decorrido do instante em que o cozedor foi colocado na água fervente até a queda do pino, e obtendo-se o tempo de queda de cada pino ou o tempo de cozimento de cada grão. O tempo

necessário para que 13 pinos (metade + 1) caíssem foi utilizado para calcular o tempo médio de cozimento de cada amostra.

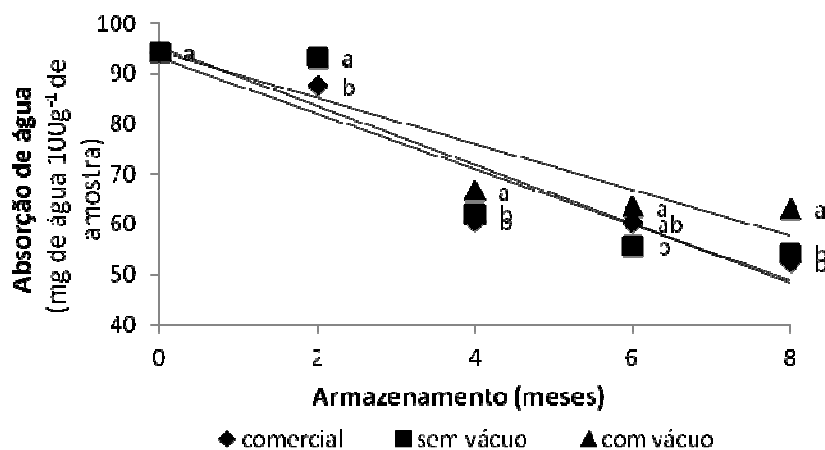
Para a extração dos taninos, 1 g de amostra foi pesado em tubo de centrifugação de 50 mL e acrescentado de 10 mL de acetona 70%, por 2 horas, à temperatura ambiente. Encerrado o tempo, o extrato foi centrifugado e filtrado em uma fina camada de lã de vidro, pois o papel de filtro adsorve os taninos. O filtrado foi recolhido em um balão de evaporação e o resíduo, que permaneceu no tubo de ensaio, foi novamente adicionado de 10 mL de acetona 70%, agitado por 3 minutos em vortex, centrifugado e filtrado no mesmo balão de evaporação que recebeu a primeira fração do extrato. A acetona presente no extrato foi totalmente evaporada a vácuo e o resíduo aquoso foi transferido para balão de 25 mL e diluído com metanol. As reações específicas foram desenvolvidas em tubos de ensaio com tampa, envoltos por alumínio, evitando que a presença de luz afetasse a estabilidade das reações (BROADHURST; JONES, 1978). A quantificação foi realizada empregando-se a catequina como padrão e os resultados foram expresso em mg de catequina por 100 g de amostra .

Os teores de lignina foram determinados pelo método gravimétrico de oxidação da lignina pelo permanganato de potássio, proposto por Van Soest, citado por Silva (1981), na fibra detergente neutro/ácido. A lignina foi expressa em g 100 g<sup>-1</sup> de matéria seca.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A capacidade de hidratação dos grãos de feijão diminuiu com o tempo de armazenamento. Houve diferença significativa entre os feijões das embalagens utilizadas (Tabela 2A-Apêndice) e, a partir do quarto mês de armazenamento, os feijões mantidos em embalagem comercial já apresentavam baixa absorção de água. Os grãos embalados a vácuo mantiveram maiores valores de absorção de água (66,9%) ao final do período de armazenamento (Figura 2), comparado com os grãos das outras embalagens (55,5%).

Oliveira et al. (2011), estudando a cultivar Pérola, observaram uma diminuição nos valores de absorção de água de 99,9% no primeiro dia de armazenamento para 75,9%, após seis meses de armazenamento refrigerado (câmara fria com circulação forçada de ar, a 0 °C e a 50% de umidade relativa). No presente trabalho foi encontrada menor absorção de água do que o trabalho de Oliveira et al. (2011), porém, deve-se ressaltar que a temperatura de armazenamento deste último foi 0 °C, o que diminuiu o metabolismo pela redução da atividade das enzimas oxidativas.



$$Y_{\text{comercial}} = -5,5526x + 93,203 \quad R^2 = 89,17\%$$

$$Y_{\text{sem vácuo}} = -5,8826x + 95,429 \quad R^2 = 84,88\%$$

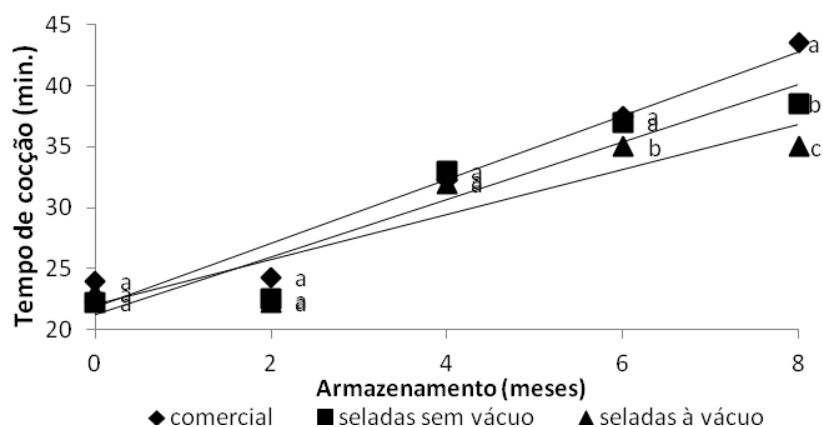
$$Y_{\text{com vácuo}} = -4,5951x + 94,433 \quad R^2 = 81,70\%$$

**Figura 1** Absorção de água de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O endurecimento dos cotilédones (“hard-to-cook”), que provoca dificuldades na sua cocção, é um fenômeno irreversível e depende, principalmente, das condições de armazenamento (SGARBIERI, 1987). O armazenamento prolongado, e com alta temperatura e umidade, é a causa principal do endurecimento. Segundo Paula (2004), a absorção de água pelos grãos é dependente das características do tegumento e o aumento na lignificação gera menor absorção de água e maior tempo de cozimento.

O tempo de cozimento foi influenciado pelo tipo de embalagem e o tempo de armazenamento (Tabela 2A-Apêndice). Ao final do período, houve aumento para todos os tratamentos, entretanto, os grãos embalados a vácuo

obtiveram menor aumento (Figura 2), o que pode ser explicado pela menor disponibilidade de oxigênio, no interior da embalagem selada a vácuo, impedindo a ação das enzimas e a formação de fenóis de alto peso molecular, responsáveis pelo endurecimento e escurecimento dos grãos.



$$Y_{\text{comercial}} = 2,6121x + 21,856 \quad R^2 = 95,39\%$$

$$Y_{\text{seladas sem vácuo}} = 3,350x + 21,254 \quad R^2 = 90,36\%$$

$$Y_{\text{seladas a vácuo}} = 1,8375x + 22,105 \quad R^2 = 83,59\%$$

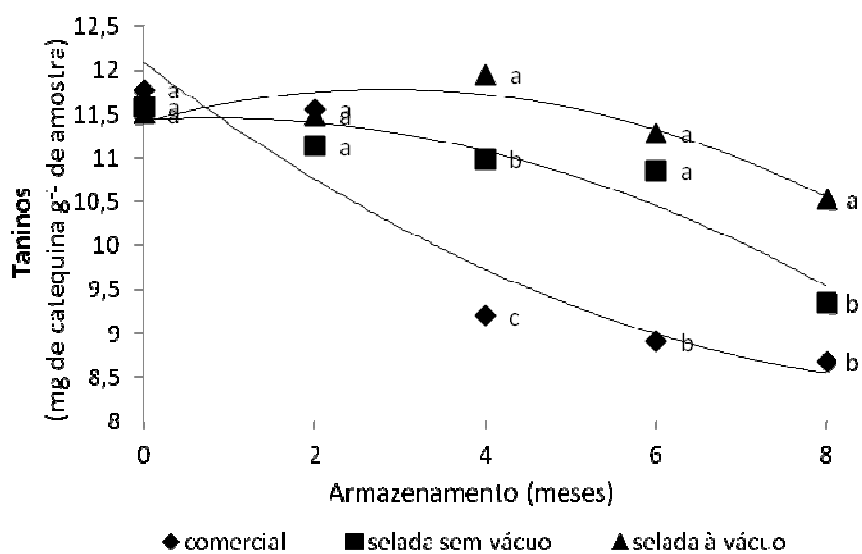
**Figura 2** Tempo de cozimento de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No trabalho realizado por Oliveira et al. (2011), com feijões da mesma cultivar, armazenados por seis meses sem embalagem e refrigerado, o tempo de cozimento foi de 30min. e 12s. A diferença deste tempo com o dos grãos armazenados em embalagem selada a vácuo (35 minutos), do presente trabalho, se deve às diferentes condições de armazenamento. A refrigeração diminui a atividade enzimática e, portanto, o escurecimento e o endurecimento dos grãos.



A utilização da embalagem a vácuo pode ser uma alternativa, com vantagem econômica, em relação ao sistema refrigerado.

Durante o armazenamento, o teor de taninos decresceu (Figura 3). Houve interação significativa entre o tipo de embalagem e o tempo de armazenamento (Tabela 2A-Apêndice).



$$y_{\text{comercial}} = 0,037x^2 - 0,7382x + 12,088 \quad R^2 = 88,84\%$$

$$y_{\text{selada sem vácuo}} = -0,0371x^2 + 0,0601x + 11,429 \quad R^2 = 89,61\%$$

$$y_{\text{selada a vácuo}} = -0,0464x^2 + 0,2644x + 11,405 \quad R^2 = 87,38\%$$

**Figura 3** Teor de taninos de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

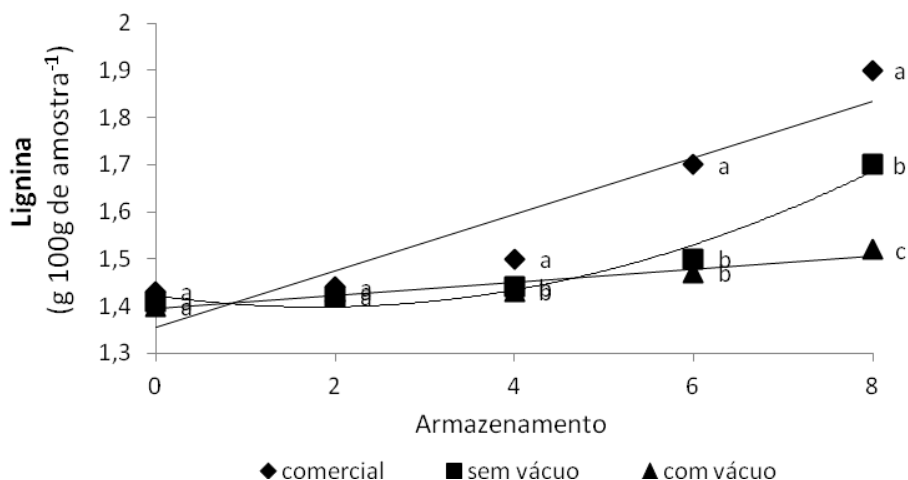
Os grãos armazenados em embalagens a vácuo apresentaram a menor queda nos valores de taninos, indicando que o processo de oxidação foi mais lento. Os grãos embalados a vácuo apresentaram maiores teores de taninos a partir do quarto mês de armazenamento.

Observando-se a Figura 3 verifica-se que os grãos mantidos na embalagem comercial apresentaram queda brusca no teor de taninos, entre o segundo e o quarto mês de armazenamento, indicando uma possível oxidação e polimerização dos taninos, o que dificulta sua extração. A oxidação pode ter ocorrido, em maior velocidade, nos grãos armazenados em embalagem comercial devido à espessura mais fina desta embalagem, que possibilita a troca gasosa com o ambiente externo mais facilmente do que as demais utilizadas que, devido à maior espessura, dificultaram a entrada de oxigênio no interior da embalagem, diminuindo a possibilidade de ocorrerem reações de oxidação enzimática.

Segundo Delfini e Canniatti-Brazaca (2010), a quantidade de taninos no grão recém-colhido é maior do que após três e seis meses de armazenamento. Os mesmos autores observaram uma queda no teor de taninos ao analisar feijões da cv. Pérola, acondicionados em sacos de polietileno (500 g), armazenados por seis meses, em temperatura ambiente. Essa diminuição no teor de taninos, provavelmente, ocorreu devido à oxidação e à menor solubilidade, decorrentes de seu maior grau de polimerização. Os polifenóis ligados a outros componentes celulares são mais difíceis de serem extraídos, ocorrendo modificação de suas estruturas e dos componentes a eles ligados, fazendo com que o teor extraído seja menor após períodos de armazenamento dos grãos (STANLEY, 1992; RIOS, 2000). Essas alterações que acontecem nos taninos contribuem para alterações físicas nos grãos. As altas temperaturas, as condições de umidade relativa alta e o tempo prolongado de armazenamento fazem com que os taninos migrem da casca para a parede do cotilédone e lamela média, provocando grãos “hard-to-cook”.

Houve interação significativa entre tipo de embalagem e tempo de armazenamento (Tabela 2A-Apêndice). O teor de lignina aumentou com o armazenamento. Os grãos embalados a vácuo apresentaram os menores valores

de lignina no final do período de armazenamento (Figura 4), coincidindo com os maiores valores para absorção de água, o que determina menores tempos de cocção.



$$Y_{\text{comercial}} = 0,06x + 1,354 \quad R^2 = 87,63\%$$

$$Y_{\text{seladas sem vácuo}} = 0,0075x^2 - 0,027x + 1,422 \quad R^2 = 96,96\%$$

$$Y_{\text{seladas com vácuo}} = 0,014x + 1,394 \quad R^2 = 91,16\%$$

**Figura 4** Teor de lignina de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Esteves et al. (2002) verificaram teores de lignina semelhantes para o feijão carioca cv. Carioca -80 (1,70 g.100 g<sup>-1</sup> farinha). Segundo Nasar-Abbas et al. (2008), ocorre aumento no teor de lignina com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento, em feijões fava.

Os grãos mantidos em embalagem comercial apresentaram aumento no teor de lignina mais expressivo, a partir do sexto mês de armazenamento, do que

os grãos das demais embalagens. Segundo Moura (1998), a lignificação dos cotilédones limita a capacidade de embebição dos grãos com consequente aumento no tempo de cozimento.

## **CONCLUSÃO**

A utilização da embalagem de polietileno (80  $\mu\text{m}$  de espessura) selada a vácuo foi eficiente em retardar o endurecimento de feijões da cultivar Pérola, grupo comercial carioca, durante o armazenamento por oito meses, em condição ambiente.

## REFERÊNCIAS

AGUIRRE, R.; PESKE, S. T. Required bean seed moisture content for hermetic storage. **Seed Science and Technology**, v. 19, p. 117-122, 1991.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association on Analytical Chemistry**. 12. ed. 1992. p. 1015.

BERRIOS, J. D. J.; SWANSON, B. G.; CHEONG, W. A. Physico-chemical characterization of stored black beans. **Food Research International**, Ottawa, v. 32, n. 10, p. 669-676, Dec. 1999.

BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 911-915, 2002. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01038478200200060001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01038478200200060001&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 26 fev. 2012.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. São Paulo: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p. (Documentos 187).

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v. 9, n. 02, p. 237-297, 1993.

BRESSANI, R.; ELÍAS, L. G.; BRAHAM, J. E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. **Journal of Plant Foods**, v. 4, p. 43-55, 1982.

BROADHURST, R. B.; JONES, W. T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. **Journal of Science Food Agriculture**, v. 28, p. 788-794, 1978.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. de B. Variabilidade para a absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 1017-1021, 2001.

DELFINI, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 308-312, 2010.

EMBRAPA. Sistemas de Produção. 2. ed., 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

ESTEVES, A. M. et al. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 999-1005, set./out., 2002.

LIN, L. et al. The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 107, p. 399–410, 2008.

MAURER, G. A. et al. Analysis of hard-to-cook red and black common beans using Fourier transform infrared spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52, 1470–1477, 2004.

MOURA, A. C. de C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem**. 1998. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

NASAR-ABBAS, S. M. et al. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41 p. 1260–1267, 2008.

OLIVEIRA, V. R. et al. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, mai, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01038478201100050002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01038478201100050002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 05 fev. 2012.

PAULA, S. R. R. **Efeito materno associado a capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

PIRES, C. V. et al. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 16, n. 2, p. 157-162, 2005.

PROCTOR, J.R.; WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

REYES-MORENO, C.; PAREDES-LOPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans - A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 33, 227–286, 1993.

RIOS, A. de O. **Avaliação da época de colheita e do armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

ROMANO, C. M. **Características físico-químicas e de cocção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. guapo brilhante decorrentes de secagem estacionária e de tempo de armazenamento convencional**. 2006. 98f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento**. Campinas: Unicamp, 1987, 387 p.



SILVA, C. A. B.; BATES, R. P.; DENG, J. C. Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, p. 1716-1720, 1981.

STANLEY, D. W. A possible role for condensed tannins in bean hardening. **Food Research International**, v. 25, p. 187-192, 1992.

YOKOYAMA L. P.; STONE, L. F. Aspectos conjunturais da cultura. In YOKOYAMA L.P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil**, Embrapa Arroz e Feijão, p. 9-30, 2000.

## **CAPÍTULO IV - EMBALAGEM A VÁCUO: EFEITO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DE FEIJÃO, DURANTE O ARMAZENAMENTO**

### **RESUMO**

Do ponto de vista nutricional, o feijão é um excelente alimento, pois apresenta componentes e substâncias (minerais, proteínas, carboidratos e vitaminas) que tornam o seu consumo vantajoso para o ser humano, sendo a principal fonte de proteína na alimentação dos brasileiros. O feijão é um dos alimentos produzidos em maior quantidade em todo o território nacional, sendo intensa a busca por cultivares que apresentem elevada produtividade, adaptadas ao local de cultivo e com características culinárias e nutricionais desejáveis. Durante o período de armazenamento, o feijão passa por modificações fisiológicas e bioquímicas que alteram a sua qualidade. Objetivou-se avaliar a conservação da qualidade de feijão (cv. Pérola) por meio da utilização de embalagens de diferentes espessuras e seladas ou não a vácuo, durante a armazenagem em condição ambiente, por um período de oito meses. As análises realizadas foram: sólidos solúveis, minerais, proteínas e digestibilidade proteica. A quantidade de sólidos solúveis diminuiu com o armazenamento para os três tipos de embalagem. Os feijões embalados a vácuo apresentaram a menor perda de sólidos solúveis no caldo. A quantidade de minerais não apresentou diferença significativa para os tipos de embalagens e período de armazenamento analisados. A quantidade de proteínas e a digestibilidade proteica apresentaram queda no decorrer do armazenamento, para todos os tipos de embalagem. Os feijões embalados a vácuo apresentaram os maiores teores de proteína bruta e melhor digestibilidade ao final do período de armazenamento. A embalagem a vácuo foi eficiente em manter a qualidade nutricional, de acordo com os parâmetros analisados, de feijões da cultivar Pérola armazenados em condição ambiente, por oito meses.

Palavras-chave: Proteína. Digestibilidade proteica. Minerais. Sólidos solúveis.

## ABSTRACT

From the point of view of nutrition, beans are an excellent food because it presents components and substances (minerals, proteins, carbohydrates and vitamins) that makes its consumption beneficial to humans, being the main source of protein in the diet of Brazilians. Beans are one of the food produced in larger quantities throughout the country, and the intense search for cultivars that have high productivity, adaptability and cultivation of culinary and nutritional characteristics desirable. During the storage period, the bean passes through physiological and biochemical changes which alter its quality. The objective of this study was to evaluate the quality maintenance of beans (cv. Pérola) through use of packaged different thicknesses and non-vacuum sealed or during storage at ambient conditions for a period of 8 months. The analyzes performed were: soluble solids, minerals, protein and digestibility. The amount of soluble solids decreased with storage. Vacuum packaged beans showed the smallest loss of soluble solids in the juice. The amount of minerals showed no significant difference in the types of packaging and storage period analyzed. The amount of proteins and protein digestibility decreased during storage. Again vacuum packaged beans had the highest values at the end of the storage period. The vacuum packaging was efficient in maintaining the nutritional quality, according to the parameters analyzed, Perola beans stored at ambient conditions for 8 months.

Keywords: Protein. Digestibility. Quality. Minerals. Soluble solids.

## INTRODUÇÃO

Os feijões são leguminosas consumidas em grandes quantidades, no Brasil e no mundo, por todas as classes sociais, sendo, para muitos indivíduos, a principal fonte de proteínas, minerais, vitaminas e fibras (DEL PINO e LAJOLO, 2003). Eles fornecem muitos dos nutrientes necessários para um adulto, possuindo de 18% a 30% de proteína bruta (DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004), entretanto, apresentam baixa digestibilidade e têm sido motivo de muitas pesquisas.

Durante o armazenamento, o teor de proteínas e a digestibilidade diminuem. De acordo com Ribeiro et al. (2007), a proteína do feijão é de boa qualidade, pois várias cultivares de feijão, disponíveis para o cultivo no Brasil, apresentaram teores de aminoácidos essenciais superiores aos do padrão considerado adequado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), para suprir as necessidades diárias de um indivíduo adulto (FAO, 1998). Os grãos dessa leguminosa, além de ser uma das principais fontes de proteína de origem vegetal, principalmente para a população de baixa renda, fornecem, ainda, ferro e outros minerais importantes para dieta humana (LIMA et al., 2003).

Os minerais são necessários ao organismo em diferentes quantidades e são essenciais para o desempenho de diversas funções, sendo adquiridos pela dieta. As deficiências mais comuns são a de cálcio, de ferro e de zinco. A deficiência de cálcio provoca osteoporose, pois esse mineral está diretamente envolvido na formação dos ossos e dentes (MIGLIORANZA et al., 2003). A deficiência de ferro causa anemia, deixando o organismo debilitado (BRIGIDE, 2002). A deficiência de zinco prejudica a replicação celular e o crescimento, e o desenvolvimento do sistema imunológico (HAMBIDGE, 2000).

Bassinelo (2005) defende que entre os atributos relativos à qualidade do feijão para a alimentação estão a quantidade de sólidos solúveis no caldo e o teor de proteínas e minerais. Afirma também que a qualidade nutricional do feijão é alterada quando o armazenamento ocorre de forma inadequada. Dada a importância como fonte proteica, o feijão precisa ser conservado com alguns cuidados e supervisão. Colhido e beneficiado, o feijão é ensacado e guardado em simples depósitos ou armazéns. Dessa forma, e em prazo relativamente curto, ele tem alteradas suas características físico-químicas, por transformações de seus componentes, resultando em grãos de elevada resistência à cocção e modificações nas propriedades sensoriais e nutricionais, tornando-se pouco atrativos ao consumidor (ROMANO, 2006).

O feijão apresenta elevado teor de proteínas, que é reduzido com o armazenamento prolongado em local com altas temperaturas e umidade relativa. Alguns pesquisadores afirmam que as proteínas se complexam com compostos fenólicos e não são capazes de serem digeridas e aproveitadas pelo organismo humano (BRESSANI et al., 1988; CARBONARO et al., 1996; RIOS et al., 2003). Também pode ocorrer, durante o armazenamento, a oxidação enzimática destes compostos presentes no feijão, cuja atividade é dependente de oxigênio (LUH; PHITHAKPOL, 1972), que resulta no escurecimento e no endurecimento dos grãos, acompanhados de mudanças indesejáveis nas propriedades nutricionais do produto. A o-quinona (composto escuro) formada pode interagir com grupos amina e tiol, reduzindo a disponibilidade de lisina, metionina, tiamina e de outros nutrientes essenciais (Esteves, 2000).

Um bom armazenamento visa preservar as características do produto pelo maior tempo possível e é influenciado pela constituição genética, pelos fatores ambientais e pela interação dos genótipos com o ambiente (VIEIRA; YOKOYAMA, 2000). Por isso, o controle no armazenamento é essencial para preservar a qualidade do feijão. Uma das medidas para a preservação da

qualidade mais utilizadas no Brasil, no armazenamento de grãos e sementes, é por meio da diminuição de sua umidade. Porém, esse procedimento não consegue, isoladamente, manter a qualidade satisfatória durante longos períodos de conservação. A utilização de técnicas, como a refrigeração, a atmosfera modificada ou a controlada, aliadas à baixa umidade do grão, pode diminuir muito mais as perdas na qualidade dos grãos ocorridas durante o armazenamento (GROFF, 2008). A embalagem de polietileno tem sido utilizada na comercialização do feijão para consumo, visando à maior preservação do produto com baixo custo. Entretanto, ela não é suficiente para reduzir ao máximo a disponibilidade de oxigênio, um dos principais responsáveis pela perda de qualidade durante o armazenamento. A embalagem selada a vácuo pode apresentar-se como alternativa para a manutenção da qualidade dos grãos, durante o armazenamento, devido à pequena quantidade de oxigênio disponível para a realização das reações oxidativas dependentes deste.

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a eficiência da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade nutricional de feijões carioca (cv. Pérola) armazenados por oito meses, em temperatura ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

Feijões da cv. Pérola, provenientes de Ijaci, MG (latitude: 21° 10' 12" e longitude: 44° 55' 31"), foram colhidos (abril de 2010) e secos em terreiro cimentado, até atingirem a umidade de 12%, em média. O material foi, então, encaminhado ao Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal de Lavras, para a composição dos tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 5, composto por três embalagens e cinco períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses), com 4 repetições. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar os tratamentos dentro de cada tempo. Os modelos de regressão polinomiais utilizados para tempo de armazenamento foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação.

Os grãos foram selecionados de acordo com a uniformidade de tamanho e de cor e a ausência de injúrias para a composição dos tratamentos. Foram utilizadas embalagens de polietileno de baixa densidade, contendo 1 kg de feijão, da seguinte forma: 1) saco de polietileno com espessura de 80  $\mu\text{m}$  (2.121  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 4.872  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 16.394  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selado a vácuo; 2) saco de polietileno com espessura de 80  $\mu\text{m}$ , selado sem vácuo e 3) saco de polietileno com espessura de 20  $\mu\text{m}$  (936  $\text{cm}^2$  de área de permeação, 8.325  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao oxigênio, 25.649  $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  de taxa de permeabilidade ao gás carbônico) selado sem vácuo. As embalagens foram seladas a vácuo ou não, em seladora TecMaq (seladora a vácuo), modelo AP450, no Laboratório de Pós-Colheita, no Departamento de

Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e armazenadas por oito meses em condição ambiente ( $20\pm 5,26$  °C e  $55,2\pm 16,8\%$  UR), no Laboratório de Bioquímica, na UFLA, na presença de luz natural. As análises foram realizadas no primeiro dia de armazenamento (tempo 0) e em intervalos de dois meses, até o oitavo mês de armazenamento.

A proteína bruta foi determinada pelo método micro-Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1995). Após digestão da amostra com a mistura digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico e posterior destilação, procedeu-se à titulação com solução de ácido clorídrico. Os resultados foram expressos em  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de farinha, empregando-se 6,25 como fator de conversão de nitrogênio em proteína.

Foi empregada a técnica descrita por Akesson e Stahmann (1964), para a determinação da digestibilidade proteica *in vitro*. A farinha (com o teor de nitrogênio conhecido) foi digerida com pepsina e pancreatina, em seus pHs ótimos. A reação foi interrompida pela adição de ácido tricloroacético. Após centrifugação, o nitrogênio sobrenadante foi dosado, sendo a caseína utilizada como controle. A digestibilidade encontrada para a caseína foi tomada como padrão e seu valor considerado como 100%. A digestibilidade das farinhas foi corrigida em relação à caseína e os resultados expressos em porcentagem.

Os sólidos solúveis totais no caldo (SSTc) dos grãos de feijão foram determinados, baseando-se na metodologia descrita por Sartori (1982). Em béqueres de forma alta, foram amostrados 10 g de sementes inteiras, após o período de embebição, em 100 mL de água destilada, por 13 horas. Os béqueres com os feijões foram aquecidos em chapa elétrica, empregando-se os tempos de cozimento previamente estabelecidos para tratamento nos testes de cozimento. Em seguida, os caldos obtidos com o cozimento foram filtrados, sendo coletados em béqueres limpos, secos e de massas conhecidas. Os béqueres com os caldos foram secos em estufa com circulação de ar forçada, a 60 °C. Após a secagem



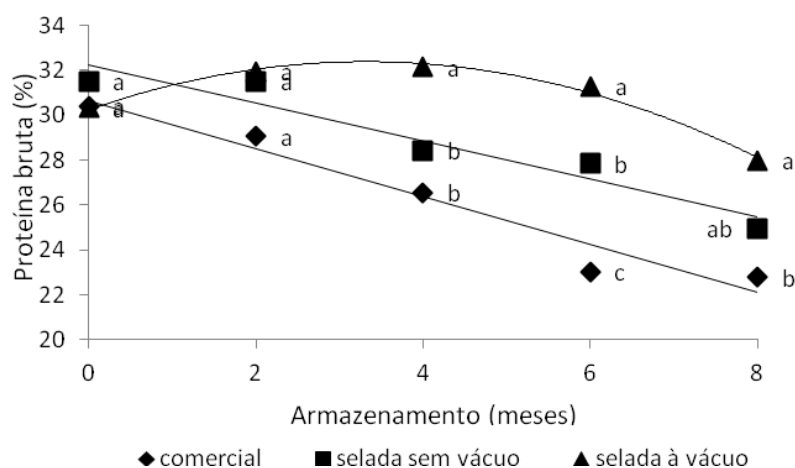
completa do caldo, os béqueres foram novamente pesados. Os teores de sólidos solúveis totais no caldo foram determinados de acordo com a fórmula:

$$SST_2(\%) = \frac{[(\text{massa do béquer} + \text{resíduo seco}) - (\text{massa do béquer})] \times 100}{MS}$$

As determinações de Ca, Zn e Fe foram feitas segundo Sarruge e Haag (1974) e Malavolta (1989). O extrato das amostras foi obtido por digestão nitroperclórica e a determinação feita por espectrofotometria de absorção atômica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o armazenamento, não houve queda no teor de proteínas (Figura 1) para os grãos mantidos em embalagens seladas a vácuo, ao contrário dos grãos armazenados nas outras embalagens.



$$Y_{\text{comercial}} = -1,0645x + 30,624 \quad R^2 = 95,25\%$$

$$Y_{\text{selada sem vácuo}} = -0,8415x + 32,22 \quad R^2 = 92,22\%$$

$$Y_{\text{selada a vácuo}} = -0,1945x^2 + 1,2902x + 30,248 \quad R^2 = 98,74\%$$

**Figura 1** Teor de proteínas de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As embalagens utilizadas e o tempo de armazenamento influenciaram significativamente o teor de proteína dos grãos (Tabela 3A-Apêndice).

Os feijões acondicionados em embalagens comercial apresentaram menor valor de teor proteico no sexto mês de armazenamento. Ao final do

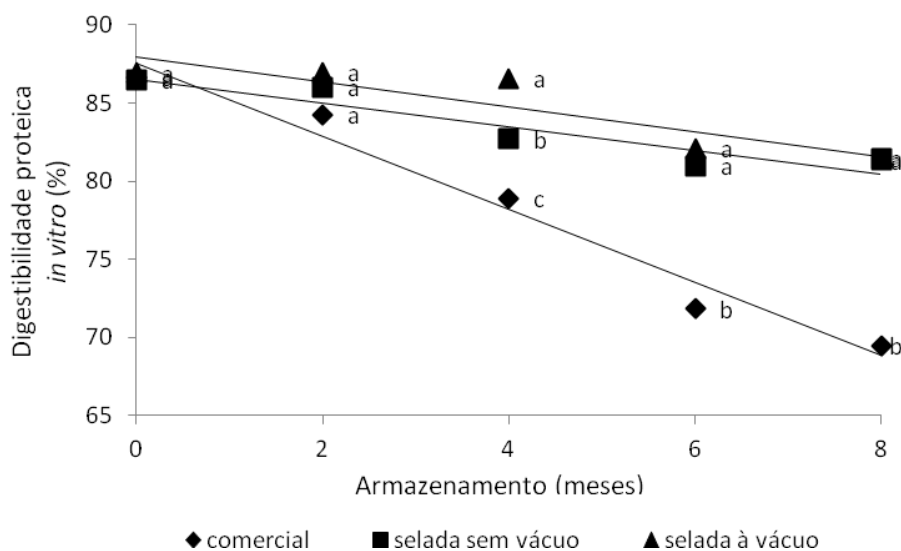
armazenamento, os feijões mantidos na embalagem de 80  $\mu\text{m}$  de espessura selada sem vácuo e os grãos da embalagem comercial apresentaram queda de 25,12% e 20,88%, respectivamente.

Até o segundo mês de armazenamento, os grãos de todas as embalagens apresentaram, em média, teores de proteína bruta igual a 30,75%. Ao final do armazenamento, os grãos embalados a vácuo apresentaram maiores teores de proteína bruta (31,29%) em relação aos grãos das outras embalagens (23,04% comercial; 27,85% selada sem vácuo).

Avaliando a perda da proteína do feijão durante o armazenamento, Antunes e Sgarbieri (1979) revelaram uma redução importante do valor nutritivo das proteínas na variedade Rosinha G-2, armazenada, durante seis meses, sob três condições diferentes: 1) 12 °C e 52% UR, 2) 22 °C -25 °C e 65%-70% UR e 3) 37 °C e 76% UR. Hohlberg e Stanley (1987), avaliando feijões armazenados por um período de 10 meses em duas condições, 1) 25 °C e 65% UR e 2) 30 °C e 80%UR, verificaram um aumento significativo de pequenos peptídeos provenientes da hidrólise de proteínas de alto peso molecular, além de teores de aminoácidos aromáticos no extrato proteico, justificando a queda do teores de proteínas durante o armazenamento.

No presente trabalho, a utilização da embalagem a vácuo reduziu a oxidação de compostos fenólicos e pode ter diminuído a possibilidade de complexação dessas proteínas com fenólicos de maior peso molecular ou sua hidrólise.

Além da queda nos teores de proteínas, ocorreu também queda na digestibilidade proteica (Figura 2). Houve interação significativa entre as embalagens e o tempo de armazenamento (Tabela 3A-Apêndice). Até o segundo mês de armazenamento, os tratamentos não diferiram significativamente em relação à porcentagem de digestibilidade (86,68%).



$$Y_{\text{comercial}} = -2,336x + 87,558 \quad R^2 = 97,12\%$$

$$Y_{\text{selada sem vácuo}} = -0,759x + 86,554 \quad R^2 = 86,28\%$$

$$Y_{\text{selada a vácuo}} = -0,805x + 87,994 \quad R^2 = 81,54\%$$

**Figura 2** Porcentagem de digestibilidade proteica *in vitro* de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os grãos acondicionados em embalagem comercial apresentaram maior queda nos valores de digestibilidade. Os grãos armazenados na embalagem de maior espessura, selada ou não a vácuo, apresentaram menor queda da digestibilidade proteica (6,15%), comparados aos grãos mantidos em embalagem comercial (19,80%).

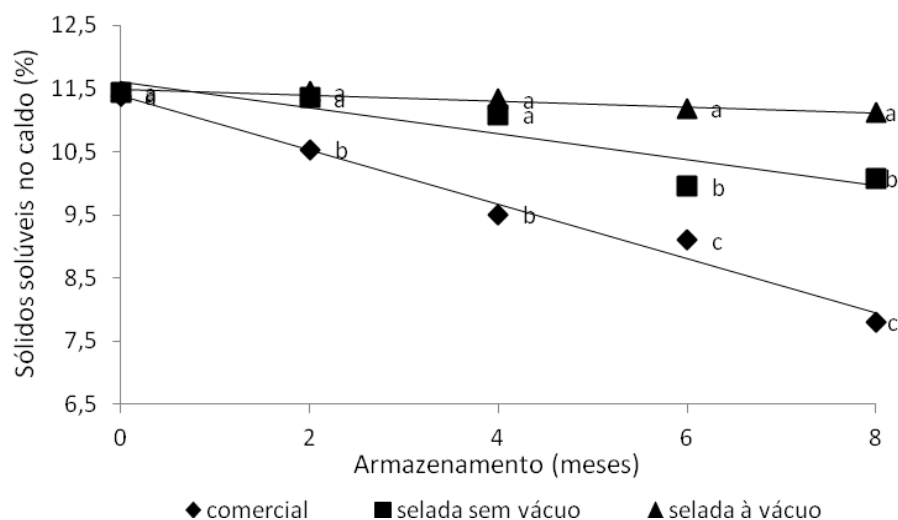
Rios (2000) observou queda nos valores de digestibilidade proteica em feijões carioca embalados em sacos de papel e armazenados por um período de oito meses, em condição ambiente (19,9 °C e 71,89% UR).

Os compostos fenólicos livres inibem várias enzimas digestivas em sistemas *in vitro*. Esses compostos estão envolvidos nas ligações da lignina com os carboidratos da parede celular e essa associação reduz a digestibilidade. Há também o fato de os fenóis simples precipitarem as proteínas pela formação de um revestimento hidrofóbico, semelhante à complexação taninos-proteínas (LOPES, 1990).

Bressani (1993) aponta a reduzida digestibilidade das proteínas do feijão (e de outras leguminosas) como sendo multicausal, sugerindo a ação de fatores ligados à casca (taninos), aos cotilédones (inibidores de natureza proteica, taninos, fitatos, inibidores de proteases) e ao processamento e armazenamento.

Dados encontrados na literatura demonstram que o endurecimento do feijão causa decréscimo na qualidade e na digestibilidade das proteínas do grão (BRESSANI, 1982; SABARENSE et al., 1995). Sabarense et al. (1995) também verificaram a baixa digestibilidade e a menor biodisponibilidade das proteínas de feijões endurecidos. Martín-Cabrejas et al. (1995), por sua vez, notaram que a solubilidade das proteínas era menor em feijões duros e sugeriram que o desenvolvimento do fenômeno do endurecimento “hard-to-cook” causava lignificação da proteína, reduzindo, dessa forma, sua solubilidade e digestibilidade.

Os teores de sólidos solúveis no caldo apresentaram interação entre embalagem e tempo de armazenamento (Tabela 3A-Apêndice). Ocorreu uma queda na quantidade de sólidos solúveis durante o armazenamento (Figura 3), tendo os feijões mantidos em embalagens seladas a vácuo apresentado maior quantidade de sólidos solúveis ao final do período de armazenamento. Os feijões armazenados em embalagem comercial apresentaram maior queda no conteúdo de sólidos solúveis.



$$Y_{\text{comercial}} = -0,4295x + 11,38 \quad R^2 = 98,2\%$$

$$Y_{\text{selada sem vácuo}} = -0,205x + 11,598 \quad R^2 = 83,4\%$$

$$Y_{\text{selada a vácuo}} = -0,0465x + 11,492 \quad R^2 = 93,5\%$$

**Figura 3** Porcentagem de sólidos solúveis no caldo de feijão carioca (cv. Pérola) submetido a diferentes tipos de embalagens, durante oito meses de armazenamento, em condição ambiente. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada embalagem em cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Perina (2008) observou valor médio de sólidos solúveis (12,69%) para a cultivar Pérola próximo ao do presente trabalho (11,53%), no primeiro dia de armazenamento.

Romano (2006) verificou que a quantidade de sólidos totais no caldo de cocção diminuiu significativamente ao longo do armazenamento de feijões cv. Guapo Brilhante (grupo preto), acondicionados em sacos de ráfia, por 225 dias e mantidos em condição ambiente.

A diminuição da concentração de sólidos totais no caldo torna o grão de feijão menos espesso, sendo, assim, menos aceito pelo consumidor.

Os teores de minerais não apresentaram diferença significativa em relação às embalagens utilizadas e ao tempo de armazenamento (Tabela 3A-Apêndice). Os valores médios encontrados (Tabela 1) para os minerais Fe e Ca (81,36 ppm e 0,11%, respectivamente) estão próximos ao relatado por Oliveira et al. (2011), para Fe (83,94 ppm) e por Ramírez-Cárdenasi et al. (2008), para o Ca (0,17%). O teor médio de zinco (46ppm) foi superior ao encontrado por Ramírez-Cárdenasi et al. (2008) para a mesma cultivar (35,6 ppm).

**Tabela 1.** Teores médios de minerais de feijões carioca (cv. Pérola) acondicionados em diferentes embalagens e armazenados, por oito meses, em condição ambiente.

Embalagens	Minerais		
	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Ca (%)
<b>Comercial (20 µm)</b>	79,76	45,96	0,12
<b>Selada sem vácuo (80 µm)</b>	82,58	47,46	0,11
<b>Selada a vácuo (8 µm)</b>	81,75	47,40	0,11

Oliveira et al. (2011) não observaram alterações no teores de ferro e zinco, após o armazenamento refrigerado (0°C e 50% UR), por seis meses, de feijões cv. Pérola. No entanto, Moura (1998) identificou queda nos teores de Fe e Ca de feijões cariocas armazenados por oito meses em sacos de algodão sob condição ambiente (19,5 °C e 74,15%UR). Estes resultados mostram que o conteúdo de minerais não foram afetados pelo tipo de embalagem nem pelo tempo de armazenamento nas condições do experimento, diferindo dos resultados de Moura (1998). Essa diferença pode ocorrer devido ao tipo de embalagem utilizada por Moura (sacos de algodão), que possibilita maior troca gasosa com ambiente.

## CONCLUSÃO

A embalagem (80  $\mu\text{m}$  espessura) selada a vácuo foi eficiente em retardar a perda de qualidade de feijões carioca cv. Pérola, durante o armazenamento, por oito meses, em condição ambiente.

A utilização da embalagem de polietileno de baixa densidade com espessura de 20  $\mu\text{m}$  e 80  $\mu\text{m}$ , selada ou não a vácuo, foi eficiente em manter o teor de minerais de feijões carioca cv. Pérola, durante o armazenamento por oito meses, em condição ambiente.



## REFERÊNCIAS

AKESSON, W. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, v. 83, n. 2, p. 257-261, 1964.

ANTUNES, P. L.; SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Rosinha G-2. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1703-1706, 1979.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association on Analytical Chemistry**, 12. ed., p. 1015, 1995.

BASSINELLO, P. Z. **Qualidade dos grãos**. Santo Antônio de Goiás: MBRAPA/CNPAF. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/agencia4/ago1/arvore/ag01\\_2\\_28102004161635.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/agencia4/ago1/arvore/ag01_2_28102004161635.html)>. Acesso em: 20 dez. 2005.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Review International**, New York, v. 9, n. 02, p. 237-297, 1993.

BRESSANI, R.; HERNANDEZ, E.; BRAHAM, E. Relationship between content and intake of bean polphenolics and protein digestibility in humans. **Plant Foods Human Nutrition**, v. 38, p. 5-21, 1988.

BRESSANI, R.; ELÍAS, L. G.; BRAHAM, J. E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. **Journal of Plant Foods**, v. 4, p. 43-55, 1982.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e

Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARBONARO, M.; VIRGILI, F.; CARNOVALE, E. Evidence for protein-tannin interaction in legumes: implications in the antioxidant properties of faba bean tannins. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 29, n. 8, p.743-750, 1996.

DALLA CORTE, A. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4725, p. 193-202, 2003.

DEL PINO, V. M. H.; LAJOLO, M. F. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 49-53, 2003.

ESTEVEVES, A. M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão**. 2000. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FAO. Junta de Conselho de Especialistas FAO/WHO/ONU. **Necessidades de energia e proteína**. São Paulo: Roca, 1998. 225 p.

GROFF, R.; BARRETO, F. A. **Refrigeração e a qualidade de sementes e grãos**. Grãos Brasil - Da Semente ao consumo. Disponível em: <[www.agais.com/ag0805\\_metodos\\_conservacao\\_graos.pdf](http://www.agais.com/ag0805_metodos_conservacao_graos.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2008.

HAMBIDGE, M. Human zinc deficiency. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1344S-1349S, 2000.

HOHLBERG A. I.; STANLEY, D. W. Hard-to-cook defect in black beans: protein and starch considerations. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 1, n. 35, p. 571–576, 1987.

LEMOS, L. B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LIMA, E. R. et al. Custo de produção e lucratividade do feijoeiro da seca no município de Pereira Barreto, SP. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 12, n. 2, p. 131-143, 2003.

LOPES, C. T. **Digestibilidade “in situ” de bagaço de cana, palha de arroz, de feijão e capim Cameroon tratados termicamente**. 1990. 33 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Ruminantes) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990.

LUH, B. S.; PHITHAKPOL, B: Characteristics of polyphenoloxidase related to browning in cling peaches. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 264-268, 1972.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292p.

MARTIN-CABREJAS, M.A. et al. Hard-to-cook phenomenon in beans: changes in antinutrient factors and nitrogenous compounds during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 69, n. 4, p. 429-435, 1995.

MIGLIORANZA, E. et al. Teor de cálcio em diferentes cultivares de feijão-vagem. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 158-161, 2003.

MOURA, A. C. de C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos à**

**diferentes tempos e tipos de secagem.** 1998. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

OLIVEIRA, V. R. et al. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, mai, 2011.

PERINA, E. F. **Avaliação da qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris*) cultivado em diferentes ambientes. 2008. 150p. Dissertação (Mestrado) Agricultura Tropical e Subtropical Instituto Agronômico, Campinas, 2008.

RAMIREZ-CARDENASI, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B.. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, mar. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612008000100029&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000100029&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 fev. 2012.

RIBEIRO N. D. et al. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, v. 66, p. 335-346, 2007

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, supl., p. 39-45, 2003.

RIOS, A. de O. **Avaliação da época de colheita e do armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão** (*Phaseolus vulgaris* L.). 2000. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

ROMANO, C. M. **Características físico-químicas e de cocção do feijão** (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. guapo brilhante decorrentes de secagem estacionária e de tempo de armazenamento convencional. 2006. 98 p. Tese

(Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas 2006.

SABARENSE, C. M. et al. Influência das condições de armazenamento na qualidade nutricional das proteínas de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 76, n. 3, p. 75-78, 1995.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56 p.

SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) stored under nitrogen**. 1982. Tese (Ph.D.)-Kansas State University, Manhattan, 1982.

VIEIRA E. H.; YOKOYAMA, M. Colheita, processamento e armazenamento. In: VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, p. 233-247, 2000.

YOKOYAMA L. P.; STONE, L. F. Aspectos conjunturais da cultura. In: YOKOYAMA L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil**, Embrapa Arroz e Feijão, p. 9-30, 2000.

**APÊNDICE**

<b>TABELA 1A</b>	Resumo da análise de variância para umidade do grão (UM), cor (C), polifenoloxidase (PFO), de feijões cv, Pérola armazenados em condições ambiente por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.....	102
<b>TABELA 2A</b>	Resumo da análise de variância para peroxidase (PER), fenóis totais (FT), de feijões cv, Pérola armazenados em condições ambiente por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.....	103
<b>TABELA 3A</b>	Resumo da análise de variância para absorção de água (AA), tempo de cocção (TC), Taninos (T), lignina (L) de feijões cv, Pérola armazenados em condições ambiente por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.....	103
<b>TABELA 4A</b>	Resumo da análise de variância para Ferro (Fe), cálcio (Ca), Zinco (Zn), de feijões cv, Pérola armazenados em condições ambiente por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.....	104

<b>TABELA 5A</b>	Resumo da análise de variância para proteínas (PT), digestibilidade proteica (DP) e sólidos solúveis (SS), de feijões cv, Pérola armazenados em condições ambiente por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.....	105
------------------	---	-----

**APÊNDICE**

**TABELA 1A.** Resumo da análise de variância para umidade do grão (UM), cor (C), polifenoloxidase (PFO), de feijões cv. Pérola armazenados em condição ambiente, por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.

FV	GL	QM		
		UM	C	PFO
Embalagem	2	0,0597 <sup>ns</sup>	107,4766*	7568915,1167*
Meses	6	51,4782 <sup>ns</sup>	106,2304*	4161455,2333*
Embalagem x Meses	12	0,8493 <sup>ns</sup>	10,0933*	378775,2833*
Resíduo	63	0,5536	1,4899	398524,0167
Cv%	-	5,74	2,48	6,33

ns = teste de F não significativo, a 5% de probabilidade

\* = teste de F significativo, a 5% de probabilidade



**TABELA 2A.** Resumo da análise de variância para peroxidase (PER), fenóis totais (FT), de feijões cv. Pérola armazenados em condição ambiente, por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.

FV	GL	QM	
		PER	FT
Embalagem	2	169822, 1167*	0,0439 <sup>ns</sup>
Meses	6	32446,4417*	7,4263 <sup>ns</sup>
Embalagem x Meses	12	43660, 3667*	0,2021 <sup>ns</sup>
Resíduo	63	728,9111	0,0904
Cv%	-	4,58	5,36

ns = teste de F não significativo, a 5% de probabilidade

\* = teste de F significativo, a 5% de probabilidade

**TABELA 3A.** Resumo da análise de variância para absorção de água (AA), tempo de cocção (TC), taninos (T), lignina (L) de feijões cv. Pérola armazenados em condição ambiente, por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.

FV	GL	QM			
		AA	TC	T	L
Embalagem	2	7,6604*	106,4005*	8,8352*	0,0929*
Meses	6	24,4018*	1292,7310*	8,5053*	0,1575*
Emb. x Mês	12	6,4663*	10,6664*	2,2873*	0,0249*
Resíduo	63	6,4416	4,7451	0,6128	0,0004
CV%	-	2,63	6,04	5,24	3,58

ns = teste de F não significativo, a 5% de probabilidade

\* = teste de F significativo, a 5% de probabilidade

**TABELA 4A.** Resumo da análise de variância para Ferro (Fe), cálcio (Ca), Zinco (Zn), de feijões cv. Pérola armazenados em condição ambiente, por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.

FV	GL	QM		
		FE	Ca	Zn
Embalagem	2	42,0435 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	14,3722 <sup>ns</sup>
Meses	6	554,2915 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	156,2636 <sup>ns</sup>
Embalagem x Meses	12	59,8883 <sup>ns</sup>	0,0014 <sup>ns</sup>	7,5845 <sup>ns</sup>
Resíduo	63	60,1001	0,0004	5,6348
Cv%	-	9,53	9,89	5,06

ns = teste de F não significativo, a 5% de probabilidade

\* = teste de F significativo, a 5% de probabilidade

**TABELA 5A.** Resumo da análise de variância para proteínas (PT), digestibilidade proteica (DP) e sólidos solúveis (SS), de feijões cv. Pérola armazenados em condição ambiente, por oito meses, em diferentes embalagens de polietileno.

FV	GL	QM		
		PT	DP	SS
Embalagem	2	93,1675*	242,2452*	14,1005*
Meses	6	67,8071*	213,5153*	6,2136*
Embalagem x Meses	12	11,7429*	34,8398*	1,6901*
Resíduo	63	3,5880	3,1656	0,1196
Cv%	-	6,61	3,17	3,27

ns = teste de F não significativo, a 5% de probabilidade

\* = teste de F significativo, a 5% de probabilidade