

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

**ARMAZENAMENTO REFRIGERADO, EM
ATMOSFERA MODIFICADA E CONTROLADA NA
CONSERVAÇÃO DAS QUALIDADES FÍSICO-
QUÍMICAS E SENSORIAIS DE CULTIVARES DE
FEIJÃO CARIOCA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fernanda Wouters Franco

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**ARMAZENAMENTO REFRIGERADO, EM ATMOSFERA
MODIFICADA E CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO DAS
QUALIDADES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE
CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA.**

Fernanda Wouters Franco

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,
RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Auri Brackmann
Co-orientadora: Cláudia Kaehler Sautter

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Wouters Franco, Fernanda
ARMAZENAMENTO REFRIGERADO, EM ATMOSFERA MODIFICADA E CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO DAS QUALIDADES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA / Fernanda Wouters Franco.-2015.
62 p.; 30cm

Orientador: Auri Brackmann
Coorientador: Cláudia Kaehler Sautter
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2015

1. Phaseolus vulgaris L. 2. Pós-colheita. 3. Armazenamento. I. Brackmann, Auri II. Kaehler Sautter, Cláudia III. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos
Alimentos**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de mestrado**

**ARMAZENAMENTO REFRIGERADO, EM ATMOSFERA MODIFICADA
E CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO DAS QUALIDADES FÍSICO-
QUÍMICAS E SENSORIAIS DE CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA.**

elaborada por
Fernanda Wouters Franco

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA:

Auri Brackmann, Dr.
(Presidente/Orientador)

Claudia Severo da Rosa, Dr^a. (UFSM)

Viviani Ruffo de Oliveira, Dr^a. (UFRGS)

Santa Maria, 31 de agosto de 2015

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais, Carlos Fernando Braz Franco e Sílvia Mariom Wouters Franco, que além de serem meus exemplos, me ajudaram a dividir o esforço desta caminhada com seu carinho, compreensão e amor,

AGRADECIMENTOS

À Deus por possibilitar esta conquista na minha vida, em especial à Nossa Senhora por me iluminar nos momentos de dúvida, cansaço e dificuldades.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realizar esta pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Auri Brackmann, pelo empenho, dedicação, paciência e principalmente por me ensinar grandes lições profissionais e pessoais que levarei para a vida.

À minha co-orientadora Prof.^a Dr.^a Cláudia Kaehler Sautter por ter sido quem me ajudou nos primeiros passos como pesquisadora, além de minha grande incentivadora, e por quem tenho muito carinho e admiração.

Ao Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) por possibilitar a realização de parte do experimento e principalmente pela ajuda da pós-graduanda Isabel Roggia que foi incansável em todos os momentos que precisei.

À professora Cláudia Severo Rosa pelo auxílio e dedicação durante o desenvolvimento desta pesquisa.

À professora Luisa Hecktheuer, pela disponibilidade em ajudar e esclarecer dúvidas durante a análise sensorial.

Ao professor Laerte por possibilitar a realização de parte das análises.

Às colegas Ana Paula Burin, Greice Dotto e Katira Huerta pela dedicação, ajuda fundamental nas análises e pela amizade, minha eterna gratidão.

Aos IC's do Núcleo de Pesquisa em Pós colheita e aos colegas de pós-graduação Fabio, Rogerio, Luana, Elizandra pela ajuda e apoio durante a execução deste projeto, em especial a colega Maryelle que passou grande parte do projeto ao meu lado, ajudando nos momentos de análises do experimento, além da amizade e palavras de incentivo que com certeza ajudaram muito durante este caminho percorrido.

Aos colegas amigos que fiz no NIDAL, sobretudo aos colegas de Pós-Graduação Rodrigo Gindri, Cristiane Copetti, Taísa Treptow, Carine Comarella, Simone Trindade e Eduarda Machado, que com palavras e gestos me confortaram nos momentos de dúvida e incerteza.

À minha ex-colega e grande amiga Dr^a Roberta Santos, que me ajudou com sua amizade, ensinamentos, puxadas de orelha, correções e revisões no meio da madrugada e acima de tudo pelo carinho e dedicação que teve comigo e com este projeto, sem os quais não teria sido possível chegar até aqui.

Ao eterno apoio de meus pais e em especial dos meus avós Sildo e Leda, que muitas vezes com uma ligação por telefone conseguiam me acalmar e sempre me trouxeram palavras de carinho e estímulo, me ensinando a valiosa lição de nunca desistir de meus sonhos.

À minha irmã e cunhado por incentivarem meus caminhos da pesquisa e por serem exemplos para mim.

Aos meus lindos sobrinhos Guilherme e Eduardo que são meus grandes tesouros nesta vida.

Aos meus tios Sílvio, Patrícia, Renato e Sandra e ao primo Pedro pelo amor, carinho e ajuda em todos os sentidos.

Ao meu namorado Crístian, por sua ajuda, amor, carinho, compreensão e paciência.

Aos meus sogros e cunhada pelo carinho e ajuda na concretização deste trabalho.

Às minhas amigas Manoela, Pauline, Marianne, Márcia, Mariana, Tainne, Thaís, que entenderam meus momentos de ausência, mas sempre se fizeram presentes na minha vida.

À empresa Chapada Grãos Comércio, Importação e Exportação por ceder as amostras utilizadas no presente trabalho.

A todos que de certa forma possibilitaram a execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

“É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado,
para sempre, à margem de nós mesmos.”

Fernando Pessoa

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

ARMAZENAMENTO REFRIGERADO, EM ATMOSFERA MODIFICADA E CONTROLADA NA CONSERVAÇÃO DAS QUALIDADES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE CULTIVARES DE FEIJÃO CARIOCA

AUTOR: FERNANDA WOUTERS FRANCO

ORIENTADOR: AURI BRACKMANN

CO-ORIENTADORA: CLÁUDIA KAEHLER SAUTTER

Local e data da defesa: Santa Maria, 31 de agosto de 2015

O feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) possui um alto valor nutricional devido ao conteúdo de proteínas, carboidratos, minerais e vitaminas, tendo grande importância alimentar como econômica para o Brasil. Após sua colheita, o grão entra em um processo de deterioração, intensificado em grãos de tegumento mais claro como as cultivares do grupo carioca, utilizadas no presente trabalho. Num armazenamento convencional em condições de ambiente natural, esta degradação ocorre de forma mais acelerada devido a fatores como temperatura e umidade elevadas, como também devido à presença de micro-organismos responsáveis por danos nos grãos de feijão. Desse modo, novas metodologias para armazenamento são necessários para diminuir as perdas pós-colheita. O armazenamento refrigerado, através da redução da temperatura possibilita uma maior conservação por um período mais prolongado. Considerando que novas metodologias de conservação, como os sistemas herméticos com atmosfera modificada e atmosfera controlada vêm apresentando bons resultados na manutenção da qualidade do grão, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do armazenamento refrigerado e em atmosfera modificada e controlada na conservação da qualidade de cultivares de feijão carioca. Para isso, foram utilizados grãos de feijão 'Pérola' e 'BRS Estilo', colhidos no município de Vacaria-RS, no mês de março na safra agrícola de 2014. Realizaram-se análises de proteína bruta, lipídios, umidade, cinzas, cor do tegumento, tempo de cocção, viscosidade do caldo e análise sensorial por teste de ordenação de intensidade. A concentração de 1% de O₂ quando comparada aos demais tratamentos, resultou na maior porcentagem de proteína bruta em grãos de feijão 'Pérola'. Em relação ao teor de lipídios, observou-se maiores valores em AC nas concentrações 2, 4 e 6% de O₂ por períodos mais prolongados para as duas cultivares. Cinzas e carboidratos totais não apresentaram diferença significativa em nenhum dos dois tempos de armazenamento para nenhuma das duas cultivares. AC em baixas concentrações de O₂ (1%, 2%, 4% e 6%) diminuíram o processo de escurecimento, garantindo uma melhor conservação da cor original para as duas cultivares, tanto em cinco como em onze meses de armazenamento. O armazenamento refrigerado sob 10°C após cinco meses resultou em menores tempos de cozimento para as duas cultivares, além de conservar por mais tempo a fração de lipídios do feijão 'Pérola' e apresentar a consistência menos intensa na análise sensorial para esta mesma cultivar. Os atributos sabor e odor no feijão 'Pérola' foram mais intensos em amostras submetidas a AC 1% de O₂ e este mesmo tratamento se mostrou efetivo com relação à cor, pois foi considerado pelos provadores como o feijão com menor intensidade de cor, significando ser mais claro, o que é desejado para cultivares do subgrupo carioca. Sensorialmente, os provadores consideraram também que esta baixa concentração de 1% de O₂ resulta em uma maior viscosidade, ou seja, um caldo mais espesso. Para o feijão 'BRS Estilo', o tratamento com alta concentração de CO₂ (11%O₂+18%CO₂), apresentou os maiores somatórios para os atributos sabor, odor e viscosidade do caldo. Conforme obtido na análise sensorial, a condição de armazenamento em AR 10°C mostrou ser mais eficiente na conservação da coloração clara do feijão 'BRS Estilo'. Na análise de viscosidade em viscosímetro de Brookfield, todas as condições de armazenamento obtiveram maiores resultados em relação ao armazenamento em condições de ambiente natural para as duas cultivares trabalhadas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Pós-colheita. Armazenamento.

ABSTRACT

Master dissertation
Graduate Program in Food Science and Technology
Federal University of Santa Maria

COLD STORAGE, CONTROLLED AND MODIFIED ATMOSPHERE IN CONSERVATION OF PHYSICAL CHEMICAL AND SENSORY QUALITIES IN CARIOCA BEANS CULTIVARS

AUTHOR: FERNANDA WOUTERS FRANCO

ADVISOR: AURI BRACKMANN

CO-ADVISOR: CLÁUDIA KAEHLER SAUTTER

Place and data of presentation: Santa Maria, august 31th, 2015

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has a high nutritional value due to the content of proteins, carbohydrates, minerals and vitamins and has great importance as an economic food to Brazil. After the harvest, the grain enters a deterioration process, intensified in lighter seed coat grains as cultivars of the Carioca group, used in this study. In a conventional storage in natural environmental conditions, this degradation occurs more rapidly due to factors such as high heat and humidity, but also due to the presence of microorganisms responsible for damage to the beans. Thus, new approaches to storage are required to reduce post-harvest losses. The cold storage, by reducing the temperature enables a greater retention for a longer period. Whereas new methods of conservation such as hermetic systems with modified atmosphere and controlled atmosphere have shown good results in maintaining grain quality, this study aimed to evaluate the effect of cold storage and atmosphere modified and controlled in the conservation of quality cultivars carioca beans. For this, 'Pérola' and 'BRS Estilo' beans were collected in Vacaria city-RS, in March, season of 2014. There were analyzes of crude protein, fat, moisture, ash, tegument color, cooking time, viscosity and sensory analysis intensity ranking test. The concentration of 1% O₂ compared to the other treatments resulted in the highest percentage of crude protein in beans 'Pérola'. In relation to the fat content, higher values were observed in CA at concentrations 2, 4 and 6% O₂ for longer periods for the two cultivars. Ash and total carbohydrates showed no significant difference in either storage times for any of the two cultivars. CA O₂ at low concentrations (1%, 2%, 4% and 6%) decreased the darkening process, guaranteeing a better maintenance of the original color for both cultivars, in five and eleven months of storage. The refrigerated storage at 10°C after five months resulted in lower cooking times for the two cultivars, besides maintaining longer the fraction bean lipids 'Pérola' and present less intense sensory analysis for consistency in this cultivar. Regarding flavor and odor in the beans 'Pérola' was most intense in samples subjected to CA 1% O₂ and this same treatment was effective with regard to color because it was considered by the judges as the beans with less color depth, meaning be lighter, which is desired for growing the Carioca group. Sensorially, the panel also considered that this low concentration of 1% O₂, results in a higher viscosity, i.e. a thicker broth. For 'BRS Estilo' beans, treatment with high concentrations of CO₂ (11% O₂ + 18% CO₂), showed the highest sums to the parameters taste, odor and viscosity of the broth. As obtained in the sensorial analysis, the storage condition of 10 °C AR was shown to be more efficient in conserving the light bean staining 'BRS Estilo'. In viscosity analysis in Brookfield viscometer, all the storage conditions had higher results compared to storage in natural environmental conditions for both worked cultivars.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Post-harvest. Storage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de feijão no Brasil - Principais estados produtores – 2007 a 2014 (em mil toneladas)	16
Tabela 2 - Tratamentos avaliados para conservação de feijões 'Pérola' e 'BRS Estilo'	28
Tabela 3 - Composição química do grão cru de feijão 'Pérola' após 5 meses de armazenamento. Santa Maria - RS, 2014	33
Tabela 4 - Composição química do grão cru de feijão 'Pérola' após 11 meses de armazenamento. Santa Maria, RS, 2014	33
Tabela 5 - Composição química do grão cru de feijão 'BRS Estilo' após 5 meses de armazenamento. Santa Maria, RS, 2014	35
Tabela 6 - Composição química do grão cru de feijão 'BRS Estilo' após 11 meses de armazenamento. Santa Maria - RS, 2014	35
Tabela 7 - Cor do tegumento de feijão Pérola no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria - RS, 2014	36
Tabela 8 - Cor do tegumento do feijão BRS Estilo no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria - RS, 2014	38
Tabela 9 - Tempo de cozimento do feijão 'Pérola' no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria, RS, 2014	39
Tabela 10 - Tempo de cozimento do feijão 'BRS Estilo' no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria - RS, 2014	41
Tabela 1 - Somatório do teste sensorial de ordenação de diferença por intensidade em amostras de feijão 'Pérola' armazenados por 11 meses em diferentes condições, Santa Maria - RS, safra 2014	42
Tabela 12 - Somatório das ordens do teste sensorial de ordenação de diferença por intensidade nas amostras de feijão 'BRS Estilo' após 11 meses de armazenamento em diferentes condições, Santa Maria-RS, safra 2014	43
Tabela 13 - Viscosidades (cP) para o feijão cultivar Pérola e para o feijão cultivar BRS Estilo armazenados por 11 meses em diferentes condições ambientais. Santa Maria, 2014	44

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - (a) Grãos de Cultivar BRS Estilo e (b) Grãos de Cultivar Pérola	20
Figura 2 - Viscosímetro Rotacional Analógico Brookfield HBT	30

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	55
ANEXO B – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ORDENAÇÃO DE DIFERENÇA POR INTENSIDADE EM AMOSTRAS DE FEIJÃO CULTIVAR PÉROLA, SANTA MARIA - RS, SAFRA 2014	57
ANEXO C – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ORDENAÇÃO DE DIFERENÇA POR INTENSIDADE EM AMOSTRAS DE FEIJÃO CULTIVAR BRS ESTILO, SANTA MARIA - RS, SAFRA 2014	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo Geral	15
1.2 Objetivos específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Importância do feijão e perda de qualidade durante o armazenamento	16
2.2 Características nutricionais do feijão	18
2.3 Cultivares BRS Estilo e Pérola	19
2.4 Armazenamento em atmosfera refrigerada	20
2.5 Armazenamento em atmosfera modificada (AM)	21
2.6 Armazenamento em atmosfera controlada (AC)	22
2.7 Viscosidade de caldo de feijão	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Análises físico-químicas	28
3.1.1 Composição química do grão cru	28
3.1.2 Cor do tegumento do grão cru	29
3.1.3 Tempo de cozimento	29
3.1.4 Viscosidade do caldo	30
3.2 Análise sensorial	31
3.2.1 Critérios de Inclusão e Exclusão	31
3.2.2 Análise Sensorial	31
3.3 Análise estatística	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Composição química do grão cru	33
4.2 Análise de cor	36
4.3 Tempo de cozimento	39
4.4 Análise sensorial dos feijões 'Pérola' e 'BRS Estilo'	42
4.5 Análise de viscosidade	44
5 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	54

1 INTRODUÇÃO

O grão de feijão, embora em estágio de dormência, tem todas as propriedades de um organismo vivo. Num sistema ideal de armazenagem, o grão e os microrganismos estão em estado de dormência. Porém, as condições ambientais como a temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa e taxas de CO₂ e O₂, variam durante o armazenamento. Uma variação anormal em qualquer um desses fatores pode criar condições de desenvolvimento e multiplicação de insetos-praga e doenças fúngicas.

De maneira geral, para o armazenamento de feijão são utilizados silos ou sacos, dentro dos armazéns, constituindo uma massa porosa, formada pelos grãos e espaços intergranulares. No espaço intergranular, o oxigênio presente acaba sendo utilizado para o processo respiratório dos grãos, seguido por um desgaste das substâncias nutritivas. Grãos armazenados são constituídos principalmente pela água livre, facilmente retirada pelo calor; e a água de constituição, fortemente fixada nas células. Por possuir propriedade de absorver ou ceder água para o ar que o envolve, quando a umidade relativa do ar do armazém se modifica, os grãos tendem a absorver ou perder umidade para o ambiente, até alcançarem o equilíbrio. Estes fatores são de grande importância nos mecanismos que regulam a qualidade de produtos agrícolas armazenados, como o feijão, cuja qualidade é bastante sensível a condição de armazenamento. Além das características da massa de grãos, é importante entender outros fatores, incluindo os físicos, como temperatura e umidade, e os biológicos, como os microrganismos e insetos, afetam na qualidade dos grãos.

A fim de prevenir as perdas excessivas na qualidade e quantidade durante o armazenamento de grãos, as práticas de secagem artificial e aeração refrigerada são técnicas largamente utilizadas para baixar a umidade do grão de maneira a evitar o ataque de fungos e o início do processo de germinação. Além disso, novas metodologias utilizando sistemas herméticos, como a atmosfera modificada e a controlada, vem apresentando bons resultados para conservação da qualidade do grão e inibição do surgimento e desenvolvimento de micro-organismos.

Segundo Rodríguez et al. (2002), a atmosfera modificada (AM) é uma técnica usada em “Silos Plásticos” completamente vedados com redução da concentração de O₂ do ambiente pela respiração dos grãos, insetos e fungos e também pela produção de CO₂ pelos mesmos, com isso ocorre a elevação da concentração de CO₂ e

diminuição do O₂ dentro deste ambiente, diminuindo o desenvolvimento e reprodução de microrganismos patógenos. Além disso, este tipo de armazenamento reduz a oscilação de temperatura e umidade dos grãos em relação ao ambiente.

Já na atmosfera controlada (AC) ocorre a manipulação de um ambiente vedado com a retirada de O₂ através de injeção de N₂ e elevação do CO₂ gerado pela respiração do produto ou injeção deste gás. O metabolismo de sementes ou grãos pode ser retardado pela AC, reduzindo deteriorações causadas pelo aumento do CO₂ e diminuição do O₂. Outra técnica também utilizada é a técnica de inertização de silos, ou seja, a injeção de gases inertes como N₂ e o CO₂ em silos no início do período de armazenamento para eliminar o O₂ ou aumentar a concentração de CO₂, mas não há controle posterior destas concentrações até o final do armazenamento, diferentemente da técnica de atmosfera controlada (ZORTEA, 1992).

O feijão carioca por possuir cor clara apresenta um processo de escurecimento do tegumento nas primeiras semanas de armazenamento, relacionado com a suscetibilidade desta variedade (BURR et al., 1968). Uma explicação para isso reside no fato dos compostos fenólicos serem responsáveis pela cor do tegumento e endurecimento dos grãos, podendo ocorrer através de dois mecanismos: por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes; o primeiro dificultando a penetração de água, e o segundo, limitando a capacidade de embebição. Conforme Sartori (1982), o escurecimento do tegumento está relacionado à oxidação enzimática, que depende da presença de oxigênio para reação de compostos fenólicos pela polifenoloxidase. No entanto, Iaderoza et al. (1989) afirmam que a alteração na coloração e nos compostos fenólicos não é devido a reações enzimáticas. O armazenamento ao ar em temperatura ambiente aumenta o escurecimento do tegumento, mas este também é influenciado pelo teor de umidade, temperatura e o período de armazenamento (BURR et al., 1968; SARTORI, 1982; IADEROZA et al., 1989). A principal teoria que enfatiza o envolvimento de enzimas no processo de endurecimento é a da lignificação. Esta teoria relaciona o desenvolvimento do endurecimento com a polimerização dos compostos fenólicos, provenientes principalmente das cascas que são ricas nestas substâncias, mediadas por enzimas oxido-redutases, e pela formação de ligações cruzadas entre os compostos fenólicos e as proteínas da parede celular das células dos cotilédones (NASAR-ABBAS et al., 2008). As condições de armazenamento do

feijão influenciam o endurecimento do tegumento e dos cotilédones e, conseqüentemente, o tempo de cozimento, sendo que as condições que proporcionam maior endurecimento dos grãos é a alta umidade e altas temperaturas (SIEVWRIGHT & SHIPE, 1986). Em relação à germinação, foi demonstrado que sementes armazenadas em ar germinam relativamente menos quando comparadas com sementes armazenadas em baixo O_2 (GOODESELL et al., 1955). Neuwald et al (1999) verificaram que após 14 meses de armazenamento de feijão carioca a cv. FT Bonito manteve maior germinação, menor escurecimento do tegumento, além de baixo tempo de cozimento, em baixa concentração de O_2 ou baixa temperatura ($0,5^\circ C$), quando comparado com ar em temperatura ambiente. Estudos mostraram que além de um maior percentual de germinação, o armazenamento em AC com concentração ultrabaixa de O_2 (1%) proporcionou manutenção da cor clara do tegumento, menor tempo de cozimento, controle total de insetos, sendo que AC reduziu a umidade dos grãos durante o armazenamento (BRACKMANN et al., 2002). Portanto, é importante conservar a qualidade dos grãos após a colheita, principalmente em relação ao escurecimento e as propriedades tecnológicas através do controle de fatores deterioradores.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições de armazenamento que podem retardar a perda da qualidade de duas cultivares de feijão carioca durante o armazenamento.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito do armazenamento refrigerado e em atmosfera modificada e controlada sobre conservação das características de qualidade do feijão carioca, tais como cor clara do tegumento, tempo de cozimento e obtenção de caldo grosso.
- Analisar o efeito das condições de armazenamento sobre as qualidades sensoriais de cultivares de feijão carioca, como intensidade de cor, sabor, odor, viscosidade do caldo e consistência do grão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do feijão e perda de qualidade durante o armazenamento

O gênero *Phaseolus* compreende todas as espécies conhecidas como feijão, sendo a *Phaseolus vulgaris* L. a mais conhecida e a que possui inúmeras variedades tais como, Carioca, Roxo, Mulatinho, Preto, entre outras (PIRES et al., 2005). O feijão é cultivado tanto em culturas de subsistência quanto em cultivo altamente mecanizado, sendo que a região Sul do Brasil ocupa lugar de destaque no cenário nacional, seguida pelas regiões Sudeste, Nordeste, Centro-oeste e Norte, respectivamente. O plantio em regiões produtoras de feijão pode ser feito em três épocas: a “safra das águas” que acontece de agosto a dezembro e concentra-se na Região Sul; a “safra da seca”, que ocorre em todo o país de janeiro a abril e a terceira safra, ou “safra de inverno”, que acontece na região do Centro-Oeste de maio a agosto, dependendo do estado (MOREIRA; STONE; BIAVA, 2003). Segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), o Brasil colheu no período de 2007 a 2014 (tabela 01) em média 3,3 milhões de toneladas de feijão por ano. Conforme dados de novembro/2014 – CONAB (Tabela 1), a produção estimada da safra 2013/14 foi de 3,44 milhões de toneladas. Para o período os cinco maiores produtores da leguminosa foram: Paraná (23%), Minas Gerais (18%), São Paulo (9%), Bahia (8%), Goiás (8%) e Mato Grosso (7%). Juntos respondem em média por 72% da produção nacional, com destaque para o Paraná que participa com 23% do total nacional.

Tabela 1 - Produção de feijão no Brasil - Principais estados produtores– 2007 a 2014 (em mil toneladas)

Estados	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média	% Médio
Bahia	322,6	352,4	336,4	390,4	262,9	117,6	189,2	264,6	279,5	8
Ceará	124,6	253,0	159,3	84,5	259,6	32,9	66,2	132,5	139,1	4
Goiás	271,4	217,6	263,8	288,8	260,1	308,1	236,1	263,4	263,7	8
Mato Grosso	67,1	144,7	151,2	120,9	234,8	224,4	294,5	535,0	221,6	7
Minas Gerais	503,5	566,1	599,3	623,7	582,3	663,7	564,8	574,9	584,8	18
Paraná	795,3	763,8	723,2	794,2	821,2	677,9	658,4	808,9	755,4	23
Pernambuco	114,2	154,6	136,7	88,5	161,5	33,8	46,3	87,4	102,9	3
Rio Grande do Sul	146,3	103,3	125,4	115,3	123,9	94,1	94,7	80,7	110,5	3
Santa Catarina	208,9	180,9	178,5	167,7	160,5	117,3	124,7	144,2	160,3	5
São Paulo	313,9	277,1	324,8	318,6	348,0	330,9	235,6	183,6	291,6	9
Outros	471,9	507,4	492,0	329,9	518,0	317,7	295,8	356,4	411,1	12
BRASIL	3.339,7	3.520,9	3.490,6	3.322,5	3.732,8	2.918,4	2.806,3	3.431,6	3.320,4	100,0

FONTE: CONAB (Dez / 2014)

Feijão total: 1ª, 2ª e 3ª safra

O tipo de armazenamento de feijão mais comum é realizado através da utilização de silos ou sacos, dentro dos armazéns, sem controle nenhum. A deterioração de grãos submetidos a este tipo de armazenamento, pode ocorrer mais lentamente ou rapidamente dependendo da elevação da temperatura. O processo respiratório também é grandemente influenciado pelo teor de umidade dos grãos. Quando a umidade em um sistema de armazenamento se encontra entre 11 e 13%, o processo respiratório se mantém baixo, garantindo a conservação da qualidade do produto armazenado por um período maior. Porém, com o teor de umidade elevado, o processo respiratório acelera, gerando uma rápida deterioração dos grãos armazenados em sacos empilhados ou silos, pois a troca de calor com o ambiente de armazenamento não acontece facilmente.

A qualidade de grãos de feijão está fortemente relacionada a parâmetros como cor, sabor, cozimento rápido, caldo espesso e maciez do grão, diminuindo com o tempo de armazenamento e com o aumento da acidez lipídica (HERMAN & WOOD, 1956; HUGHES & SANDSTED, 1975). Condições de armazenamento com alta umidade, temperatura e luminosidade por longos períodos de armazenamento resultam em feijões escuros e endurecidos. Tanto o escurecimento, como 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 processo de endurecimento do cotilédone deve-se também por modificações na aderência entre as células, tornando os grãos mais resistentes ao amaciamento obtido na cocção, resultando em alteração da textura e da palatabilidade (BATISTA; PRUDENCIO; FERNANDES, 2010, RIBEIRO; PRUDENCIO-FERREIRA; MIYAGUI, 2005). Estas modificações podem estar relacionadas a mecanismos múltiplos, como a gelatinização do amido, a desnaturação de proteínas ou até a perda de frações da parede celular (LIU, 1995; SHIGA et al., 2004). Os polifenóis também estão envolvidos na perda da qualidade pelo endurecimento de grãos através de dois mecanismos: polimerização na casca, que dificulta a penetração da água, ou lignificação dos cotilédones, que limita 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 de colorações mais escuras. Alguns fatores, como estocagem prolongada, altas temperaturas e umidade relativa (UR) elevada, podem acelerar o endurecimento de grãos, resultando em uma menor aceitação pelos consumidores, causando considerável perda pós-colheita do produto (JACKSON & VARRIANO-MARSTON, 1981; GARCIA & LAJOLO, 1994). Grãos endurecidos apresentam perda de valor nutritivo devido ao maior tempo de cozimento para obter a textura desejada, além de não formar caldo espesso e viscoso, sendo que este é um importante parâmetro de qualidade para os consumidores de feijão na América Latina (LIU, 1995). O mercado pratica o preço pago ao produtor de feijão de acordo com a qualidade tecnológica do produto ofertado. No caso de feijão preto, o tempo de cocção é o teste mais empregado. Porém em relação ao feijão carioca, a cor do tegumento dos grãos tem grande importância comercial, pois o consumidor associa a coloração clara a um produto novo, recém-colhido, enquanto que a coloração avermelhada é referente ao produto velho, com propriedades bromatológicas alteradas e, conseqüentemente, imprópria para o consumo. Estudos indicam que cultivares de feijão comum que apresentam estrias no tegumento, como o feijão pinto e o feijão carioca, podem conservar a coloração clara durante seu armazenamento (MARLES; VANDENBERG; BETT, 2008).

2.2 Características nutricionais do feijão

Considerado uma importante fonte proteica, o feijão possui dois principais componentes nutricionais: o amido e a proteína. Além disso, contém alto teor de minerais como o ferro e outros compostos como vitaminas, carboidratos e fibras, sendo responsável por 28% de proteína e 12% de energia na dieta da população brasileira (DURIGAN; SGARBIERI; BULISANI, 1987; PIRES et al., 2005). A qualidade da proteína de feijão é inferior à dos produtos de origem animal devido a seu baixo teor de aminoácidos sulfurados, sua resistência à proteólise em virtude da natureza das sementes e presença de outros compostos com potencial capaz de reduzir sua biodisponibilidade (DURANTI, 2006). Vários fatores são importantes para a obtenção de um feijão com qualidade, envolvendo cuidados que vão desde a fase de pré-produção, como a seleção da época mais adequada ao plantio, até a fase de comercialização, envolvendo questões relacionadas ao pós-colheita e

armazenamento. A manutenção da qualidade do grão de feijão é um parâmetro de grande importância durante a colheita e armazenamento, estando relacionada com o valor nutricional e a aceitabilidade pelo consumidor. Este valor nutricional está relacionado com o perfil de aminoácidos e o grau de digestibilidade, além de ser influenciado pela quantidade e qualidade de outras proteínas consumidas juntamente com as proteínas do feijão (NIELSEN,1991). O conteúdo de água de produtos vegetais tem grandes efeitos em sua qualidade e seu armazenamento pós-colheita. Cereais e culturas de semente devem ser mantidos sob condições relativamente secas para manutenção de um baixo conteúdo de umidade (<14%). O armazenamento em ambientes úmidos promove elevado crescimento de fungos, germinação e respiração (DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O.R, 2010).

2.3 Cultivares BRS Estilo e Pérola

A cultivar BRS Estilo originou-se do cruzamento EMP 250 /4/ A 769 /// A 429 / XAN 252 // V 8025 / PINTO VI 114, realizado em 1991 no CIAT, localizado em Cali, Colômbia. Apresenta arquitetura de plantas ereta, com resistência ao acamamento, sendo adaptada à colheita mecânica direta e apresentando ciclo normal (de 85 a 90 dias da emergência à maturação fisiológica). Seus grãos possuem uniformidade de coloração e de tamanho, tendo sua massa média de 100 grãos de 26 gramas. É indicada para as safras das “águas” em Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Sul; de “inverno” em Goiás, Mato Grosso e Tocantins; da “seca” em Goiás, Paraná, Santa Catarina, Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O tempo médio de cocção da BRS Estilo é de 26 minutos e, com relação à porcentagem de proteína, o teor médio da BRS Estilo é em torno de 23%. Na fase final de avaliação obteve superioridade de 6,3% em produtividade de grãos, quando comparada com a média da testemunha Pérola. Além de possuir grãos tipo carioca, que são os preferidos pelos consumidores, apresenta como principais vantagens o porte ereto, a moderada resistência à antracnose e o elevado potencial de rendimento, sendo uma excelente opção para os produtores de feijão carioca de praticamente todas as regiões produtoras do país (MELO et al, 2011).

Já a cultivar de feijão Pérola (linhagem LR 720982 CPL53) é proveniente da seleção de linhas puras da cultivar Aporé, realizado pela Embrapa Arroz e Feijão de

Goiás. Foi lançada com o nome Pérola em outubro de 1996, com recomendação estendida para Mato Grosso do Sul, em 1996, Paraná, em 1997, e Rio Grande do Norte, Acre, Rondônia e Espírito Santo, em 1998. Classificado no grupo comercial carioca, o grão da cultivar Pérola é de cor bege-clara, com rajadas marrom-claras, brilho opaco e peso de 100 sementes de 27 g. Seu tempo médio de cozimento é em torno de 29 minutos, e seu teor de proteína é próximo à 22%. Apresenta resistência à ferrugem e ao mosaico-comum. Em condições de campo, foi moderadamente resistente à murcha de Fusarium e à mancha angular. Quanto à antracnose, possui resistência à raça alfa-brasil TUS e suscetibilidade às raças alfa-brasil, kapa e zeta (YOKOYAMA,1999).



Figura 1 - (a) Grãos de Cultivar BRS Estilo e (b) Grãos de Cultivar Pérola
Fonte: EMBRAPA, 2010

2.4 Armazenamento em atmosfera refrigerada

Condições de armazenamento com temperaturas acima de 25°C e teor de umidade acima de 16% possibilitam o rápido desenvolvimento e proliferação de microrganismos como fungos e insetos, além de acelerarem o processo de envelhecimento do grão. Fatores como estes contribuem para uma perda na qualidade do grão, tanto nutricionalmente como sensorialmente. Para impedir isso, uma alternativa é o emprego do armazenamento em atmosfera refrigerada, que consiste em reduzir a temperatura da massa de grãos a valores abaixo de 17 °C. Este efeito conservador do frio ocorre através da inibição total ou parcial de agentes responsáveis pela alteração de alimentos, como microrganismos, atividades metabólicas dos tecidos vegetais e enzimas. Como a velocidade das reações

químicas e enzimáticas diminui de maneira logarítmica com a temperatura (lei de Arrhenius), isto permite uma menor perda de qualidade de alimentos através do controle da atividade fisiológica, da degradação de pigmentos e vitaminas, desnaturação de proteínas e na oxidação de lipídeos (ORDÓÑEZ et al,2005). Guo Li (2008) armazenou por até 18 dias vagens verdes sob três temperaturas: 0°C, 8°C e em temperatura ambiente a 25°C. Frente as duas outras condições de armazenamento, o tratamento com temperatura de 0°C mostrou resultados com maior qualidade fisiológica (taxa de respiração, ácidos e açúcares) e de maior qualidade comercial (sólido solúveis, peso e cor). Portanto, o armazenamento a 0°C para vagens verdes, pode ser utilizado para prolongar sua vida de prateleira.

2.5 Armazenamento em atmosfera modificada (AM)

Sistemas herméticos são definidos como aqueles que possibilitam a modificação da atmosfera intergranular por conversão do oxigênio para gás carbônico, através da respiração dentro do ecossistema de armazenamento (DARBY & CADDICK, 2007). Esse sistema é utilizado há muitos anos com o objetivo de preservar as características pós-colheita de grãos recém colhidos por períodos prolongados (SIGOUT, 1980; DE LIMA, 1990; BROOKER et al., 1992). Em zonas rurais de países em desenvolvimento, o armazenamento hermético apresenta-se como a única forma mais eficiente de armazenagem segura de grãos sem representar grandes custos ao agricultor. Tal fato está relacionado com a possibilidade de utilização das embalagens recicladas ou reutilizadas que permitam vedação, tais como tambores e também por dispensar o controle químico de pragas, o que também torna o processo menos oneroso. Além de ter baixo custo, essa forma de armazenagem permite ao agricultor manter o produto armazenado, de forma segura, durante a entressafra e/ou período de queda nos preços (QUEZADA et al., 2006). Países como a Austrália, Brasil e Argentina, que possuem agricultura mecanizada e utilização intensa de insumos, vêm adotando o sistema de armazenamento hermético em silos tipo bolsa, que são compostos de três camadas de polietileno de alta densidade (DARBY& CADDICK, 2007). A utilização dos silos bolsa no Brasil está, a cada ano, se tornando uma prática comum, principalmente em propriedades agrícolas, e se tornando aos poucos uma alternativa aos métodos tradicionais de armazenagem

em fazenda (FARONI et al., 2009; RODRIGUEZ et al., 2002). Sua metodologia consiste no armazenamento de grãos em bolsas plásticas seladas hermeticamente, em que o processo respiratório dos componentes bióticos do ecossistema (grãos, fungos, insetos) consomem o oxigênio (O_2) gerando dióxido de carbono (CO_2). Uma atmosfera rica em CO_2 e pobre em O_2 pode diminuir a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento de insetos e fungos, como também a própria atividade metabólica dos grãos, favorecendo sua conservação e reduzindo a taxa de oxidação do produto armazenado (JAYAS, 2000; QUEZADA et al., 2006). Num sistema hermeticamente fechado, trocas gasosas entre os meios interno e externo não ocorrem, impossibilitando a entrada do O_2 e a saída do CO_2 . O teor de oxigênio no interior da massa de grãos é reduzido, muitas vezes, a um nível abaixo de 3%, e o teor de dióxido de carbono elevado a um nível onde a respiração aeróbia cessa (BEN et al., 2006). Segundo Moreno et al (2000), quando o ar intergranular apresenta concentração de oxigênio igual ou inferior a 3%, ocorre decréscimo no desenvolvimento de insetos. Além disso, quando este valor é de aproximadamente 1%, tem-se uma diminuição na contaminação por fungos. Freitas (2009), observou que grãos de feijão com teores de água de 12,3 e 15,7% b.u., armazenados em condições herméticas, mantiveram as características analisadas após 120 dias, exceto o tempo de cocção. Os grãos com teores de água de 17,8% b.u., armazenados em mesmas condições também mantiveram as características analisadas por um período de 60 dias. Em trabalhos com armazenamento de grãos de trigo e milho (CASINI et al., 1996; RODRIGUEZ et al., 2002), foi possível observar que grãos com teores de água de 12 e 13% (b.u.) conservaram sua qualidade, mesmo após longos períodos de armazenamento como 208 e 120 dias, respectivamente. Quando os teores de água foram acima de 14% b.u., houve perda da qualidade durante o armazenamento. Grãos de girassol armazenados com teor de água de 8,6% também tiveram comportamento semelhante, mantendo sua qualidade após 160 dias de armazenamento. Porém os grãos armazenados com teor de água de 16,4%, não conseguiram manter a qualidade após o mesmo período.

2.6 Armazenamento em atmosfera controlada (AC)

Bishop (1996) define armazenamento em atmosfera controlada (AC) como um sistema com baixas concentrações de O_2 e/ou altas concentrações de CO_2 gerados

pela respiração singular ou artificial, isto é, monitorada por uma sequência de medições e correções durante todo o período de armazenamento. Técnicas de atmosfera controlada possuem importante função em sistemas integrados para proteção de grãos, principalmente com a necessidade de tratamentos livres de resíduos (BANKS; ROBINSON, 1984). A importância de baixas taxas de O₂ com altas concentrações de CO₂, causando a mortalidade de insetos em produtos hermeticamente armazenados, foi demonstrado por Bailey em 1980, sendo mais claramente observado este efeito sinérgico da depleção de O₂ concomitantemente com o acúmulo de CO₂ por Calderon e Navarro (1979). Considerando que a composição da atmosfera é constituída por aproximadamente 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 0,03% de gás carbônico e pequenas percentagens de outros gases, a atmosfera controlada consiste principalmente em alterar as concentrações de O₂ e CO₂ deixando em níveis desejáveis, através de um gás inerte como o N₂ (LUNARDI, 2008). Segundo Brackmann e Chitarra (1998), para obtenção de resultados benéficos com o tratamento em AC, o nível de O₂ deve ser reduzido de 1% a 3% e o nível de CO₂ deve ser elevado de 3% a 15%, levando em consideração o produto a ser armazenado. A eficácia da AC no controle de insetos, microorganismos e para a manutenção da qualidade do grão, é dependente de vários fatores abióticos (composição gasosa, umidade relativa do ar, temperatura, tempo de exposição e pressão do gás) e bióticos (espécies de insetos, fase da vida, tamanho e distribuição de infestação). Uma atmosfera rica em CO₂ e pobre em O₂ tanto pode diminuir a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento de insetos e de fungos, como também a própria atividade metabólica dos grãos, favorecendo sua conservação (JAYAS, 2000; MORENO et al., 2000; MORENO et al., 2006; QUEZADA et al., 2006), além de reduzir a taxa de oxidação do produto armazenado (VILLERS et al., 2006). Além disso, no armazenamento hermético, o aumento da taxa de CO₂ gerada e, conseqüentemente, a diminuição de O₂ no sistema, estabiliza o processo de degradação da massa de grãos através da redução de sua taxa respiratória e da taxa respiratória dos possíveis organismos presentes.

Tome et al. (2000) constataram que 0, 30, 40, 50 e 60% de CO₂, com o N₂ em equilíbrio, não afetou o teor de umidade, absorção de água, tempo de cozimento ou índice de cor dos grãos de *Phaseolus vulgaris* durante o armazenamento por 20 dias. Brackmann et al. (2002) descobriram que o armazenamento de três genótipos de

feijão ('Carioca', 'Pérola' e 'Linhagem M91-012') por 19 meses, em temperatura ambiente com fluxo contínuo de N_2 de $1,1 L h^{-1}$, apresentaram menor coloração do tegumento e um tempo de cozimento mais curto do que aqueles armazenados em temperatura ambiente de maneira convencional ($25^{\circ}C$).

De acordo com Jayas et al. (1991), a atmosfera controlada (AC) se baseia na alteração da constituição dos gases da atmosfera, ou seja, diminuição da concentração de oxigênio e elevação nas concentrações de nitrogênio e dióxido de carbono, evitando o crescimento de mofo e a presença de insetos, o que manteria a qualidade dos grãos e a germinação. Geralmente em produtos vegetais, quando a pressão externa é baixa, ocorre uma intensa queda da atividade respiratória. Isso acontece pois abaixo de 2% de O_2 o metabolismo do vegetal se torna anaeróbio, devido a redução das atividades das enzimas ascorbatoxidase, polifenol-oxidase e ácido glicólico-oxidase, as quais tem 5 ou 6 vezes menos afinidade ao O_2 que a citocromo-oxidase (Zagory & Kader, 1989). Concentrações baixas de O_2 também pode induzir a supressão de genes responsáveis por codificar enzimas relacionadas à maturação, como celulose, poligalacturonase, ácido-invertase, sacarose-fosfatossintase e amino-ciclopropano-1-carboxilato-oxidase (KANELLIS, SOLOMOS, & ROUBELAKIS-ANGELAKIS, 1991). Foi observado por Kader (1997) que, em geral, níveis de O_2 devem ser inferiores a 5% para obter-se uma diminuição da respiração. No caso de vagens verdes (*Phaseolus vulgaris* L.) Groeschel, Nelson e Steinberg (1966) observaram que tratamentos com 5% de O_2 diminuíram a taxa de respiração em 20%, enquanto que a concentração de 2% de O_2 , baixou em 40% esta taxa. Sanchez-Mata et al. (2003) descobriram que à $8^{\circ}C$, em condição de armazenamento à 3% de O_2 + 3% de CO_2 prolongou por mais tempo a vida de prateleira e preservou o valor nutritivo (níveis mais estáveis de umidade, carboidratos totais disponíveis, sólidos solúveis totais superiores, frutose e glicose) de vagens verdes, comparando com o armazenamento convencional e a atmosfera controlada com 5% de O_2 + 3% de CO_2 , ou com 1% de O_2 + 3% de CO_2 .

As condições de armazenagem devem ser controladas para evitar a respiração anaeróbica do produto, que pode provocar produção de etanol e compostos voláteis, podendo ter sabores estranhos, bem como a proliferação de microrganismos anaeróbios, (LARSON et al, 1997).

2.7 Viscosidade de caldo de feijão

Na dieta humana a aceitabilidade de alimentos, como o feijão carioca, depende não apenas de sua qualidade nutricional, mas também de suas características de cozimento, de hidratação e da qualidade do caldo produzido. A reologia desempenha um papel importante no desenvolvimento, fabricação e processamento de produtos alimentícios. O estudo da reologia, do grego *rheos* (escoamento) e *logos* (conhecimento), compreende o escoamento ou a deformação do material analisado quando é submetido a uma tensão (LACHMAN,2001).

A expressão da resistência ao fluxo de uma substância, quando submetida a uma tensão, é chamada de viscosidade, ou seja, uma maior viscosidade implica em uma maior resistência. A deformação sofrida por determinado material pode ser do tipo elástica, no caso deste material voltar à sua forma inicial após a força aplicada ser retirada, ou plástica se esta deformação se conservar. Ao definir o comportamento reológico do material analisado, precisa-se levar em consideração a taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) e a tensão de cisalhamento (τ). A primeira indica a taxa com que um material escoar quando uma determinada força é aplicada e a segunda indica a pressão que age sobre o material.

As propriedades de escoamento e deformação dos alimentos tem importância na concepção de medidas que ajudam na avaliação sensorial de propriedades de textura do produto. Através das correlações entre testes reológicos e sensoriais, temos como avaliar a preferência, considerando parâmetros de qualidade do produto, pelos consumidores. Além disso, através de testes reológicos em alimentos, é possível elucidar sua estrutura ou composição e a análise de alterações estruturais que ocorrem durante vários processos, como por exemplo, a conservação pós-colheita (NAVAS, 2006). O conhecimento de suas propriedades reológicas é fundamental no dimensionamento e operacionalização de equipamentos envolvidos no seu processamento, bem como no controle de qualidade e na determinação da sua vida-de-prateleira (BUFFO; REINECCIUS, 2002)

Kaur & Singh (2007) verificaram que feijões com HTC apresentam aumento dos parâmetros texturométricos de dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, comparados a feijões normais. A estrutura e a funcionalidade do amido também são fatores importantes na determinação das propriedades funcionais

dos produtos feitos a partir de grãos. A gelatinização do amido, a desnaturação de proteínas e a perda de frações da parede celular são consideradas como alguns dos mecanismos responsáveis pelo endurecimento (LIU, 1995; SHIGA et al., 2004), de tal forma que grãos que apresentam endurecimento e necessitam de maior tempo de aquecimento para a obtenção da textura desejada, além de resultarem em um caldo menos viscoso. Poucos são os trabalhos que analisam o comportamento das propriedades reológicas de caldos de feijão submetidos a diferentes condições de armazenamento, sendo necessário mais estudos nesta área.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) da Universidade Federal de Santa Maria. Foram coletadas amostras experimentais das cultivares Pérola e Estilo na empresa Chapada Grãos Comércio, Importação e Exportação, no município de Vacaria no Rio Grande do Sul, no mês de março de 2014. Inicialmente as amostras passaram por limpeza manual para eliminação de insetos-pragas que poderiam prejudicar o andamento do trabalho. Utilizou-se três repetições para cada tratamento no delineamento inteiramente casualizado. Após homogeneizadas as amostras, realizou-se a determinação da média do teor de umidade das duas cultivares, obtendo para cultivar Pérola um valor de 13,6% e para Estilo 13%. Posteriormente foram acondicionadas em minicâmaras experimentais hermeticamente fechadas, com um volume de 20 L. As minicâmaras foram colocadas dentro de uma câmara frigorífica na temperatura de $25 \pm 0,2$ °C, exceto um tratamento que foi refrigerado a $10 \pm 0,2$ ° C. Para o armazenamento em atmosfera controlada, submeteu-se as unidades experimentais à diferentes concentrações de CO₂ e de O₂. Durante o armazenamento foi realizada a determinação da concentração de gases (O₂ e CO₂) uma vez por semana para manter a condição pré-estabelecida para cada tratamento. Para os tratamentos com atmosfera controlada, as pressões parciais eram obtidas por diluição do O₂ do ar, por meio da injeção de N₂ nas minicâmaras, através de um equipamento gerador de N₂ (99,5% de N₂), com uma UR abaixo de 5%, produzido com um gerador fabricado pela empresa JANUS & PERGHER que funciona pelo princípio “Pressure Swing Adsorption” (PSA), onde a passagem do ar, por uma coluna de carvão ativado, produz uma composição gasosa com 0,3 kPa de O₂ e 99,7 kPa de N₂. Para as pressões parciais de O₂, através do sistema PSA, ocorria a redução dos níveis de O₂ de 20,9 para a condição pré-estabelecida para cada tratamento. Para as pressões parciais de CO₂, foi injetado CO₂ de um cilindro de alta pressão até o nível desejado na minicâmara. A medição e correção das pressões parciais de O₂ e CO₂ nas minicâmaras foram efetuadas manualmente com o auxílio de um analisador de gases da marca Schele®. As diferentes concentrações de O₂ e CO₂ utilizadas na atmosfera controlada e o tratamento com atmosfera modificada, somados ao tratamento de

armazenamento convencional a 25°C e o refrigerado a 10°C totalizaram 10 tratamentos descritos na tabela 1, a seguir.

Tabela 2 - Tratamentos avaliados para conservação de feijões 'Pérola' e 'BRS Estilo'.

Tratamento	Descrição
T1	Controle – temperatura e atmosfera ambiente
T2	Atmosfera refrigerada sob 10°C
T3	Atmosfera modificada
T4	Atmosfera controlada 1% O ₂ + CO ₂ <1%
T5	Atmosfera controlada 2% O ₂ + CO ₂ <1%
T6	Atmosfera controlada 4% O ₂ + CO ₂ <1%
T7	Atmosfera controlada 6% O ₂ + CO ₂ <1%
T8	Atmosfera controlada 10% O ₂ + 10% CO ₂
T9	Atmosfera controlada 11% O ₂ + 18% CO ₂
T10	Atmosfera controlada 4% O ₂ +10% CO ₂

Com exceção do tratamento T2, que foi armazenado a 10°C, os demais tratamentos foram armazenados a 25°C ± 0,2°C.

3.1 Análises físico-químicas

3.1.1 Composição química do grão cru

O preparo das unidades amostrais foi realizado no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL). As amostras experimentais consistiram em três repetições com aproximadamente 100 g cada para todos os 10 tratamentos. Para trituração das amostras foi utilizado micro moinho refrigerado marca Marconi® modelo MA-630, separadamente por nove minutos, em intervalos de três em três minutos para homogeneização da amostra. Obteve-se uma granulometria máxima de 48 mesh. A partir da farinha obtida, avaliou-se, segundo a metodologia indicada pela AOAC (2006), a umidade através de peso constante em estufa a 105°C e cinzas pelo método da incineração em mufla a 550°C. A fração lipídios foi obtida pelo método de Bligh e Dyer (1959), as proteínas pelo método de semi-micro Kjeldahl e carboidratos digeríveis e não digeríveis pela diferença, ou seja, 100% menos a soma dos constituintes anteriores. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em base seca.

3.1.2 Cor do tegumento do grão cru

Foi avaliada a cor do tegumento através de colorímetro, marca MINOLTA, modelo CR-310, que faz a leitura de cores num sistema tridimensional avaliando a cor em três eixos. O eixo vertical “L” corresponde a cor da amostra do preto ao branco, o eixo “a” da cor verde ao vermelho e o eixo “b” da cor azul ao amarelo. Para cada tratamento, foram analisadas quatro repetições. A análise consistiu em 10 determinações para cada amostra, em um recipiente de 22 cm de diâmetro e 3 cm de altura de modo que o feijão cobriu completamente o fundo do recipiente, contra um fundo branco.

3.1.3 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi realizado no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) determinado segundo o método proposto por Mattson (1946) e alterado por Burr, Kon e Morris (1968), com adaptações. O método consiste em avaliar através de 25 grãos previamente embebidos em 80 mL de água destilada, por 8 horas, a 25°C, e após este tempo, a água foi eliminada e os grãos colocados na placa suporte do aparelho ficando cada haste sobre um grão. Cada haste apresenta comprimento de 210 mm e massa de 89 g, possuindo, na extremidade, uma ponta afunilada com 2,05 mm de diâmetro e comprimento de 9 mm, para a penetração no grão em análise. O equipamento com os grãos foi colocado em panela com capacidade de três litros, contendo em seu interior 400 mL de água destilada fervente, e foi aquecido em fogão a gás. À medida que o cozimento ocorria, após a água atingir a temperatura de 90°C, as hastes caíam de acordo com seu tempo de cocção e cronometrado em minutos. Anotou-se o tempo decorrido desde o momento que o cozedor foi colocado na água destilada fervente até a queda da haste, obtendo-se o tempo de queda ou tempo de cocção de cada grão. O tempo de cocção foi finalizado pela queda da 13ª haste, ou seja, mais de 50%, obtendo assim o tempo médio de cozimento para cada amostra.

3.1.4 Viscosidade do caldo

Para a obtenção dos dados de viscosidade do caldo de feijão carioca, foram utilizadas as amostras das cultivares BRS Estilo e Pérola armazenadas por 11 meses. A análise ocorreu no Laboratório de Cosmetologia do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). A determinação da viscosidade foi realizada de acordo com Delahaye (2001) com alterações. Foi usado o Viscosímetro Rotacional Analógico Brookfield HBT, com spindle nº 1, 2 e 4, rotação de 60 rpm em temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

A metodologia do preparo do caldo baseou-se em Oliveira (2009). Foram usadas amostras de 300 gramas de grãos inteiros, em triplicata, de cada cultivar de feijão, maceradas em 1500 ml de água destilada por oito horas, em temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$). A água foi separada dos grãos e colocada em aquecimento em uma panela de pressão, com capacidade para seis litros, até levantar fervura. Em seguida, adicionaram-se os grãos, sem a adição de cloreto de sódio ou de condimentos, e aguardou-se nova fervura. A panela foi tampada, com o feijão sendo cozido sob pressão por 30 minutos, após a saída constante de vapor e temperatura de aproximadamente 116°C . Utilizou-se o caldo do feijão separado através de peneira de polietileno de cada triplicata e transferidos para falcons, previamente limpos, nos quais foi realizado o teste de viscosidade.



Figura 2 - Viscosímetro Rotacional Analógico Brookfield HBT
Fonte: www.vidrafoc.com

3.2 Análise sensorial

3.2.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão da pesquisa incluíram 50 julgadores não treinados que aceitaram assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), estando livres de doenças olfativas e gustativas, não fumavam e tinham o hábito de comer feijão cozido na sua alimentação. Os critérios de exclusão foram os julgadores que não apreciam ou não possuíam o hábito de comer feijão, e pessoas que possuíssem hipersensibilidade ou alergia à algum constituinte do caldo de feijão carioca.

3.2.2 Análise Sensorial

A análise sensorial do caldo de feijão carioca ocorreu no Laboratório de Análise Sensorial, prédio 42 do Centro de Ciências Rurais. Após o esclarecimento sobre os testes, os julgadores receberam o termo de consentimento livre esclarecido (ANEXO A) e assinaram se concordassem com a participação no teste, conforme a resolução CNS 466/12 que prescreve a ética na pesquisa com seres humanos. Os avaliadores receberam 25 g de feijão carioca cozido em recipientes de plástico de fundo branco. Foi realizado o teste discriminativo de ordenação de diferença por intensidade com relação aos atributos cor, sabor, aroma, consistência do grão e viscosidade do caldo, a fim de avaliar se existe diferença significativa entre os tratamentos controle, atmosfera controlada com 1% O₂, atmosfera controlada com 11% de O₂ e 18% de CO₂ e atmosfera refrigerada. A intensidade de cada atributo foi então analisada em uma ficha de avaliação tanto para a cultivar Pérola (Anexo B) como para a cultivar Estilo (Anexo C), avaliando cada amostra da esquerda para a direita e em seguida ordenando de forma crescente, ou seja, da amostra que apresentasse o atributo em menor intensidade para o de maior intensidade. Através do teste de Friedman, foi verificado a existência de diferença significativa entre as amostras.

3.3 Análise estatística

Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata. Para os resultados obtidos foi realizada a Análise de variância (ANOVA), o teste F e posteriormente o teste de Tukey, quando o teste F foi significativo ao nível de 5% utilizando o programa estatístico Statistica 7.0 (Statsoft).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química do grão cru

A composição química dos grãos de feijão 'Pérola' após 5 e 11 meses está apresentada nas tabelas 3 e 4 respectivamente.

Tabela 3 - Composição química do grão cru de feijão 'Pérola' após 5 meses de armazenamento. Santa Maria - RS, 2014.

Condições de armazenamento	Proteína (%)	Lipídios (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	C** (%)
Convencional	19,95 ^c	1,92 ^b	15,00 ^a	3,65 ^a	59,48 ^a
AR 10°C	22,17 ^a	2,15 ^{ab}	14,26 ^{ab}	3,65 ^a	57,77 ^a
AM	20,95 ^{bc}	2,00 ^{ab}	13,44 ^{bc}	3,75 ^a	59,92 ^a
AC 1% O ₂ +CO ₂ <1%	20,45 ^{bc}	2,08 ^{ab}	13,82 ^{ab}	3,60 ^a	60,81 ^a
AC 2% O ₂ +CO ₂ <1%	20,00 ^c	2,07 ^{ab}	12,59 ^c	3,65 ^a	61,70 ^a
AC 4% O ₂ +CO ₂ <1%	20,54 ^{bc}	2,12 ^{ab}	13,23 ^{bc}	3,65 ^a	60,46 ^a
AC 6% O ₂ +CO ₂ <1%	20,63 ^{bc}	2,21 ^a	12,95 ^{bc}	3,70 ^a	60,50 ^a
AC10%O ₂ +10% CO ₂	20,96 ^{bc}	2,13 ^{ab}	13,59 ^{abc}	3,75 ^a	59,57 ^a
AC11% O ₂ +18% CO ₂	21,74 ^b	2,00 ^{ab}	13,44 ^{bc}	3,50 ^a	59,33 ^a
AC 4% O ₂ +10% CO ₂	22,36 ^a	1,95 ^{ab}	14,28 ^{ab}	3,75 ^a	57,68 ^a

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p>0,05) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.C**= Carboidratos totais

Tabela 4 - Composição química do grão cru de feijão 'Pérola' após 11 meses de armazenamento. Santa Maria, RS, 2014.

Condições de armazenamento	Proteína (%)	Lipídios (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	C** (%)
Convencional	18,28 ^{ab}	1,104 ^b	15,80 ^{ab}	3,6 ^a	61,2 ^a
AR 10°C	19,97 ^{ab}	1,803 ^a	15,23 ^b	3,2 ^a	59,79 ^a
AM	17,19 ^b	0,844 ^b	16,15 ^a	3,4 ^a	62,40 ^a
AC 1% O ₂ +CO ₂ <1%	20,46 ^a	1,065 ^b	15,61 ^{ab}	3,5 ^a	58,85 ^a
AC 2% O ₂ +CO ₂ <1%	19,80 ^{ab}	1,267 ^{ab}	16,03 ^{ab}	3,6 ^a	59,30 ^a
AC 4% O ₂ +CO ₂ <1%	19,18 ^{ab}	1,782 ^a	14,90 ^c	3,6 ^a	60,60 ^a
AC 6% O ₂ +CO ₂ <1%	19,39 ^{ab}	0,900 ^b	15,95 ^{ab}	3,3 ^a	60,47 ^a
AC10%O ₂ +10% CO ₂	18,66 ^{ab}	1,147 ^b	15,96 ^{ab}	3,7 ^a	60,53 ^a
AC11% O ₂ +18% CO ₂	18,05 ^{ab}	0,767 ^{bc}	16,23 ^a	3,4 ^a	61,54 ^a
AC 4% O ₂ +10% CO ₂	19,02 ^{ab}	0,700 ^{bc}	14,75 ^c	3,7 ^a	61,86 ^a

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p>0,05) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.C**= Carboidratos totais

Oliveira et al. (2011), também trabalhando com feijão Pérola, após 6 meses, não encontrou diferenças significativas entre o valor de proteína bruta do tratamento com AR 0°C e o valor obtido para armazenamento convencional, afirmando que a qualidade proteica foi preservada com armazenamento refrigerado. Rupollo (2011) trabalhou com feijão do grupo Carioca (cv. Carioca) e encontrou o resultado de 22,23 g 100 g⁻¹ MS para AR 5°C. Aos 11 meses, o tratamento que manteve porcentagem de proteína bruta próxima da obtida em cinco meses e que foi a maior quando comparada aos outros tratamentos, foi em baixo O₂ com taxa de 1%, ou seja, para esta cultivar, uma menor exposição ao oxigênio manteve por mais tempo seu conteúdo proteico.

Os valores de lipídios do feijão 'Pérola' para 5 meses (Tabela 3) ficaram elevados para todos os tratamentos, quando comparados ao armazenamento convencional (menor porcentagem de lipídeos). Possivelmente, devido aos altos níveis de oxigênio da atmosfera ambiente, tenha ocorrido oxidação lipídica, diminuindo a porcentagem deste composto no grão. Já em 11 meses (Tabela 4), observou um comportamento diferente entre os tratamentos analisados. Os armazenamentos que conservaram melhor as porcentagens de lipídeos foram o refrigerado a 10°C, as concentrações de 2% a 4% de O₂ e o tratamento com 10% de O₂ + 10% CO₂. Os demais tratamentos não se mostraram tão eficientes para manutenção desde composto no feijão desta cultivar.

Todos os tratamentos na cv. Pérola apresentaram uma menor umidade que o armazenamento convencional após 5 meses. Em 11 meses, o armazenamento em AM e em AC 11% O₂+18% CO₂ apresentou maior umidade que demais tratamentos.

Os resultados de cinzas e carboidratos totais no feijão 'Pérola' (Tabelas 3 e 4) em todos os tratamentos, não apresentaram diferença significativa entre si para 5 meses, nem para 11 meses de armazenamento, assim como Barampama & Simard (1993) que encontraram teores de cinzas entre 3,8 a 4,5% ao estudarem quatro variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas em diferentes regiões de Burundi.

Nas tabelas 5 e 6 estão apresentadas as porcentagens da composição centesimal nos tempos 5 e 11 meses para o feijão 'BRS Estilo', respectivamente.

Tabela 5 - Composição química do grão cru de feijão 'BRS Estilo' após 5 meses de armazenamento. Santa Maria, RS,2014.

Condições de armazenamento	de	Proteína (%)	Lipídios (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	C** (%)
Convencional		18,90 ^c	1,92 ^b	15,00 ^a	3,50 ^a	63,54 ^a
AR 10°C		21,10 ^{ab}	2,12 ^{ab}	14,26 ^{ab}	3,60 ^a	61,39 ^a
AM		20,95 ^{bc}	1,99 ^{ab}	13,44 ^{bc}	3,70 ^a	63,54 ^a
AC 1% O ₂ +CO ₂ <1%		20,34 ^{bc}	2,08 ^{ab}	13,82 ^{ab}	3,40 ^a	63,57 ^a
AC 2% O ₂ +CO ₂ <1%		19,94 ^c	2,08 ^{ab}	12,59 ^c	3,50 ^a	64,96 ^a
AC 4% O ₂ +CO ₂ <1%		20,53 ^{bc}	2,12 ^{ab}	13,23 ^{bc}	3,50 ^a	64,04 ^a
AC 6% O ₂ +CO ₂ <1%		20,78 ^{bc}	2,21 ^a	12,95 ^{bc}	3,50 ^a	64,13 ^a
AC10%O ₂ +10% CO ₂		20,84 ^{bc}	2,14 ^{ab}	13,59 ^{abc}	3,50 ^a	63,25 ^a
AC11% O ₂ +18% CO ₂		22,13 ^b	1,98 ^{ab}	13,44 ^{bc}	3,70 ^a	62,76 ^a
AC 4% O ₂ +10% CO ₂		22,89 ^a	1,95 ^{ab}	14,28 ^{ab}	3,70 ^a	60,35 ^a

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p>0,05) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.C**= Carboidratos totais.

Tabela 6 - Composição química do grão cru de feijão 'BRS Estilo' após 11 meses de armazenamento. Santa Maria - RS,2014.

Condições de armazenamento	de	Proteína (%)	Lipídios (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	C** (%)
Convencional		16,42 ^b	1,87 ^a	16,00 ^a	3,37 ^a	62,64 ^a
AR 10°C		17,38 ^b	2,04 ^a	14,75 ^{ab}	3,44 ^a	62,26 ^a
AM		17,03 ^b	2,01 ^a	15,63 ^{ab}	3,48 ^a	62,79 ^a
AC 1% O ₂ +CO ₂ <1%		18,00 ^b	2,07 ^a	15,15 ^{ab}	3,44 ^a	62,78 ^a
AC 2% O ₂ +CO ₂ <1%		15,74 ^b	2,00 ^a	16,17 ^a	3,30 ^a	63,01 ^a
AC 4% O ₂ +CO ₂ <1%		16,92 ^b	2,02 ^a	15,37 ^{ab}	3,20 ^a	62,62 ^a
AC 6% O ₂ +CO ₂ <1%		17,46 ^b	1,62 ^a	14,11 ^c	3,82 ^a	63,04 ^a
AC10%O ₂ +10% CO ₂		16,06 ^b	1,81 ^a	15,26 ^{ab}	3,34 ^a	63,81 ^a
AC11% O ₂ +18% CO ₂		16,19 ^b	2,11 ^a	16,03 ^a	3,50 ^a	62,60 ^a
AC 4% O ₂ +10% CO ₂		20,59 ^a	1,81 ^a	14,75 ^{ab}	3,50 ^a	61,78 ^a

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p>0,05) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.C**= Carboidratos totais.

No feijão 'BRS Estilo' foi observado em 5 e 11 meses (Tabela 5 e 6) que o tratamento que apresentou maior teor de proteína bruta, foi AC 4%O₂+10%CO₂. Para a fração lipídeos, após cinco meses, o tratamento com 6% de O₂ mostrou-se efetivo na conservação de lipídeos, porém só diferindo estatisticamente do armazenamento convencional que apresentou o menor nível de lipídios. No final de armazenamento em 11 meses, não houve diferença significativa entre as condições de

armazenamento. Para uma menor umidade do grão, mostrou-se necessário concentrações de 2 a 6% O₂, uma possível explicação seria que para manter o controle destas concentrações baixas de O₂ durante 11 meses de armazenamento, utilizou-se o N₂, o que pode ter ajudado a carrear a umidade presente dentro dos minisilos para o meio exterior. Cinzas e carboidratos totais não apresentaram diferença significativa em nenhum dos dois tempos de armazenamento.

4.2 Análise de cor

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de L*, a*, b* para o feijão 'Pérola' no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento.

Tabela 7 - Cor do tegumento de feijão Pérola no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria - RS, 2014

Condições de armazenamento	Cor inicial			Cor após 5 meses			Cor após 11 meses		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Convencional	57,3	5,34	16,9	48,7 ^d	9,1 ^a	16,7 ^b	39,5 ^c	10,0 ^a	16,3 ^b
AR 10°C	57,3	5,34	16,9	53,3 ^{bc}	8,2 ^{bc}	17,8 ^{ab}	46,5 ^b	8,3 ^{bc}	16,0 ^b
AM	57,3	5,34	16,9	51,0 ^c	9,1 ^a	17,1 ^b	42,7 ^c	9,7 ^{ab}	16,3 ^b
AC 1% O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	53,2 ^{bc}	7,8 ^c	16,8 ^b	50,2 ^a	8,4 ^{bc}	17,3 ^{ab}
AC 2% O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	57,1 ^a	8,0 ^{bc}	18,6 ^a	48,4 ^{ab}	8,4 ^{bc}	17,1 ^{ab}
AC 4% O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	54,3 ^b	7,7 ^c	17,1 ^b	50,9 ^a	9,1 ^b	17,9 ^a
AC 6% O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	54,4 ^b	8,4 ^b	17,7 ^b	48,0 ^{ab}	9,1 ^b	17,1 ^{ab}
AC10%O ₂ +10% CO ₂	57,3	5,34	16,9	49,6 ^d	8,2 ^{bc}	16,4 ^{bc}	44,8 ^b	10,0 ^{ab}	17,2 ^{ab}
AC11% O ₂ +18%CO ₂	57,3	5,34	16,9	54,4 ^b	8,4 ^b	17,7 ^{ab}	45,5 ^b	10,0 ^{ab}	17,3 ^{ab}
AC 4% O ₂ +10%CO ₂	57,3	5,34	16,9	53,6 ^{bc}	8,8 ^{ab}	17,2 ^b	46,0 ^b	10,0 ^{ab}	17,6 ^{ab}

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p>0,05) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.

Os tratamentos em AC com concentrações 1%, 2%, 4% e 6% de O₂ do feijão 'Pérola' após 5 meses de armazenamento (Tabela 7), demonstraram ser mais eficientes na manutenção da cor clara dos grãos (maior valor de "L" e baixos valores de "a") quando comparados aos demais. Ou seja, apresentaram uma maior luminosidade (L*) e também considerando os baixos valores de a*, estes grãos avermelharam mais lentamente. Os dados apresentados após 11 meses de armazenamento (Tabela 7), para estas mesmas concentrações seguiram a mesma tendência que em 5 meses. O mesmo comportamento de AC, em que as baixas concentrações de O₂ mantiveram a coloração mais clara que a armazenagem

convencional, foi observado por Neuwald et al. (1999). Além dos tratamentos com baixas taxas de O_2 , outro tratamento que teve resposta positiva para manutenção da coloração clara foi em AC 11% O_2 +18% CO_2 . O tratamento AR em 10°C, após 5 meses, também obteve este bom comportamento, o que concorda com Brackmann et al (2002), que trabalhou com a mesma cultivar em AR a 0°C. No caso do armazenamento convencional, quando comparado aos demais tratamentos, constatou-se menores valores para o parâmetro “L”, ou seja, menor luminosidade, e maiores valores para o parâmetro “a”, sugerindo um maior escurecimento do tegumento. Provavelmente a temperatura elevada acelerou as oxidações enzimáticas, o que já foi observado por IADEROZA et al. (1989). Estes dados também corroboram com Nasar-Abbas et al. (2008) que registraram ser a oxidação de compostos fenólicos determinante no escurecimento do tegumento de fava (*Vicia faba L.*) e estar entre os principais fatores responsáveis pela mudança de cor dos grãos durante o armazenamento.

Luh & Phithakpol (1972) encontraram em cultivares de feijão com tegumento colorido (incluindo grupo carioca), alto teor de tanino, que pode ser oxidado pela catecol-oxidase na presença de altas taxas de O_2 . Os valores de L^* , a^* , b^* para o feijão 'BRS Estilo' no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento constam na Tabela 8.

Tabela 8 - Cor do tegumento do feijão BRS Estilo no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria - RS, 2014.

Condições de armazenamento	Cor inicial			Cor após 5 meses			Cor após 11 meses		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Convencional	57,3	5,34	16,9	52,62 ^d	9,14 ^a	16 ^c	42,74 ^d	9,47 ^{ab}	15,96 ^c
AR 10°C	57,3	5,34	16,9	54,91 ^c	8,22 ^{bc}	16,1 ^c	48,77 ^c	8,05 ^{de}	15,85 ^c
AM	57,3	5,34	16,9	55,30 ^c	9,07 ^a	18,1 ^b	49,23 ^c	9,70 ^a	17,97 ^{ab}
AC 1%O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	57,34 ^b	7,80 ^c	18 ^b	51,69 ^b	7,72 ^e	17,53 ^{ab}
AC 2%O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	58,88 ^a	8,01 ^{bc}	18,34 ^b	51,84 ^b	7,67 ^e	17,45 ^b
AC 4%O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	58,84 ^a _b	7,71 ^c	18,7 ^a	55,41 ^a	8,21 ^d	18,47 ^a
AC 6%O ₂ +CO ₂ <1%	57,3	5,34	16,9	58,11 ^a _b	8,43 ^b	18,74 ^a	53,88 ^a	8,69 ^c	18,37 ^a
AC10%O ₂ +10%CO ₂	57,3	5,34	16,9	52,85 ^d	8,19 ^{bc}	18,9 ^a	48,78 ^c	9,19 ^b	17,73 ^{ab}
AC11%O ₂ +18%CO ₂	57,3	5,34	16,9	58,11 ^a _b	8,43 ^b	18,9 ^a	48,84 ^c	9,21 ^b	17,72 ^{ab}
AC 4% O ₂ +10%CO ₂	57,3	5,34	16,9	57,20 ^b	8,83 ^{ab}	18,4 ^a	48,52 ^c	8,98 ^{bc}	17,59 ^{ab}

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p>0,05$) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.

Os dados obtidos para o feijão 'BRS Estilo' (Tabela 8) referentes aos tratamentos AC com 1%, 2%, 4% e 6% de O₂ apresentaram comportamento semelhante ao 'Pérola' (Tabela 7), ou seja, valores elevados para o parâmetro L* quando comparados aos demais tratamentos, e para o parâmetro a* valores baixos. Esta tendência mostrou-se tanto para o armazenamento em 5 meses como no período mais extenso de 11 meses. Tais valores podem sugerir que concentrações baixas de O₂ ajudam a manutenção da cor clara, nas duas cultivares, por períodos mais prolongados. Os tratamentos em AC 11%O₂+18%CO₂ e em AC 4%O₂+10%CO₂ (Tabela 8) também apresentaram resultados favoráveis à manutenção da cor clara para os dois tempos de armazenamento, seguidos pela AM e pelo AR a 10°C. A condição de armazenamento que apresentou valores baixos de luminosidade foi a AC 10%O₂+10%CO₂, principalmente aos 5 meses, porém aos 11 meses manteve os valores dos parâmetros L* e a* semelhantes aos tratamentos que conseguiram manter uma coloração mais clara para os grãos armazenados, ou seja os grãos tornaram-se menos avermelhados. Já o modo convencional de armazenagem mais uma vez

mostrou menor luminosidade, com os parâmetros L* baixo e a* mais elevado que os demais, mostrando um maior processo de escurecimento nessa condição.

4.3 Tempo de cozimento

Para o feijão Pérola, os tratamentos que levaram menos tempo para atingir seu tempo de cocção, quando comparados com os demais, foram os de atmosfera refrigerada e AC 4% O₂, com 15 minutos, após 5 meses de armazenamento. Os tratamentos de atmosfera modificada (AM) e de atmosfera controlada (AC) nas concentrações 1%, 6% de O₂ e 4%O₂+10%CO₂, apresentaram média de tempo de cozimento em 19 minutos. Já aos 11 meses de armazenamento as condições com as concentrações de 1%, 2%, 6% O₂ e de 10% O₂ + 10% CO₂, necessitaram de menor tempo (29 min.) para atingir seu tempo de cozimento quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9 - Tempo de cozimento do feijão 'Pérola' no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria, RS,2014.

Condições de armazenamento	Tempo de cozimento (min)		
	Análise inicial	Após 5 meses	Após 11 meses
Convencional	14 ^a	24 ^a	38 ^a
AR 10°C	14 ^a	15 ^e	32 ^{bc}
AM	14 ^a	19 ^c	37 ^a
AC 1% O ₂ +CO ₂ <1%	14 ^a	19 ^c	29 ^c
AC 2% O ₂ +CO ₂ <1%	14 ^a	17 ^d	29 ^c
AC 4% O ₂ +CO ₂ <1%	14 ^a	15 ^e	32 ^{bc}
AC 6% O ₂ +CO ₂ <1%	14 ^a	19 ^c	29 ^c
AC10%O ₂ +10% CO ₂	14 ^a	17 ^d	29 ^c
AC11% O ₂ +18% CO ₂	14 ^a	22 ^b	37 ^a
AC 4% O ₂ +10% CO ₂	14 ^a	19 ^c	33 ^b

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p>0,05) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.

O armazenamento em AR 10°C apresentou um bom resultado, considerando que apresentou baixo tempo de cozimento aos 11 meses, levando 32 minutos para chegar em seu ponto de cocção. Neuwald et al. (1999) também observaram que a armazenagem de feijão cultivar FT.Bonito em AR mantém menor tempo de cozimento,

comparado com o armazenamento convencional. Uma possível explicação para este resultado seria o fato das velocidades de reações químicas e enzimáticas diminuírem de maneira logarítmica com baixas temperaturas como dito anteriormente, e isto permitiria uma menor perda da qualidade do feijão através do controle da atividade fisiológica do grão, além da inibição de enzimas como a polifenoloxidase, responsável em parte pelo endurecimento. Maurer et al., (2004) sugerem ainda que possa ocorrer a reversão do endurecimento nos grãos quando o produto é mantido sob condições de baixa temperatura. Aos 11 meses o armazenamento convencional, em AM e AC 11% O₂+18%CO₂ apresentaram o maior tempo de cozimento. Nas concentrações de AC 2% O₂, 10%O₂+10%CO₂, o feijão 'Pérola' também apresentou resultados interessantes na manutenção de qualidade do grão, levando menos tempo para chegar ao seu cozimento (17 minutos), comparado aos armazenamentos convencional e AC 11%O₂+18% CO₂. O armazenamento convencional e AC 10%O₂+20% CO₂, após 5 e 11 meses (Tabela 9), teve um tempo de cozimento mais demorado. Coelho et al. (2009) identificaram resultado semelhante para feijões preto e carioca, envelhecidos naturalmente, que apresentaram tempos de cozimento elevados. Segundo Burr et al. (1968); Sievwright & Shipe, (1986), possivelmente com o aumento da temperatura de armazenamento, eleva-se o tempo de cozimento. Quando armazenados em condições inadequadas ocorrem alterações químicas e enzimáticas no tegumento, tornando-o mais rígido e menos permeável à água (Stanley & Aguilera, 1985). Quando ocorre o processo de envelhecimento em grãos armazenados, sem cuidados, por longos períodos, a parte mais externa dos cotilédones de feijões, apresentam células mortas devido à sua maturidade, com parede celular lignificada e espessa. O espessamento e a lignificação da parede celular observados, durante o armazenamento, são considerados como a causa da dureza e da diminuição do coeficiente de hidratação dos grãos, o que confirma observações de Brett e Waldron (1996). Isto ocorreu, provavelmente, devido à maior disponibilidade de oxigênio no ambiente de armazenamento, o que acelera os processos metabólicos e o estresse oxidativo nas amostras. Assim sendo, este processo pode atuar como uma forma de proteger o grão do estresse causado pelas condições que foi submetido.

Aos 11 meses o armazenamento convencional, em AM e AC 11% O₂+18%CO₂ apresentaram o maior tempo de cozimento frente as demais condições de armazenamento.

O tempo de cocção dos grãos de feijão BRS Estilo (Tabela 10), após 5 e 11 meses de armazenamento convencional, apresentaram resultados semelhantes aos do feijão Pérola (Tabela 9).

Tabela 10 - Tempo de cozimento do feijão 'BRS Estilo' no tempo inicial e após 5 e 11 meses de armazenamento em diferentes condições. Santa Maria - RS, 2014

Tratamento	Tempo de cozimento (min)		
	Análise inicial	Após 5 meses	Após 11 meses
Convencional	14 ^a	22 ^a	35 ^a
AR 10°C	14 ^a	14 ^c	28 ^{bc}
AM	14 ^a	19 ^{ab}	29 ^{bc}
AC 1% O₂+CO₂<1%	14 ^a	19 ^{ab}	30 ^b
AC 2% O₂+CO₂<1%	14 ^a	18 ^b	29 ^{bc}
AC 4% O₂+CO₂<1%	14 ^a	18 ^b	25 ^c
AC 6% O₂+CO₂<1%	14 ^a	18 ^b	29 ^{bc}
AC10%O₂+10% CO₂	14 ^a	17 ^b	28 ^{bc}
AC11% O₂+18% CO₂	14 ^a	19 ^{ab}	30 ^b
AC 4% O₂ +10% CO₂	14 ^a	19 ^{ab}	31 ^{ab}

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p>0,05) comparando as condições de armazenamento. AR = Atmosfera Refrigerada a 10 °C; AM= Atmosfera modificada 25 °C; AC= Atmosfera Controlada 25°C.

Entre as condições de armazenamento, a refrigerada também foi o mais efetivo na redução do tempo de cozimento, tanto para 5 como 11 meses (Tabela 10), retardando mais o endurecimento que o armazenamento convencional.

Aos 5 meses, o tratamento em AC 10%O₂+10% CO₂ também se mostrou eficiente para manutenção da qualidade do grão, garantindo um menor tempo de cozimento, além dos tratamentos em AC 2%, AC 4%, AC 6% com menores tempos médios (18 min) comparado ao sistema convencional, o que sugere que baixas concentrações de oxigênio podem ajudar na manutenção de grãos, resultando em cozimento mais rápido, mesmo armazenado por longos períodos.

4.4 Análise sensorial dos feijões 'Pérola' e 'BRS Estilo'

Geralmente para os consumidores, grãos de feijão carioca com coloração mais clara são tidos como macios, levando menos tempo para cozinhar, com produção de caldo espesso, bem como de bom sabor e textura (BASSINELLO et al., 2003). Os somatórios do teste sensorial de ordenação de diferença por intensidade do feijão 'Pérola' estão apresentados na Tabelas 11.

Tabela 11 - Somatório do teste sensorial de ordenação de diferença por intensidade em amostras de feijão 'Pérola' armazenados por 11 meses em diferentes condições, Santa Maria - RS, safra 2014.

Atributos sensoriais	Armazenamento Convencional	AR 10°C	AC 1%O ₂	AC11%O ₂ +18%CO ₂
Sabor	135 ^{ab}	90 ^{cb}	163 ^a	112 ^b
Consistência do grão	112 ^b	99 ^b	165 ^a	124 ^b
Viscosidade do caldo	180 ^a	70 ^b	164 ^a	85 ^b
Cor	172 ^a	83 ^{cb}	107 ^b	138 ^{ab}
Odor	127 ^{ab}	91 ^{cb}	159 ^a	123 ^b

Valores seguidos da mesma letra, na mesma linha horizontal, não apresentam diferença estatística de acordo com a tabela de Newell e MacFairlane's (1987). Valor crítico tabelado: 34. A maior soma representa maior intensidade.

No atributo sabor (Tabela 11), o maior somatório foi obtido para o tratamento em AC com 1% de O₂, seguidos pelo armazenamento convencional e em AC 11%O₂+18%CO₂. O tratamento que mostrou menor intensidade de sabor foi em AR 10°C. Para o atributo consistência do grão, a menor intensidade ficou com o armazenamento refrigerado, possivelmente por esta cultivar não ser tão suscetível ao processo de retrogradação e, além disso, a refrigeração ter sido mais eficiente em retardar o endurecimento do grão, o que proporcionou uma maior rapidez no cozimento, gerando grãos menos duros (mais cozidos). Os resultados para a cor ficando o maior somatório para o armazenamento convencional, seguido do de alta concentração de CO₂. Já os armazenamentos em AR e AC a 1% apresentaram as menores intensidades de cor, considerando que uma menor intensidade de cor significa tons claros dos grãos, o que é desejável para o feijão carioca. Para o atributo odor, as amostras que foram submetidas a 1% de O₂ conservaram o odor de feijão, assim como AC 11% O₂ + 18%CO₂.

Os resultados referentes aos somatórios do teste sensorial do feijão 'BRS Estilo' estão presentes na Tabela 12.

Tabela 12 - Somatório das ordens do teste sensorial de ordenação de diferença por intensidade nas amostras de feijão 'BRS Estilo' após 11 meses de armazenamento em diferentes condições, Santa Maria-RS, safra 2014.

Atributos sensoriais	Armazenamento convencional	AR 10°C	AC 1%O ₂	AC11%O ₂ + 18%CO ₂
Sabor	160 ^a	90 ^b	107 ^b	143 ^a
Consistência do grão	138 ^a	147 ^a	94 ^b	121 ^{ab}
Viscosidade do caldo	142 ^{ab}	118 ^b	75 ^c	165 ^a
Cor	195 ^a	60 ^c	138 ^b	107 ^b
Odor	164 ^a	70 ^c	120 ^b	146 ^{ab}

*Valores seguidos da mesma letra, na mesma linha horizontal, não apresentam diferença estatística de acordo com a tabela de Newell e MacFairlane's (1987). Valor crítico tabelado: 34. A maior soma representa maior intensidade

No atributo sabor (Tabela 12), as amostras de feijão 'BRS Estilo' que receberam os maiores somatórios foram os tratamentos em armazenamento convencional e com alta concentração de CO₂ (AC11%O₂+ 18%CO₂). Depois destes, o tratamento que recebeu o maior somatório foi em AC 1%O₂, com baixa concentração de O₂, sendo o armazenamento em refrigeração considerado o menos intenso neste atributo. No atributo odor, foi observado comportamento semelhante ao do sabor. Os dados obtidos para o atributo consistência do grão mostram as maiores médias para os tratamentos com armazenamento convencional e com refrigeração. Considerando que todas as amostras dos tratamentos foram preparadas em 30 minutos e que, em termos de tempo de cozimento, foi o que apresentou maior valor, era esperado que o armazenamento convencional apresentasse grãos mais resistentes ao cozimento, devido ao endurecimento ser acentuado em grãos submetidos a altas taxas de O₂ (RUPOLLO, 2011). No caso do feijão armazenado em refrigeração, que também apresentou elevado somatório para o atributo consistência do grão, uma possível explicação seria o processo de retrogradação. Quando o amido gelatiniza pode sofrer esse fenômeno e conforme o tempo passa, as moléculas do amido vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes e, assim, as cadeias se reassociam num estado mais ordenado (ELIASSON, 1996). A amilose, exsudada dos grânulos inchados, desenvolve uma rede por meio da associação com cadeias que rodeiam os grânulos gelatinizados. Como consequência, a viscosidade do sistema

aumenta (viscosidade de setback), convertendo-se num sistema viscoelástico turvo ou em concentrações de amido suficientemente altas (>6% p/p) num gel elástico opaco (LAJOLO & MENEZES, 2006), em que, às vezes, ocorre a precipitação de cristais insolúveis de amido, levando à separação de fases. A forte interação das cadeias entre si promove a saída da água do sistema, sendo essa expulsão denominada sinérese.

4.5 Análise de viscosidade

Na tabela 13 são apresentados os resultados das viscosidades em Centipoise (cP) encontrados para feijões das cultivares Pérola e BRS Estilo.

Tabela 13 - Viscosidades (cP) para o feijão cultivar Pérola e para o feijão cultivar BRS Estilo armazenados por 11 meses em diferentes condições ambientais. Santa Maria, 2014.

Tratamentos	Viscosidade (cP)	
	Pérola	BRS Estilo
Convencional	5,0 ^e	135 ^c
AR 10°C	270,0 ^b	2717 ^a
AM	412,5 ^a	227 ^c
AC 1%O ₂ +CO ₂ <1%	125,83 ^c	1283 ^b
AC 2%O ₂ +CO ₂ <1%	160,0 ^c	1417 ^b
AC 4% O ₂ +CO ₂ <1%	125,8 ^c	1000 ^b
AC 6%O ₂ +CO ₂ <1%	67,5 ^d	1383 ^b
AC10%O ₂ +10%CO ₂	399,2 ^a	166,7 ^c
AC11%O ₂ +18%CO ₂	136,7 ^c	292,5 ^c
AC 4% O ₂ +10%CO ₂	438,3 ^a	51,7 ^c

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 13 são apresentados os resultados das viscosidades (cP) encontrados para feijões Pérola e BRS Estilo. Para a comparação de médias entre as viscosidades, foram usados os valores obtidos na velocidade de 60 rpm. A temperatura das amostras na hora do teste eram de 25°C±1°C e a realização do teste aconteceu de duas a três horas após o cozimento das amostras. Considerando os resultados referentes às duas cultivares de feijão carioca, observou-se que o comportamento encontrado foi característico a um fluido não newtoniano e, sendo assim, não apresentando linearidade. No feijão 'BRS Estilo', o armazenamento em refrigeração a 10°C mostrou uma alta viscosidade frente ao controle e demais

tratamentos. O feijão 'Pérola' em AR, apresentou resposta semelhante frente ao feijão armazenado convencionalmente, mas não obtendo a maior média entre todos os outros tratamentos como no caso da outra cultivar. Os tratamentos com armazenamento em AC com concentrações de O₂ (1%, 2%, 4% e 6%) apresentaram valores mais elevados para a viscosidade, quando comparados ao armazenamento convencional. O armazenamento em AC 11% O₂+18%CO₂ também resultou em maior viscosidade, significando que uma alta taxa de CO₂ poderia contribuir para uma manutenção da viscosidade do caldo de feijão carioca. A viscosidade em fluidos proteicos é influenciada diretamente pelo diâmetro aparente das moléculas dispersas. O diâmetro destas moléculas vai depender das características particulares da proteína em questão, de interações proteína-água, que definem o inchamento das moléculas, e de interações entre as próprias proteínas, influenciando no tamanho dos agregados. Conseqüentemente, a perda de viscosidade em fluidos proteicos está diretamente ligada a uma diminuição no diâmetro aparente das moléculas presentes no fluido. No processo de cozimento do feijão, a temperatura chega até o ponto de ebulição, formando a pressão dentro da panela utilizada e pode chegar até 116°C. Neste momento, temos as aberturas das cadeias de amido. Como as amostras passaram por um processo de espera até as análises serem realizadas, elas possivelmente podem ter passado pela formação de gel do amido que ocorre em 60°C. Após isso, foi mantida uma temperatura de 25°C, o que não aconteceu na análise sensorial. Na análise sensorial, as amostras foram servidas com temperaturas próximas a 39°C, mudando assim propriedades como a própria viscosidade do caldo.

5 CONCLUSÕES

O armazenamento em baixas concentrações de O₂ (1%, 2%, 4% e 6%) diminuiu o processo de escurecimento do tegumento do feijão, garantindo melhor conservação da cor original para feijões 'Pérola' e 'BRS Estilo'. Além disso, possibilitou a manutenção do teor de proteína bruta e de lipídios por períodos mais prolongados e manteve baixa umidade dos grãos.

Sensorialmente, no feijão 'Pérola', armazenamento em baixas concentrações de O₂ resultou em amostras com elevada intensidade de sabor, odor e viscosidade, além de baixa intensidade de cor, significando feijões mais claros. Estas propriedades, tanto químicas como sensoriais, atendem os requisitos que os consumidores desejam em um feijão carioca de boa qualidade.

As duas cultivares submetidas ao armazenamento refrigerado a 10°C têm, após 5 de armazenamento, o menor tempo de cocção, além de conservar por mais tempo a fração de lipídios do feijão Pérola. Sensorialmente, este tipo de armazenamento em AR sob 10°C mostrou consistência menos intensa para esta mesma cultivar, significando um grão mais macio após o cozimento. Em termos sensoriais para o feijão 'BRS Estilo', o armazenamento refrigerado sob 10°C também manteve a coloração mais clara após seu cozimento, o que é esperado para feijões do grupo carioca.

O feijão 'Pérola' no armazenamento em AC com 4% de O₂ + 10% de CO₂, em AC 10% de O₂ + 10% de CO₂ e em atmosfera modificada, apresentou caldos mais espessos frente às demais condições de armazenamento. Já para o feijão 'BRS Estilo', o armazenamento refrigerado sob 10°C seguidos dos demais armazenamentos em baixas concentrações de O₂ resultou em caldos mais espessos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 18 ed. Washington DC USA, 2006.

BAILEY, S.W.; BANKS, H.J. **A review of recent studies of the effects of controlled atmospheres on stored product pests**. Canberra: CSIRO Division of Entomology, 1980. p.101-118.

BANKS, P. A.; ROBINSON, E. L. The fate of oryzalin applied to straw-mulched and non-mulched soils. **Weed Sci.**, v. 32, p. 269-272, 1984.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 157-167, 1993.

BARTOSIK, R. E.; RODRÍGUEZ, J. C. Evaluación de uma técnica de almacenaje de granos a 12.5% de humedad en bolsas plásticas - Sistema silobag. **Informe INTA-IPESA**, 1999. 10 p.

BATISTA, K.A.; PRUDÊNCIO, S.H.; FERNANDES, K.F. Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n.1, p. 794-799, 2010.

BEN, D.C. et al. Effect of hermetic storage in the super bag on seed quality and milled rice quality of different varieties in Bac Lieu, Vietnam. Winner, 2006 IRRN Best Article Award, **Agricultural Engineering**, 2006, p.55-56.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

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, n. 6, p. 911-915, 2002.

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A. B. Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: BORÉM, F. M. (Coord.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 133-169

BRASIL. **Acompanhamento da safra brasileira 2007/2008 de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2graos_09.10.pdf>. Acesso em: 01 nov.2014.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 845, de 08.11.1976: especificações para padronização, classificação e comercialização interna do milho. **Diário Oficial**, Brasília, 1976.

- BRETT, C. T.; WALDRON, K. W. The molecular components of the wall. In: BRETT, C.T.; WALDRON, K. W. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. 2. ed. London: Chapman & Hall, 1996. p. 5-43. cap. 2.
- BROOKER, D. B et al. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI, 1992. 450 p.
- BUFFO, R. A.; REINECCIUS, G. A. Modeling the rheology of concentrated beverage emulsions. **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 4, p. 267-272, 2002.
- BURR, K.H., KON, S., MORRIS, H.J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content, temperature and time of storage. **Food Technology**, Chicago, v.22, p.336-338, 1968.
- CALDERON, M.; NAVARRO, S. Increased toxicity of low oxygen atmospheres supplemented with carbon dioxide on *Tribolium castaneum* adults. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v.25, p.39-44, 1979.
- CASINI, C.; BRAGACHINI, M.; CUNIBERTI, M. 1996. Ensayo de simulación de almacenamiento de trigo en silo "Bag". **INTA EEA Manfredi**. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/bn/ph/info/documentos/res16.htm>.> Acesso em: 01 jul.2015.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra 2008/2009**: 5º Levantamento de grãos, fevereiro de 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 09 de agosto de 2015.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O.R.; **Química de alimentos de fennema**. 4. ed. Artmed: Porto Alegre, 2010.
- DARBY J.A.; CADDICK L.P. **Review of grain harvest bag technology under Australian conditions**. Canberra: CSIRO Entomology, 2007. 112 p.
- DE LIMA, C.P.F. Airtight storage: principle and practice. In: CALDERON, M.; BARKAI-GOLAN, R. (Eds.). **Food preservation by modified atmospheres**. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1990. p.9-19.
- DELAHAYE, E. P. de. Evaluacion nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plantano verde. Digetibilidad in vitro del almidon. **Acta Cientifica Venezolana**. Venezuela, v. 52, p. 278-282, 2001.
- DURANTI, M. Grain legume proteins and nutraceutical properties. **Fitoterapia**, v. 77, p. 67-82, 2006.
- DURIGAN, J. F.; SGARBIERI, V. C.; BULISANI, E. A. Protein value of dry bean cultivars; factors interfering with biological utilization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.2, n.35, p.694-698, 1987.
- ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food**. New York: Marcel Dekker, 1996. 664p.

FARONI, L. R. A. et al. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 01, p. 91-100, 2009.

FREITAS, R.S. **Qualidade de grãos de feijão armazenados sob atmosfera modificada**. Mossoró, UFERSA, 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

GARCIA, E.; LAJOLO, F. M. Starch alterations in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Chemistry**, Washington, v. 42, p. 612-615, 1994.

GOODSELL, S.F., HUEY, G., ROYCE, R. The effect of moisture and temperature during storage on cold test reactions of Zea mays seed stored in air, carbon dioxide, or nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v.47, p.61-64, 1955.

GROESCHEL, E.C; NELSON A.I; STEINBERG M.P. Changes in color and other characteristics of green bean stored in controlled refrigerated atmospheres. **Journal of Food Science**, v.31, p. 488–496, 1966.

GUO, L. et al. Effects of controlled freezing-point storage at 0°C on quality of green bean as compared with cold and room-temperature storages. **Journal of food engineering**, v. 86, n. 1, p. 25-29, 2008.

HAREIN, P.K.; DAVIS, R. Control of stored-grain insects. In: Sauer, D.B. (ed.). **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992. p.491-534.

HERMAN, J.M. & WOOD, E.R. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. **Food Technology**, v.10,n.5,:p. 225-229, 1956.

HUGHES, P. A.; SANDSTED, R. F. Effect of temperature, relative humidity and light on the color of California Light Red Kidney' bean seeds during storage. **Hortscience**, v. 10, p. 421–423, 1975.

IADEROZA, M.; SALES, A. M.; BALDINI, V. L. S. Polyphenoloxidase activity and changes in colour and condensed tannin contents in nine bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars during storage. Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, 1982. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, p.154-164, 1989.

JACKSON, N. B.; VARRIANO-MARSTON, E. Hard-to-cook phenomenon in beans: effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, p. 799-803, 1981.

JAYAS, D. Controlling insects in stored grain using modified atmospheres of elevated carbon dioxide. **L'Actualité chimique canadienne**. v. 52, n.7, p. 10-24, 2000.

KADER, A. A. Biological bases of O₂ and CO₂ effects on post-harvest-life of horticultural perishables. In M. E. Saltveit (Ed.), **Proc. of international controlled atmosphere research conference**. vol. 4, p.160–163, 1997.

KANELIS A.K.; SOLOMOS T., ROUBELAKIS-ANGELAKIS A.K. Suppression of cellulase and polygalacturonase and induction of alcohol dehydrogenase isoenzyme in avocado fruit mesocarp subjected to low oxygen stress. **Plant Physiology**, v. 96, p. 269–274, 1991.

KAUR, M.; SINGH, N. A comparison between the properties of seed, starch, flour and protein separated from chemically hardened and normal kidney beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 4. p. 729-737, 2007.

LACHMAN, L. LIEBERUAN, H. A.; KANIG, J. L. **Teoria e prática na indústria farmacêutica**. Lisboa: Fundação Calouse Gulben Kian, 2001. p. 1517.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LANE, R. H. Cereal foods. In: HORWITZ, W.(Ed.). **Official methods of analysis of AOAC international**. Gaithersburg: AOAC INTERNATIONAL, 2000. p.1-58.

LARSON, A.E et al. Evaluation of the botulism hazard from vegetables in modified atmosphere packaging. **Journal of Food Protection**, v. 60, n. 10, p. 1208-1214, 1997.

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

LUH, B.S., PHIITHAKPOL, B. Characteristics of polyphenoloxidase related to browning in cling peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, p.264, 1972.

LUNARDI, R. et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidade de pastejo. **Ciência Rural**, v.38, p.795-801, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000300032&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 ago.2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000300032.

MARLES, M. A. S.; VANDENBERG, A.; BETT, K. E. Polyphenol oxidase activity and differential accumulation of polyphenolics in seed coats of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) characterize postharvest color changes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 7049–7056, 2008.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas. **Acta Agric. Suec.**, Stockholm, v. 1, p. 185-190, 1946.

MAURER, G. A.; OZEN, B. F.; MAUER, L. J.; NIELSEN, S. S. Analysis of hard-to-cook red and black common beans using fourier transform infrared spectroscopy. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 6, p. 1470-1477, 2004.

MELO, L. C. et al. BRS Estilo - Cultivar de Feijão Carioca com Grãos Claros, Arquitetura Ereta e Alto Potencial Produtivo. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 10.2011, Goiânia. Anais...Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. 1 CD-ROM.

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; BIAVA, M. (Ed.). **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 203 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MORENO, M.E., JIMENEZ, A.S., VAZQUEZ, M.E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**. v.39, p. 321-326, 2006.

MORENO, M.E.; JIMENEZ, A.S.; VAZQUEZ, M.E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **Journal of Stored Products Research**, v.36, p.25–36, 2000.

NASAR-ABBAS, 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**, London, v. 41, p. 1260-1267, 2008.

NAVAS J.R.S. **Fundamentos de reología de alimentos**. Colombia: JSR e-books, 2006. 46 p.

NEUWALD, D.A et al. Feijão cv. FT Bonito armazenado em atmosfera inertizada e controlada. In: **JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA**, 14, 1999, Santa Maria, RS. Anais... Santa Maria : UFSM, 1999. p.670.

NIELSEN, S. S. Digestibility of legume proteins. **Food Technology**, v. 45, p. 112, 1991.

OLIVEIRA, V.R. **Análise físico-química, microbiológica e sensorial de cultivares de feijão**. 2009. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

OLIVEIRA, Viviani Ruffo de et al. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, May 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000500002&lng=en&nrm=iso>. acesso em 01 Aug. 2015. Epub May 02, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-847820110005000050>.

ORDÓÑEZ, J.A. et al. **Tecnología de alimentos**.v. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

PIRES, C. V. et al. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 157-162, abr./jun. 2005.

QUEZADA, M.Y et al. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p.321–326, 2006.

RIBEIRO, H. J. S. S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; MIYAGUI, D. T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar Iapar 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, p.165-169,2005.

RODRÍGUEZ, J. C. et al. Almacenaje de granos en bolsas plásticas: sistema silobag. **EEA INTA Balcarce**, 2002. Disponível em: <http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/po_sco/granos/silobag.htm>. Acesso em: 26 Jul, 2015.

RUPOLLO, Galileu. **Efeitos das condições e do tempo de armazenamento na qualidade de grãos de feijão carioca**. 2011. 79f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Faculdade de Agronomia —Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SANCHEZ-MATA, M.C., CAMARA, M. AND DIEZ-MARQUES, C. 2003. Extending shelf-life and nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), by controlled atmosphere storage: macronutrients. **Food Chemistry**,80, 309–315.

SARTORI, M.R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) stored under nitrogen**. Manhattan, USA, 1982. 92p. PhD. Dissertation (Grain Science). - Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, 1982.

SHIGA, T.M.; LAJOLO, F.M.; FILISETTI, T.M.C.C. Changes in the cell wall polysaccharides during storage and hardening of beans. **Food Chemistry**, London, v. 84, p. 53-64, 2004.

SIEWRIGHT, C.A., SHIPE, W.F. Effect of storage conditions and chemical treatments on firmness, in vitro protein digestibility, condensed tannins, phytic acid and divalent cations of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Chicago, v.51, p.982-987, 1986.

SIGOUT, F. Significance of underground storage in traditional systems of grain production. In: SHEJBAL, J. (Ed.), **Controlled Atmosphere Storage of Grains**. Amsterdam: Elsevier, 1980. p. 3–13.

STANLEY, D. W.; AGUILLERA, J. M. A review of textural defects in caged reconstituted legumes: the influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 9, n. 4, p. 277-323, 1985.

THOMPSON, A. K. **Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables**. 2nd ed. Oxfordshire: CABI Head Office, 2010. 258p

TOMÉ, P.H.F.; SANTOS, J.P.; CABRAL, L.C.; CHANDRA, P.K.; GONÇALVES, R.A. Uso da atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ na preservação das qualidades tecnológicas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.25, n.2, p.16-22, 2000.

VILLERS, P.; BRUIN, T.; NAVARRO, S. Safe storage of grain in the tropics: A comparison of hermetic storage in flexible silos versus rigid metal or concrete silos. In: WEST, A., BROWN, J. (Eds.) **Feed Technology Update**. Honolulu, 2006, p. 17-22.

YOKOYAMA, L.P. et al. **Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão “Pérola”:** **avaliação preliminar**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 20p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 98).

ZORTEA, E. B. **Processo para Conservação de Grãos e Sementes por Inertização**. Patentes on-line. N° Patente: PI8806455-7. 1992. Disponível em: <http://www.patentesonline.com.br/processo-para-conserva-o-de-gr-os-e-sementes-porinertiza-o-97547.html#adsense1>. Acesso em 26 Jul, 2015.

ANEXOS

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de identificação

Título do Projeto:

Atmosfera modificada e controlada na conservação da qualidade do grão em feijão carioca.

Pesquisador Responsável: Fernanda Wouters Franco

Instituição do Pesquisador Responsável: Universidade Federal de Santa Maria

Telefones para contato: (55) 96604845

Nome do voluntário:

Idade: _____ anos

R.G.

Responsável legal (quando for o caso):

R.G. Responsável legal: _____

Você está sendo convidado (a) a provar um produto e em seguida, responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você tenha decidido participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito. A sua participação no estudo trará mais conhecimento sobre o assunto relacionado, sem benefícios diretos a você. A realização desta análise sensorial pode trazer riscos a pessoas com intolerância a algum componente presente no feijão, podendo ocasionar reações alérgicas.

Qualquer tipo de informação fornecida terá privacidade garantida pelos pesquisadores do projeto. A identificação dos participantes da pesquisa não será jamais revelada mesmo que os resultados sejam publicados ou divulgados de qualquer forma.

Estou ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, concordando em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

Participante

Santa Maria,, de de 20....

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

Pesquisador responsável

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato: Comitê de Ética em Pesquisa – UFSM - Cidade Universitária - Bairro Camobi, Av. Roraima, nº1000 - CEP: 97.105.900 Santa Maria – RS. Telefone: (55) 3220-9362 – Fax: (55)3220-8009 Email: comiteeticapesquisa@smail.ufsm.br. Web: www.ufsm.br/cep

**ANEXO B – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ORDENAÇÃO
DE DIFERENÇA POR INTENSIDADE EM AMOSTRAS DE FEIJÃO
CULTIVAR PÉROLA, SANTA MARIA - RS, SAFRA 2014.**

Data:...../...../.....

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade: () 16-25 () 26-35 () 36-45 () Acima de 45

Grau de Instrução: () Ensino Fundamental () Ensino Médio () Superior
Incompleto () Superior completo () Pós-graduação

Você está recebendo amostras de feijão carioca da cultivar Pérola, por favor, avalie cada uma das amostras codificadas, da esquerda para a direita, e ordene-as em ordem decrescente de intensidade.

Cor:

+ intenso

- intenso

Comentários:

_____.

Odor:

+ intenso

- intenso

Comentários: _____

_____.

Você está recebendo amostras de feijão carioca da cultivar Pérola, por favor, avalie cada uma das amostras codificadas, da esquerda para a direita, e ordene-as em ordem decrescente de intensidade.

Sabor:

_____ + intenso

_____ - intenso

Comentários: _____

Consistência do grão:

_____ +

_____ -

Comentários: _____

Viscosidade do caldo:

_____ +

_____ -

Comentários: _____

**ANEXO C – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ORDENAÇÃO
DE DIFERENÇA POR INTENSIDADE EM AMOSTRAS DE FEIJÃO
CULTIVAR BRS ESTILO, SANTA MARIA - RS, SAFRA 2014.**

Data:...../...../.....

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade: () 16-25 () 26-35 () 36-45 () Acima de 45

Grau de Instrução: () Ensino Fundamental () Ensino Médio () Superior
Incompleto () Superior completo () Pós-graduação

Você está recebendo amostras de feijão carioca da cultivar Estilo, por favor, avalie cada uma das amostras codificadas, da esquerda para a direita, e ordene-as em ordem decrescente de intensidade.

Cor:

+ intenso - intenso

Comentários: _____
_____.

Odor:

+ intenso - intenso

Comentários: _____
_____.

