

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ARMAZENAMENTO DE CEBOLAS 'CRIOULA' E  
'BOLA PRECOCE' SOB REFRIGERAÇÃO E  
ATMOSFERA CONTROLADA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Márcio Renan Weber Schorr**

**Santa Maria, RS, Brasil, 2013**

**ARMAZENAMENTO DE CEBOLAS 'CRIOULA' E 'BOLA  
PRECOCE' SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA  
CONTROLADA**

**Márcio Renan Weber Schorr**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**

**Orientador: Prof. Dr. Auri Brackmann**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2013**

SCHORR, MÁRCIO RENAN WEBER

Armazenamento de cebolas 'Crioula' e 'Bola Precoce' sob refrigeração e atmosfera controlada. / MÁRCIO RENAN WEBER SCHORR.-2013.

52 f.; 30cm

Orientador: Auri Brackmann

Coorientadores: Joeronimo Luiz Andriolo, Evandro Zanini Righi

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2013

1. Allium cepa 2. Atmosfera controlada 3. Brotamento 4. Pungência 5. Dormência I. Brackmann, Auri II. Andriolo, Joeronimo Luiz III. Righi, Evandro Zanini IV. Título.

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

---

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Márcio Renan Weber Schorr. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Linha Cinamomo, 1000. Roque Gonzales, RS. CEP: 97970-000

Fone (0\*\*) 55 9609 2699; E-mail: marcioschorr@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Departamento de Fitotecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**ARMAZENAMENTO DE CEBOLAS 'CRIOULA' E 'BOLA PRECOCE'  
SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA CONTROLADA**

elaborada por  
**Márcio Renan Weber Schorr**

como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Auri Brackmann**  
(Presidente/Orientador)

**Evandro Zanini Righi**  
(UFSM)

**César Luis Girardi**  
(CNPUV-EMBRAPA)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2013.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta obra a todos os responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento do país, em especial àqueles ligados à produção de alimentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, primeiramente, por tudo isso ser possível.

Agradeço a minha família, pelo apoio e por acreditarem na minha capacidade de vencer mais esta etapa. Aos meus pais, Pedro Francisco Schorr e Terezinha Vera Weber Schorr, à minha irmã, Elisa Cléria Weber Schorr, e ao meu irmão, Cleber Pitter Weber Schorr.

Agradeço à querida Simoni Lopes Peixoto, minha namorada, pelo apoio, ajuda e companhia durante o período.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Maria, que através do Centro de Ciências Rurais e seu Departamento de Fitotecnia disponibilizaram toda a estrutura necessária ao desenvolvimento dos trabalhos.

Agradeço ao Prof. Auri Brackmann pelos mais de cinco anos de orientação, ensinamentos, companheirismo e por acreditar em meu trabalho.

Agradeço a todos os membros do Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita pela ajuda e amizade durante tanto tempo: Adriano Roque de Gasperin, Anderson Weber, Deiverson Luiz Ceconi, Diego Delevati Almerini, Elizandra Pivotto Pavanello, Fabio Rodrigo Thewes, Jorge Roque Alves dos Santos, Rogério de Oliveira Anese, Vanderlei Both e Wanderlei Linke Jr. Agradeço em especial ao Josuel Alfredo Vilela Pinto e ao Thiago Liberalesso Venturini pelo aprendizado e pela amizade.

Agradeço aos meus inúmeros colegas de pós-graduação pela amizade e pelos bons momentos passados juntos. Alguns em especial: Darlene Sausen, Gabriele Casarotto, Jonas André Arnemann, Lígia Erpen e Ritieli Baptista Mambrin.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e recursos.

*“Façamos aos outros o que desejamos que eles nos façam.”*

– Napoleon Hill

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-graduação em Agronomia  
Centro de Ciências Rurais  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ARMAZENAMENTO DE CEBOLAS 'CRIOULA' E 'BOLA PRECOCE' SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA CONTROLADA**

Autor: Márcio Renan Weber Schorr

Orientador: Prof. Dr. Auri Brackmann

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2013.

Tendo em vista a crescente demanda do mercado consumidor por alimentos com qualidade e a necessidade de suprimento constante de produtos de origem vegetal, o objetivo deste trabalho foi avaliar a conservação de cebolas 'Crioula' e 'Bola Precoce' armazenadas em diferentes condições de atmosfera controlada (AC), umidade relativa (UR), temperatura e etileno. Foram realizados quatro experimentos com a cv. Crioula e um com a cv. Bola Precoce. No experimento 1, com 'Crioula', testou-se o efeito de diferentes níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> na atmosfera de armazenagem, dois níveis de UR e duas temperaturas. O experimento 2 testou três níveis de UR (75, 80 e 85%), o experimento 3 testou três níveis de temperatura (0,5, -0,5 e -1,0 °C) e o experimento 4 testou a presença constante de 10 µl l<sup>-1</sup> de etileno durante o armazenamento, todos mantidos em armazenamento refrigerado (AR). Os tratamentos testados em 'Bola Precoce' foram iguais aos do experimento 1 de 'Crioula'. As análises foram realizadas após seis meses de armazenamento. A AC reduziu a superação da dormência e início do processo de brotamento dos bulbos em relação ao AR. Condições com baixo nível de O<sub>2</sub> e alto de CO<sub>2</sub> aumentaram a resposta da AC no controle do processo de desenvolvimento dos brotos. A taxa respiratória dos bulbos reduziu gradativamente durante a vida de prateleira, sendo menor nos bulbos armazenados em AC. A principal forma de perda de massa foi através da respiração na 'Crioula' e pela perda de água na 'Bola Precoce'. A AC, principalmente com 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), reduziu a atividade da enzima aliinase e a geração de compostos precursores do flavor de cebolas, além de reduzir o consumo de sólidos solúveis e o teor de polifenóis. Portanto, a AC reduz o metabolismo dos bulbos durante o armazenamento, refletindo em retardo na superação da dormência e início do processo de brotamento, além de manter melhor qualidade pós-colheita dos bulbos. Melhores resultados são obtidos em AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>).

Palavras-chave: *Allium cepa*. Brotamento. Qualidade pós-colheita.



## ABSTRACT

Master's Degree Dissertation  
Agronomy Post-graduate Program  
Rural Science Center  
Federal University of Santa Maria

### STORAGE OF 'CRIOULA' AND 'BOLA PRECOCE' ONIONS UNDER REFRIGERATION AND CONTROLLED ATMOSPHERE

Author: Márcio Renan Weber Schorr

Adviser: Prof. Dr. Auri Brackmann

Place and Date of Defense: Santa Maria, February 28<sup>th</sup>, 2013.

Take into account the crescent consumers demand by quality foods and the need of constant supply of vegetables products, the aim of this study was to evaluate the conservation of 'Crioula' and 'Bola Precoce' onions stored in different controlled atmosphere (CA), relative humidity (RH), temperature and ethylene conditions. Were evaluated four experiments with cv. Crioula and one with cv Bola Precoce. In the 'Crioula' experiment 1, was tested the effect of different O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> levels in storage atmosphere, two RH and two temperatures levels. 'Crioula' experiment 2 tested three RH levels (75, 80 and 85%), experiment 3 tested three temperature levels (0.5, -0.5 and -1.0 °C) and experiment 4 tested the effect of presence or absence of ethylene 10 µl l<sup>-1</sup>, all in cold storage (CS). 'Bola Precoce' experiment conditions are identical to 'Crioula' experiment 1. The analyses were realized after six months of storage. CA decreased the breaking of dormancy and the bulb sprout onset in relation to CS. Low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> increased the response from CA on sprout development process. Respiratory rate of bulbs gradually decreased during shelf-life, being less in CA stored bulbs. The mainly form of mass loss was due to respiration in 'Crioula' and due to water loss in 'Bola Precoce'. CA, mainly with 0.5+2.0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), reduced aliinase activity and the generation of precursor compounds of onion flavor, beyond decrease the soluble solids consume and polyphenols level. Therefore, CA decrease the bulb metabolism during storage, reflecting in retard in breaking of dormancy and sprout onset, beyond maintain better post-harvest bulb quality. Better results were obtained in AC 0.5+2.0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>).

Keywords: *Allium cepa*. Sprouting. Post-harvest quality.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 EFEITO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA E SUPRESSÃO DO BROTAMENTO DE CEBOLAS ‘CRIOULA’ .....	14
2.1 Resumo.....	14
2.2 Abstract .....	15
2.3 Introdução .....	16
2.4 Material e Métodos .....	17
2.5 Resultados e Discussão .....	20
2.6 Conclusão .....	31
2.7 Referências Bibliográficas .....	33
3 EFEITO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE ATMOSFERA CONTROLADA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA E BROTAMENTO DE CEBOLA ‘BOLA PRECOCE’ .....	35
3.1 Resumo.....	35
3.2 Abstract .....	35
3.3 Introdução .....	36
3.4 Material e Métodos .....	37
3.5 Resultados e Discussão .....	40
3.6 Conclusão .....	44
3.7 Referências Bibliográficas .....	45
4 DISCUSSÃO.....	47
5 CONCLUSÃO .....	49
6 REFERÊNCIAS .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A cebola, uma das três mais importantes culturas olerícolas no mundo, juntamente com o tomate e a batata (GRIFFITHS et al, 2002; FAO, 2008), possui uma distribuição global significativa, estando presente em praticamente todas as regiões. Há cerca de 4000 anos é cultivada e utilizada na alimentação, sendo reportado seu uso por gregos, romanos, egípcios e outros povos do oriente (KASSAB, 1986; LAWENDE, 2001 apud GIL, 2008). O local exato do seu surgimento não é bem conhecido, mas é aceito a Pérsia, atualmente o Irã, como centro de origem (BOITEUX; MELO, 2004).

A produção mundial desse bulbo foi, segundo FAO (2008), de cerca de 65 milhões de toneladas em 2007. O maior produtor mundial foi a China, que produziu cerca de 1/3 do total mundial (20,8 milhões de toneladas), seguido pela Índia (13,6 milhões de toneladas) e pelos EUA (3,4 milhões de toneladas) (FAO, 2008). O Brasil tem ocupado em torno da oitava a nona posição por seguidos anos, com uma produção de 1,3 milhões de toneladas em 2011 (IBGE, 2012).

Mais da metade da produção brasileira de cebolas ocorre nos três estados do Sul, correspondendo a 57,7% do total nacional (IBGE, 2012). O estado de Santa Catarina foi o maior produtor, com pouco menos de 400 mil toneladas, seguido do Rio Grande do Sul, Bahia e Paraná (IBGE, 2012). O Rio Grande do Sul, que até 2010 ocupava a quarta posição na produção total de cebola no país, foi historicamente o maior produtor desde a introdução da cultura, até os anos 70 a 80, quando foi ultrapassado pelo estado de São Paulo, e posteriormente de Santa Catarina e Bahia (KASSAB, 1986). Atualmente tem alternado anualmente a segunda posição com o estado da Bahia (IBGE, 2012).

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma planta herbácea com ciclo bianual, pertencente à família Alliaceae, (GIL, 2008), de acordo com a classificação atual (BOITEUX; MELO, 2004). É formada por folhas grandes subcilíndricas, cerosas e ocas, e as mais novas são cobertas pelas mais velhas, caracterizando o entunicação (KASSAB, 1986). Os bulbos, parte comercializável e utilizada como alimento, são formados pelo entumescimento da bainha de várias folhas, concentricamente e subterraneamente, constituindo a principal forma de reserva de carboidratos da planta. Existe ainda, uma diversidade de formas, cores e

características organolépticas (FRITSCH; FRIESEN, 2002) e ambientais que resultam na diferente aceitação e adaptação das mais diversas cultivares.

A utilização na culinária se dá principalmente na forma de condimento, e não como fonte de proteínas ou carboidratos (COSTA; RESENDE, 2007), devido às suas características sensoriais marcantes (GIL, 2008). Além disso, as características nutricionais da cebola também são muito apreciadas, dentre as quais podemos destacar a presença de vitaminas do complexo B, C, compostos orgânicos sulfurados, selênio e grande presença de flavonoides, antocianinas, e sulfóxidos de cisteína (CARVALHO; MACHADO, 2004; RESENDE; COSTA, 2007). Essas substâncias conferem à cebola características anticarcinogênicas (ROSE et al., 2005), favorecem o sistema cardiovascular, inibem o desenvolvimento de fungos e bactérias, e ajudam no controle da diabetes, entre outras.

Esses efeitos benéficos à saúde somados às características sensoriais fazem com que a cebola tenha uma procura constante no mercado de hortaliças durante todo o ano. Estima-se que são consumidos cerca de 6,0 a 6,5 kg de cebola por habitante por ano no Brasil, sendo que, segundo SOUSA et al. (2008), 95,9% das pessoas consomem o bulbo diariamente, de alguma forma nas suas refeições. Com isso, é necessária uma oferta regular de cebola no mercado.

A procura de cebola no mercado seja através dos sistemas de CEASAs, mercados e feiras, é constante durante o ano (VILELA et al., 2005), no entanto, não é acompanhada pela produção. A cebola é uma olerícola dependente de temperatura e, principalmente, fotoperíodo para que ocorra a bulbificação (KASSAB, 1986), tendo, portanto, adaptação diferente nas diversas regiões do Brasil. De uma maneira geral, essa característica proporciona uma produção relativamente sazonal durante o ano, com a região Sudeste e Nordeste produzindo principalmente de maio a novembro cultivares de dias curtos e neutros e a região Sul de dezembro a abril cultivares de dias longos (ANACE, 2003). No entanto, no período de maio a setembro, principalmente junho e julho, ocorre certo desabastecimento de cebola no país, proporcionando alta nos preços pagos pelo consumidor (CEASA, 2011). Além disso, antes do final do período de comercialização da cebola da região Sul, ocorre uma substancial importação da Argentina, (VILELA et al., 2005), gerando uma superoferta no mercado nesta região, reduzindo os preços.

O uso de armazenamento, como forma de “atrasar” o período de venda das cebolas produzidas na região Sul é uma alternativa possível e tem a finalidade de reduzir a competição

com aquelas importadas e escapar do período de superoferta, resultando em maior rentabilidade aos produtores. Como a produção de cebola, principalmente na região Sul, é feita em sua maioria por produtores familiares com baixo nível tecnológico (VILELA et al., 2005), o armazenamento ainda ocorre de forma precária, principalmente em ambiente natural ou em galpões sem controle de temperatura e umidade relativa (UR) (TREVISAN et al., 1999).

O armazenamento em temperatura ambiente só é viável por um período curto de tempo, já que proporciona uma elevada perda principalmente por transpiração e respiração dos bulbos (WARD, 1976). Trevisan et al. (1999) verificaram que a perda de peso de cebolas chega a 60% após 250 dias de armazenamento em condições de temperatura ambiente. Para reduzir perda de peso nestas condições, uma solução seria o aumento da UR, no entanto, isso poderia acarretar em aumento na incidência de podridões e brotamento (TREVISAN et al., 1999).

Assim, o uso da refrigeração reduz as perdas por transpiração e, reduzindo o metabolismo dos bulbos, as perdas pela respiração, mantendo a qualidade após o armazenamento. No entanto, baixas temperaturas promovem a superação da dormência dos bulbos (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004), característica indesejável quando se quer comercializar o produto. Temperaturas abaixo de 5 °C paralisam o brotamento, constituindo a faixa de temperatura mais recomendada para o armazenamento (LUENGO; CALBO, 2001; BRACKMANN et al., 2010). Ainda segundo Brackmann et al. (2010), na temperatura de 0,5 °C ocorrem os melhores resultados, com 100% dos bulbos comercializáveis, sendo que, em temperaturas de -0,5 °C e iguais ou maiores a 2 °C ocorre grande brotamento, e se iguais ou maiores que 4 °C, grande incidência de podridões.

O controle da umidade relativa é outro fator que também tem muita influência na conservabilidade pós-colheita de cebolas, já que condições com 90% de UR aceleram a brotação (TREVISAN et al., 1999; BRACKMANN et al., 2010). Além disso, a aplicação de alguns produtos químicos podem inibir o brotamento, como a hidrazida maléica, aplicada em pré-colheita (LUENGO; CALBO, 2001; DOWNES et al., 2010), e o 1-metilciclopropeno (1-MCP) e o etileno, aplicados em pré-armazenamento (DOWNES et al., 2010; COOLS et al., 2011).

A relação da aplicação de etileno ou o inibidor de sua ação, o 1-MCP (BLANKENSHIP; DOLE, 2003), não é bem explicada e apresenta resultados controversos na

literatura, sendo uma área que ainda necessita de muitas pesquisas. Alguns trabalhos já foram realizados, apresentando alguns resultados divergentes com relação ao efeito do etileno sobre a conservação de cebolas (CHOPE et al., 2007; DOWNES et al., 2010). Bufler (2009) verificou redução na iniciação do brotamento com aplicação constante de 7,2 ou 10,6  $\mu\text{l l}^{-1}$  de etileno durante o armazenamento de cebolas ‘Copra’.

O uso combinado do frio com o controle das concentrações de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  e umidade relativa, a atmosfera controlada (AC), proporciona resultados muito satisfatórios na conservação da qualidade de cebolas durante o armazenamento. Yoo e Pike (1996), Praeger et al. (2003) e Brackmann et al. (2010) verificaram menor brotamento com o uso da atmosfera controlada, respectivamente em cebolas ‘Texas Grano 1015Y’, ‘Sherpa’ e ‘Crioula’. O baixo nível do substrato principal da respiração, o  $\text{O}_2$ , retarda o metabolismo dos bulbos ou, reduz a degradação dos inibidores do desenvolvimento dos brotos, mantendo-os em dormência.

A inibição do desenvolvimento dos brotos, que ocorre pela manutenção de altos níveis de ácido abscísico (ABA) (CHOPE et al., 2006) e polifenóis, pode ser estimada através da pungência, teor de polifenóis e de sólidos solúveis nos tecidos (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004). No momento em que há a superação da dormência, os níveis de ABA e polifenóis diminuem, aumenta a conversão de carboidratos de reserva, os frutanos, em glicose e frutose, e aumenta a pungência.

A pungência é caracterizada como a irritação causada nas mucosas dos olhos e nariz pelos compostos sulfurados voláteis (tiofanatos), assim como amônia e piruvato, originados da hidrólise dos S-alqu(en)il- L-cisteína sulfóxidos (ACSOs) após a ruptura dos tecidos da cebola e contato da enzima aliinase com seu substrato (SCHWIMMER; WESTON, 1961). A pungência, portanto, além de ser uma variável explicativa do estado de dormência da cebola, é um atributo de qualidade muito importante para a aceitação pelo consumidor, que prefere bulbos menos pungentes, variando amplamente entre cultivares, condições de cultivo, nutrição e clima (LUENGO; CALBO, 2001; RESENDE; COSTA, 2005).

Como a pungência, os sólidos solúveis, firmeza, acidez, compostos fenólicos e hormônios são também fortemente afetados por diversos fatores, sendo que a soma destas características é que determina a capacidade de armazenamento de cada cultivar. Segundo Oliveira et al. (2004), as cultivares de cebolas de dia curto, produzidas no Nordeste e Sudeste brasileiro, são menos adaptadas ao armazenamento, ao passo que as de dia intermediário e longo, produzidas no Sul do Brasil e na Argentina, são mais tolerantes a longos períodos de

armazenamento. A diferença na conservabilidade entre as cultivares é devido ao maior período de dormência e proteção dos bulbos contra desidratação e trocas gasosas (KOPSELL; RANDLE, 1997).

Existem inúmeras cultivares de cebola no mercado, cada uma adaptada às condições locais de temperatura e fotoperíodo. No Rio Grande do Sul, as principais cultivares utilizadas sempre foram escolhidas e classificadas em função do formato e cor, e são cultivares com alto potencial de armazenamento (KASSAB, 1986). Atualmente, a ‘Crioula’ é uma das principais cultivadas nesse estado, sendo uma cultivar tardia, e que apresenta alto potencial de armazenamento (OLIVEIRA et al., 2004), verificado pela alta pungência. Outra cultivar, a ‘Bola Precoce’, tem aumentado sua importância recentemente em função da sua precocidade de colheita, apresentando pungência média (OLIVEIRA et al., 2005) e potencial de armazenamento teoricamente menor que a anterior (OLIVEIRA et al., 2004).

Assim, devido à crescente necessidade de aperfeiçoamento das técnicas de armazenamento de cebolas, forçadas pela exigência do mercado consumidor por alimentos com qualidade e pela grande demanda de tecnologia em um setor com muita competitividade, aprofundados estudos devem ser realizados para a geração de conhecimento acerca das melhores condições para o armazenamento das diferentes cultivares comerciais de cebola.

## **2 EFEITO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA E SUPRESSÃO DO BROTAMENTO DE CEBOLAS ‘CRIOULA’.**

### **2.1 Resumo**

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes níveis de atmosfera controlada (AC), temperatura, umidade relativa (UR) e etileno na manutenção da qualidade e supressão do brotamento de cebolas ‘Crioula’ durante o armazenamento refrigerado (AR). Foram realizados um experimento no ano 2010/11 e três no ano 2011/12. Utilizou-se em todos os casos o delineamento inteiramente casualizado. O experimento 1, realizado em 2010/11, foi originado da combinação de diferentes condições de atmosfera controlada, dois

níveis de UR e duas temperaturas. O experimento 2 foi constituído por três níveis de UR (75, 80 e 85%); o experimento 3 por três temperaturas (0,5, -0,5 e -1,0 °C); e o experimento 4 por um tratamento com e outro sem a exposição constante a  $10 \mu\text{l l}^{-1}$  de etileno durante o armazenamento, sendo esses três realizados no ano 2011/12. Em todos os experimentos, os bulbos foram armazenados durante seis meses. A respiração dos bulbos reduziu gradativamente até em torno de 12 dias, quando passou a aumentar até os 21 dias, sendo maior nos bulbos em AR. A AC manteve maior teor de sólidos solúveis (SS) e menor perda de massa, pungência e teor de polifenóis totais que o AR. A redução na pungência foi maior com a menor concentração de  $\text{O}_2$  e maior  $\text{CO}_2$ . A AC reduziu o brotamento e o índice de parte aérea, sendo com  $0,5+2,0$  (kPa  $\text{O}_2$ +kPa  $\text{CO}_2$ ) a maior supressão do brotamento dos bulbos. A UR teve relação inversa com a perda de massa durante o armazenamento. Exposição constante ao etileno durante o armazenamento não alterou o desenvolvimento dos brotos. Portanto, a AC melhora a conservação de bulbos de cebola ‘Crioula’ armazenadas durante seis meses, pela redução do brotamento, pungência, perda de massa e consumo de SS.

Palavras-chave: *Allium cepa*, atmosfera controlada, temperatura, umidade relativa.

## 2.2 Abstract

The aim of this work was to evaluate the effect of different controlled atmosphere (CA), temperature levels, relative humidity (RH) and ethylene in quality maintenance and sprout suppression of ‘Crioula’ onions during cold storage (CS). Were carried out one experiment in 2010/11 and three in 2011/12, all in entirely randomized design. Experiment 1, carried out in 2010/11, was originated from combination among different CA conditions, two RHs and two temperatures. Experiment 2 was constituted by three RH levels (75, 80 and 85%); experiment 3 by three temperatures (0.5, -0.5 and -1.0 °C); and experiment 4 by absence or constant presence of  $10 \mu\text{l l}^{-1}$  of ethylene during storage, all three experiments carried in 2011/12. The onions were stored during six months in both years. Respiratory rate gradually decreased up to around 12 days and after that respiration increased up to 21 days, being higher in CS bulbs. CA kept higher soluble solids (SS) content and lower mass loss, pungency and total polyphenols content than CS. The reduction in pungency was higher with lower  $\text{O}_2$  and  $\text{CO}_2$  concentration. CA reduced sprouting and shoot index, being with  $0.5+2.0$  (kPa  $\text{O}_2$ +kPa  $\text{CO}_2$ ) the highest bulb sprout suppression. The RH has negative relationship with



mass loss during storage. Constant exposition to ethylene during storage did not change sprout development. Therefore, CA improve, in relation to CS, the conservation of ‘Crioula’ onions bulbs stored during six months, by reduction of sprouting, pungency, mass loss e SS consume.

Keywords: *Allium cepa*, controlled atmosphere, sprouting, post-harvest quality.

### 2.3 Introdução

A cebola é uma das espécies hortaliças mais antigas e bem distribuídas ao redor do mundo. Sua ampla distribuição e apreciação se dão principalmente em função de suas características sensoriais e aos seus comprovados benefícios à saúde (GRIFFITHS et al., 2002; ROSE et al., 2005). No Brasil, ela ocupa uma área de aproximadamente 60 mil ha (IBGE, 2012), sendo a cultivar Crioula uma das mais produzidas na região Sul.

Apesar de serem produzidas em vários locais e épocas, há grande oscilação na quantidade ofertada durante o ano e, conseqüentemente, no preço. Como alternativa, pode se realizar o armazenamento de parte da produção durante a entressafra. Porém, o principal método ainda utilizado no país consiste no armazenamento em galpões, sem controle da temperatura e umidade relativa (UR), prática que chega a causar perdas de até 40% de peso em seis meses (TREVISAN et al., 1999).

O armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada são técnicas ainda incipientes na cadeia de produção de cebolas no Brasil, porém, existem resultados satisfatórios que justificam seu uso (ERNST et al., 2003; UDDIN; MACTAVISH, 2003; CHOPE et al., 2007b; BRACKMANN et al., 2010; YOO et al., 2012). A redução da temperatura reduz o metabolismo dos bulbos e as perdas por podridões e desidratação. No entanto, promove a superação da dormência e início do desenvolvimento do broto com a exposição à temperaturas ambientes, após o armazenamento (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004). Por isso, adicionalmente ao frio, devem-se utilizar técnicas visando maior eficiência na armazenagem.

A atmosfera controlada é uma técnica muito utilizada para o armazenamento de frutos climatéricos e tem sido aplicada com sucesso também para cebolas (ERNST et al., 2003; UDDIN; MACTAVISH, 2003; CHOPE et al., 2007b; BRACKMANN et al., 2010; YOO et

al., 2012). A redução do nível de O<sub>2</sub> associada, ou não, ao aumento do nível de CO<sub>2</sub> reduz o brotamento dos bulbos (ERNST et al., 2003), a taxa respiratória (PRAEGER et al., 2003), a pungência (UDDIN; MACTAVISH, 2003) e a degradação de sólidos solúveis (SS) (YOO et al., 2012), proporcionando aumento do período de conservação e manutenção da qualidade ao consumidor.

Além do controle de gases da atmosfera, o controle preciso da umidade relativa pode proporcionar resultados ainda mais promissores, visto que o déficit de pressão de vapor está diretamente relacionado com a perda de água através das camadas mais externas dos bulbos (THAMIZHARAZI; NARAZIMHAM, 1990). O etileno também pode estar relacionado ao retardo no brotamento durante o armazenamento (CHOPE et al. 2007a; BUFLER, 2009).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes condições de atmosfera controlada, temperatura, umidade relativa e etileno na manutenção da qualidade e supressão do brotamento de cebolas ‘Crioula’ durante o armazenamento.

## **2.4 Material e Métodos**

Os experimentos foram conduzidos no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) da Universidade Federal de Santa Maria, de dezembro a agosto dos anos 2010/11 e 2011/12, com cebolas ‘Crioula’ provenientes de Caxias do Sul (RS) e Cotiporã (RS), respectivamente. Antes do armazenamento foram realizadas a seleção e homogeneização das unidades experimentais, com eliminação de bulbos que apresentavam tamanho inadequado, lesões mecânicas ou fúngicas e ausência de proteção (catáfilos).

As unidades experimentais, compostas de 12 bulbos, foram alocadas em minicâmaras experimentais de 0,18 m<sup>3</sup>, que se encontravam no interior de uma câmara frigorífica, para a aplicação dos tratamentos. Foram realizados quatro experimentos, sendo um no ano 2010/11 e outros três no ano 2011/12. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições no experimento 1 e seis repetições nos experimentos 2, 3 e 4.

Os tratamentos do experimento 1 foram estabelecidos pela combinação de diferentes condições de atmosfera, temperatura e umidade relativa durante o armazenamento durante seis meses (Tabela 1).

Tabela 1. Lista dos tratamentos utilizados no Experimento 1 (2010/11).

Tratamento	Condições de atmosfera (kPa O <sub>2</sub> + kPa CO <sub>2</sub> )	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
AR	20,8+0,0	0,5	70
AC 1,0+0,0	1,0+0,0	0,5	70
AC 0,5+0,0	0,5+0,0	0,5	70
AC 1,0+2,0	1,0+2,0	0,5	70
AC 0,5+2,0	0,5+2,0	0,5	70
AC 0,5+0,0 (80% UR)	0,5+0,0	0,5	80
AC 0,5+0,0 (-0,5 °C)	0,5+0,0	-0,5	70

AC = atmosfera controlada (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>). UR = umidade relativa (%).

Os experimentos realizados no ano 2011/12 foram planejados em função dos resultados preliminares encontrados no experimento 1. O experimento 2 foi constituído por três níveis de umidade relativa (75, 80 e 85%); o experimento 3 por três temperaturas (0,5, -0,5 e -1,0 °C); e o experimento 4 por um tratamento com e outro sem a exposição constante a 10 µl l<sup>-1</sup> de etileno durante o armazenamento. Nos três casos os bulbos foram armazenados durante seis meses, sem o controle de gases da atmosfera.

As condições de atmosfera controlada foram obtidas pela varredura do ar das minicâmaras com gás inerte (N<sub>2</sub>), até a obtenção da concentração de O<sub>2</sub> desejada, e injeção de CO<sub>2</sub> a partir de um cilindro contendo o gás sob pressão. As condições foram monitoradas diariamente com um analisador de gases e, quando necessário, foi realizada a correção para os níveis pré-estabelecidos para cada tratamento. O processo respiratório dos bulbos fazia com que a concentração de O<sub>2</sub> baixasse e a de CO<sub>2</sub> aumentasse, sendo necessária a injeção de ar atmosférico e absorção de CO<sub>2</sub> com um absorvedor químico contendo hidróxido de potássio (KOH) para a correção dos níveis dos gases, respectivamente. A temperatura foi monitorada diariamente com o auxílio de termômetros de mercúrio, inseridos diretamente em alguns bulbos.

A umidade relativa, em ambos os anos foi monitorada diariamente com psicrômetros convencionais equipados com termômetros de mercúrio. O controle da UR foi realizado de forma manual nos experimentos 1, 3 e 4, e com auxílio de umidostatos digitais instalados no interior das minicâmaras no experimento 2. Com controle manual, quando a UR estava muito baixa era umedecida a base interna da minicâmara, através da injeção de água por um orifício; e quando muito alta, aumentava-se a exposição do ar da minicâmara ao cloreto de cálcio (CaCl) (sal higroscópico). Já no controle automático, o umidostato fazia o acionamento de

uma bomba que circulava o ar da minicâmara por um recipiente contendo sílica-gel, que retirava a umidade.

Após o armazenamento, as avaliações de qualidade e desenvolvimento dos bulbos foi avaliada na saída da câmara de armazenagem e aos 21 dias de vida de prateleira (exposição a 20 °C e UR de 85%, como forma de simular o período de comercialização). Exceção foi a taxa respiratória, que foi avaliada a cada três dias, desde a saída da câmara. As variáveis analisadas foram:

a) taxa respiratória: determinada pela produção de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 1,5 kg de bulbos hermeticamente fechados em um recipiente de 5 l por aproximadamente 1 h, determinadas em analisador eletrônico de gases (Agri-Datalog<sup>®</sup>), expressa em ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.

b) sólidos solúveis: determinados por refratometria e expressos em °Brix;

c) perda de massa: tanto durante o armazenamento quanto durante a vida de prateleira, determinada através da diferença de peso entre o início e o final de cada período e expresso em porcentagem (%);

d) pungência: determinada pela metodologia proposta por Schwimmer e Weston (1961), com algumas adaptações. Primeiro, os bulbos foram macerados e deixados em repouso por no mínimo 5 minutos. Então, 5 ml de suco foram centrifugados a 10.000 rpm durante 15 minutos. Após a centrifugação, procedeu-se uma diluição 1:10 vezes em água destilada e deionizada (ADD). Em um tubo de ensaio foram adicionados 1 ml da amostra, 1 ml de di-nitrofenilhidrazina (DNPH) e 1 ml de ADD e deixados em banho-maria a 37 °C por 10 minutos, quando foram adicionados 5 ml de NaOH 0,6 N, para cessar a reação, e então procedeu-se à leitura em espectrofotômetro ( $\lambda = 420$  nm). Foi confeccionada curva de calibração com diluições sequenciais de padrão 2  $\mu$ M de piruvato de sódio. Foi utilizada ADD como amostra em branco. Conforme recomendações de Yoo e Pike (2001), a concentração basal de piruvato nos tecidos, antes da maceração, não foi determinada. Os dados foram expressos em  $\mu$ mol g<sup>-1</sup> de piruvato;

e) compostos fenólicos totais. A mesma amostra utilizada para a determinação da pungência foi diluída 1:10 vezes em ADD. Em um tubo de ensaio foram adicionados 1 ml da amostra diluída e 4 ml de reagente Follin-Ciocalteau. Entre três segundos e oito minutos foi adicionado 5 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e as amostras deixadas no escuro durante uma hora, quando procedeu-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 765 nm. Foi confeccionada curva padrão de ácido gálico a partir de diluições sequenciais de uma solução mãe de 100 mg 100ml<sup>-1</sup>. Os dados foram expressos em mg l<sup>-1</sup> de ácido gálico.

f) brotamento: determinada pela relação entre o número de bulbos com broto em fase de desenvolvimento e o número total de bulbos, expresso em %;

g) índice de parte aérea: determinado pela atribuição de níveis em função da posição do broto no interior do bulbo: 0 – ausência de desenvolvimento do broto, 1 – broto localizado no terço inferior do bulbo, 2 – broto no terço médio do bulbo, 3 – broto no terço superior do bulbo e 4 – broto visível externamente ao bulbo. O índice foi calculado pela média ponderada do valor de cada nível de brotamento vezes o número de bulbos em cada nível. Expresso em números absolutos, variando de 0 a 4;

h) índice de raiz: determinado de maneira similar ao índice de parte aérea, cujos índices atribuídos foram: 0 – sem desenvolvimento de raízes, 1 – raízes de até 1,5 cm de comprimento e 2 – raízes com mais de 1,5 cm de comprimento. Expresso em números absolutos, variando de 0 a 2;

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste Skott-Knott (experimento 1), DMS (experimentos 2 e 3) ou *t*-Student (experimento 4), em nível de 5% de probabilidade de erro. Foi utilizada a transformação arco seno para as médias das variáveis brotamento, índice de parte aérea e índice de raiz, além daquelas que não apresentavam distribuição normal dos erros, testadas previamente à ANOVA. O software estatístico utilizado foi o SISVAR.

## 2.5 Resultados e Discussão

### *Experimento 1*

Após seis meses de armazenamento, a taxa respiratória, em todas as condições testadas, teve um grande aumento da saída da câmara aos três dias de avaliação, com posterior redução gradativa até 12 a 15 dias, voltando a aumentar levemente até o 21º dia (Figura 1). O primeiro pico respiratório ocorreu pela exposição à temperatura ambiente, o que ativou o metabolismo (Chope et al., 2007b), enquanto que o segundo aumento (aos 12 a 15 dias), muito provavelmente ocorreu em consequência da completa superação da dormência dos bulbos e início do desenvolvimento dos brotos (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004).

Em todas as avaliações, especialmente após 12 dias a 20 °C, os bulbos armazenados na condição de O<sub>2</sub> mais alta (AR) tiveram maior taxa respiratória, assim como observado por

Preager et al. (2003) em cebolas ‘Sherpa’ na temperatura de 10 °C. O estado metabólico proporcionado pelas diferentes condições de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> durante o armazenamento fez com que os bulbos, ao final de sua vida de prateleira, estivessem em condições distintas de dormência e qualidade sensorial, o que será explicado por outras variáveis no decorrer deste trabalho.

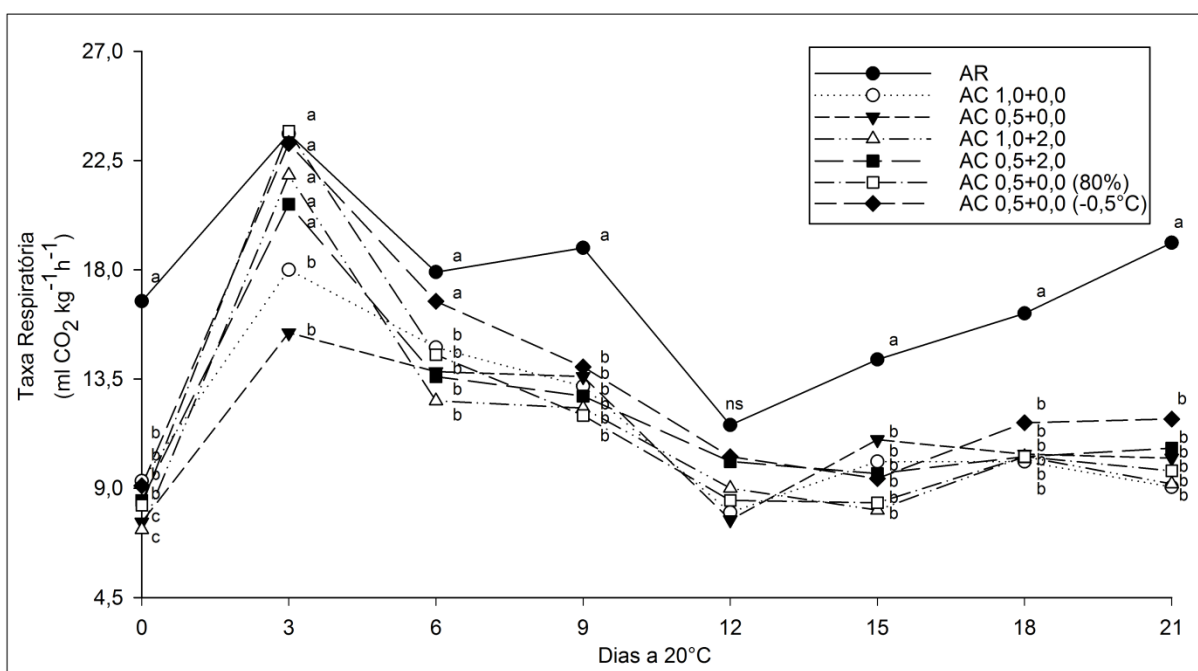


Figura 1 – Taxa respiratória de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento em diferentes condições de atmosfera, umidade relativa e temperatura (experimento 1). Análises durante 21 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

Letras diferentes indicam diferença significativa no teste Skott - Knott, a 5% de probabilidade de erro.

AR: armazenamento refrigerado. AC: atmosfera controlada. UR: umidade relativa.

Na saída da câmara, o teor de SS nos tecidos foi significativamente menor nos bulbos em armazenamento refrigerado (AR), não havendo diferença entre as outras condições de armazenamento (Figura 2.1). O menor teor de SS ocorreu em 21 kPa O<sub>2</sub> (AR), pois, durante todo o período de armazenamento, estes bulbos tiveram um metabolismo mais acelerado, consequentemente, baixo O<sub>2</sub> (0,5 e 1,0 kPa O<sub>2</sub>) reduziu o consumo dos sólidos pela respiração (ERNST et al., 2003, YOO et al., 2012). Isso também explica porque os bulbos deste tratamento (AR) tiveram uma maior perda de massa após o armazenamento (Figura 2.2). Aos 21 dias de prateleira, menor teor de SS foi verificado novamente em AR e maior nos bulbos mantidos em AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>). Quando há a superação da dormência dos

bulbos e início do desenvolvimento do broto, o teor de SS nos bulbos encontra-se no pico máximo, sendo reduzido gradativamente a partir de então, por ser fonte de energia para o crescimento dos brotos (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004; CHOPE et al., 2007b), explicando porque com AR há menor teor de SS.

A perda de massa, na saída da câmara, foi maior nos bulbos em AR (6,08%), com valores intermediários para 1,0 kPa O<sub>2</sub> (0,0 e 2,0 kPa CO<sub>2</sub>) e 0,5 kPa O<sub>2</sub> na temperatura -0,5 °C, e menor perda com 0,5 kPa O<sub>2</sub> (0,0 e 2,0 kPa CO<sub>2</sub>) e com tratamento com umidade mais alta (Figura 2.2). Praeger et al. (2003) também verificaram redução na perda de massa com baixo O<sub>2</sub>, porém sem diferença entre 0,5 e 1,0 kPa O<sub>2</sub>, na cultivar Sherpa.

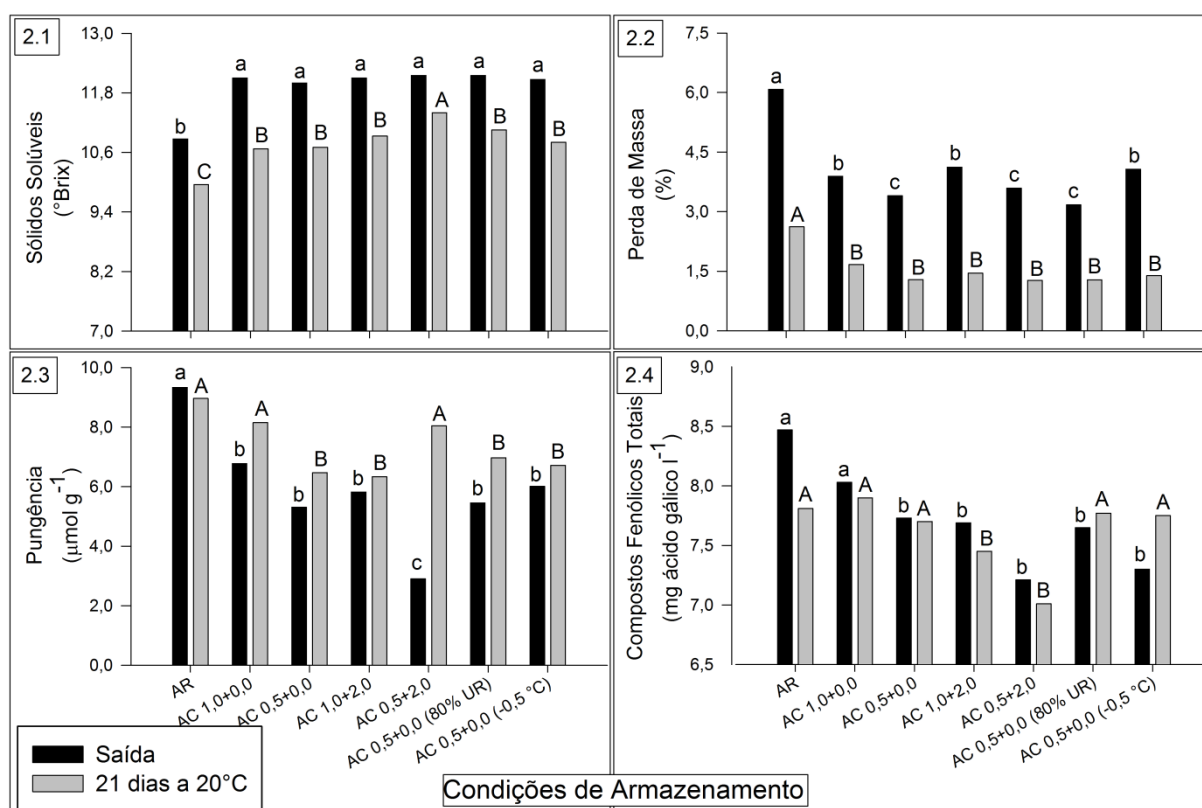


Figura 2 – Sólidos solúveis (2.1), perda de massa (2.2), pungência (2.3) e compostos fenólicos totais (2.4) de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento em diferentes condições de atmosfera, umidade relativa e temperatura (experimento 1). Análises na saída da câmara e aos 21 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

Letras diferentes indicam diferença significativa no teste Skott - Knott, a 5% de probabilidade de erro.

AR: armazenamento refrigerado. AC: atmosfera controlada. UR: umidade relativa.

Portanto, nas condições testadas nesse trabalho, a principal perda de massa ocorreu em função da respiração, visto a grande diferença entre AR e AC e a redução da perda de massa

com a redução da pressão parcial de O<sub>2</sub>. O oxigênio é necessário para uma série de reações metabólicas nas células, ao passo que sua redução nos tecidos retarda o consumo das substâncias de reserva e prolonga o período de conservação dos bulbos (PRAEGER et al., 2003).

O processo de cura, realizado ainda no campo antes do armazenamento, tem por objetivo criar uma eficiente barreira protetora externamente aos bulbos, principalmente contra a desidratação durante a armazenagem (MAW; MULLINIX, 2005), o que pode explicar o porquê de não haver diferença entre as duas condições de umidade impostas. Após o período de simulação da comercialização, 21 dias a 20 °C, somente foi verificada diferença entre os bulbos em AR e os dos demais tratamentos.

A pungência, determinada através do teor de piruvato produzido enzimaticamente, na saída da câmara, foi maior nos bulbos em AR e menor nos mantidos em AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), sendo que todas as demais condições se mantiveram intermediárias, sem diferir entre si (Figura 2.3). A enzima aliinase, presente no vacúolo, após a ruptura dos tecidos hidrolisa os precursores S-alqu(en)il- L-cisteína sulfóxidos (ACSOs) e produz piruvato, amônia e compostos voláteis, responsáveis pelo flavor característico da cebola (SCHWIMMER; WESTON, 1961). Assim, a maior pungência com armazenamento refrigerado (21 kPa O<sub>2</sub>) está relacionada com uma maior geração e acúmulo dos precursores (ACSOs), conforme verificado por Uddin e MacTavish (2003) e Yoo et al. (2012). Segundo Yoo et al. (2012), o armazenamento em AC reduz a geração de ACSOs a partir da  $\gamma$ -glutamil cisteína, reduzindo o substrato da aliinase. Além disso, níveis mais elevados de CO<sub>2</sub> tendem a reduzir ainda mais os níveis dos precursores (UDDIN; MACTAVISH, 2003).

Além da estimativa indireta do estado de dormência dos bulbos, a pungência é uma característica sensorial muito importante que determina a valorização pelo consumidor (SCHUNEMANN et al., 2006), já que cebolas consideradas doces (<4-5  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de piruvato) (ABAYOMI; TERRY, 2009) são preferidas para o consumo in natura. Aos 21 dias de prateleira, maior pungência foi verificada novamente nos bulbos em AR, sem diferir da AC 1,0+0,0 e AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), evidenciando novamente o metabolismo mais acelerado. Por outro lado, o armazenamento em AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), que na saída da câmara apresentou o menor teor de piruvato, aos 21 dias alcançou um dos maiores teores. Provavelmente, o baixo metabolismo durante o armazenamento, proporcionado pelas condições da atmosfera, reduziu muito a atividade da aliinase gerando um grande acúmulo de



ACSOs, que foi rapidamente utilizado pela enzima com a posterior exposição a 20 °C. Uddin e MacTavish (2003) reportaram que, além da redução dos precursores, a atividade da aliinase também sofreu redução com o uso da atmosfera controlada, sendo também responsiva ao nível de CO<sub>2</sub> da atmosfera.

O teor de compostos fenólicos totais na saída da câmara foi maior nos bulbos em AR ou AC 1,0+0,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), sem diferirem entre si (Figura 2.4). A menor concentração foi verificada em AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), mas sem diferir das outras condições de AC. Segundo Benkeblia e Shiomi (2004), a concentração de polifenóis totais reduz gradativamente até o momento do início do brotamento sendo possível relacionar o teor desses compostos com dormência dos bulbos. No entanto, no presente trabalho, os bulbos com maior brotamento (Figura 3.1) apresentaram também maior teor de polifenóis (Figura 2.4). Aos 21 dias a 20 °C, os dois tratamentos de AC com 2,0 kPa CO<sub>2</sub> proporcionaram menor teor de compostos fenólicos. Os polifenóis são substâncias benéficas à saúde, principalmente pelas suas características como o alto potencial redox (IGNAT et al., 2011), o que lhes confere alta atividade antioxidante.

O desenvolvimento de brotos e raízes somente foi verificado após a exposição dos bulbos a 20 °C, portanto, as variáveis brotamento, índice de parte aérea e índice de raiz na saída da câmara têm valor igual a 0. O brotamento, porcentagem de bulbos que apresentavam início do desenvolvimento do broto independentemente do tamanho, foi fortemente influenciado pela AC (Figura 3.1). Maior brotamento, mais de 95%, foi verificado nos bulbos em AR, contra 50 a 80% em AC. Dentre as condições de AC, menor brotamento (50%) foi verificado com AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), mas sem diferir de outras condições. Portanto, o uso de AC reduziu a superação da dormência dos bulbos durante o armazenamento, concordando com os resultados encontrados por Brackmann et al. (2010) e Chope et al. (2007b).

O índice de parte aérea, outra variável que explica o estado de dormência dos bulbos, apresentou resultados semelhantes ao do brotamento (Figura 3.2). Maior índice (3,13) foi verificado nos bulbos em AR, significativamente maior que em todas as condições de AC. Com relação à AC, pode ser observado que a redução do O<sub>2</sub> de 1,0 para 0,5 kPa, resultou na redução do índice de parte aérea, assim como o aumento do CO<sub>2</sub> de 0,0 para 2,0 kPa. Portanto, o crescimento do broto e a superação da dormência estão diretamente ligados à condição de AC durante o armazenamento, resultado também verificado por Brackmann et al.

(2010) com a cultivar Crioula, Praeger et al. (2003) com ‘Sherpa’ e Chope et al. (2007b) com ‘SS1’. Além disso, o índice de parte aérea não diferiu entre a UR mais alta (80%) e a mais baixa (70%), na condição AC 0,5+0,0, e na temperatura de -0,5 °C foi maior que 0,5 °C, também na condição AC 0,5+0,0.

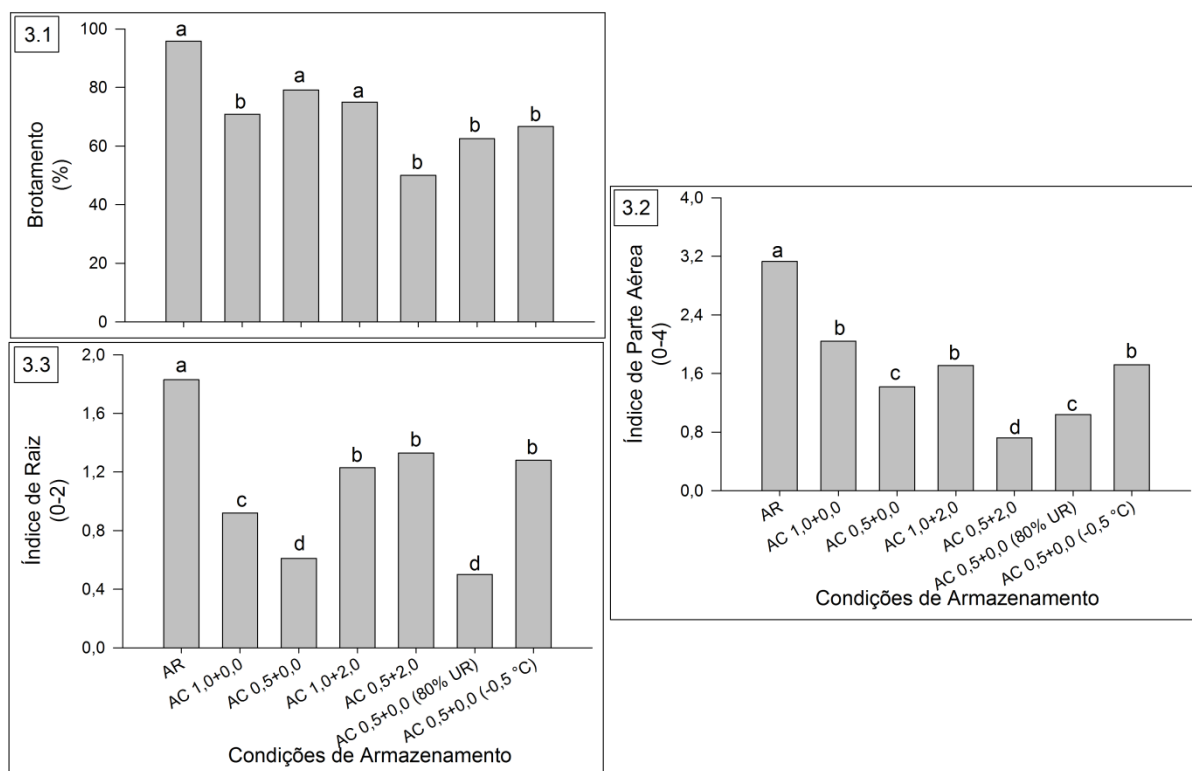


Figura 3 – Brotamento (3.1), índice de parte aérea\* (3.2) e índice de raiz\*\* (3.3) de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento em diferentes condições de atmosfera, umidade relativa e temperatura (experimento 1). Análises aos 21 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

Letras diferentes indicam diferença significativa no teste Skott - Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Na saída da câmara o brotamento e os índices de parte aérea e raiz foram iguais a zero, e por isso os resultados não foram apresentados.

AR: armazenamento refrigerado. AC: atmosfera controlada. UR: umidade relativa.

\* Níveis: 0 = sem brotamento; 1 = broto no terço inferior do bulbo; 2 = broto no terço médio; 3 = broto no terço superior e 4 = broto visível externamente ao bulbo.

\*\* Níveis: 0 = sem desenvolvimento radicular; 1 = raízes de até 1,5 cm e 2 = raízes maiores que 1,5 cm.

A redução do O<sub>2</sub> e o aumento do CO<sub>2</sub> proporcionaram efeito sinérgico na supressão do brotamento, pois AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) proporcionou índice igual a 0,72 aos 21 dias, o que significa que, ou não havia iniciado o desenvolvimento do broto, ou ele encontrava-se no terço interior do bulbo. A redução do brotamento com AC ocorre pelo impedimento ou

redução de uma série de processos que promovem a saída dos bulbos do estado dormente e iniciação do crescimento do broto. Segundo Chope et al. (2006) e Chope et al. (2012), o ABA é um destes compostos que está relacionado com o potencial de armazenamento e com o início do brotamento. Além do ABA, Benkeblia e Shiomi (2004) verificaram que o início do brotamento coincide com a redução dos polifenóis totais, atividade da peroxidase e pungência.

O índice de enraizamento foi maior nos bulbos mantidos por seis meses em AR (1,83) (Figura 3.3). O armazenamento em 2,0 kPa CO<sub>2</sub>, tanto com 0,5 quanto 1,0 kPa O<sub>2</sub>, promoveu maior crescimento radicular em relação a 0,0 kPa CO<sub>2</sub> nas mesmas condições de O<sub>2</sub>, sem diferir dos bulbos armazenados em -0,5 °C. O menor enraizamento ocorreu com 0,5+0,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), tanto com 70 quanto com 80% de UR. Analisando somente as condições de O<sub>2</sub> durante o armazenamento (21; 1,0 e 0,5 kPa), verifica-se que sua restrição nos tecidos causa redução do comprimento de raízes, assim como também aconteceu com a parte aérea, na mesma comparação. Comparando-se os tratamentos com 70 e 80% de UR (0,5 kPa O<sub>2</sub> + 0,0 kPa CO<sub>2</sub>) verifica-se menor emissão de parte aérea e raiz com a UR mais alta, discordando de Brackmann et al. (2010), que não observaram diferença entre estas duas condições de UR. O aparecimento de raízes nos bulbos não é desejado pelos consumidores.

## *Experimento 2*

O efeito da umidade relativa na conservação de cebolas ‘Crioula’ foi avaliado no segundo ano, sendo os resultados apresentados nas Figuras 4.1 – 4.4 e 5.1 – 5.3. A taxa respiratória foi fracamente alterada pela umidade relativa, sendo de maneira geral maior com 80% de UR e menor com 85% (Figura 5.1). Assim como no experimento 1, a taxa respiratória teve um breve aumento logo na saída da câmara, passando a reduzir gradativamente até 15 a 18 dias a 20 °C, quando passou a aumentar levemente novamente, indicando a superação da dormência (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004). A perda de massa apresentou relação inversa com a UR, com redução da 10,3 e 12,9% na perda com o aumento na UR de 75 a 80 e 80 a 85%, respectivamente (Figura 4.2). Diferentemente do encontrado nos resultados do experimento 1, houve efeito da umidade relativa na perda de massa, uma vez que as condições de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> eram as mesmas nos três tratamentos (armazenamento refrigerado), isolando assim o efeito da respiração.

O índice de parte aérea foi maior com 75% de UR, diferindo somente de 80% (Figura 5.2). Já com o índice de raiz ocorreu o contrário, com 75% de UR apresentando o menor valor (Figura 5.3). Portanto, há pouca variação na supressão do desenvolvimento entre os níveis de umidade avaliados, similar ao encontrado por Brackmann et al. (2010), que verificaram diferença somente quando a UR foi de 90%.

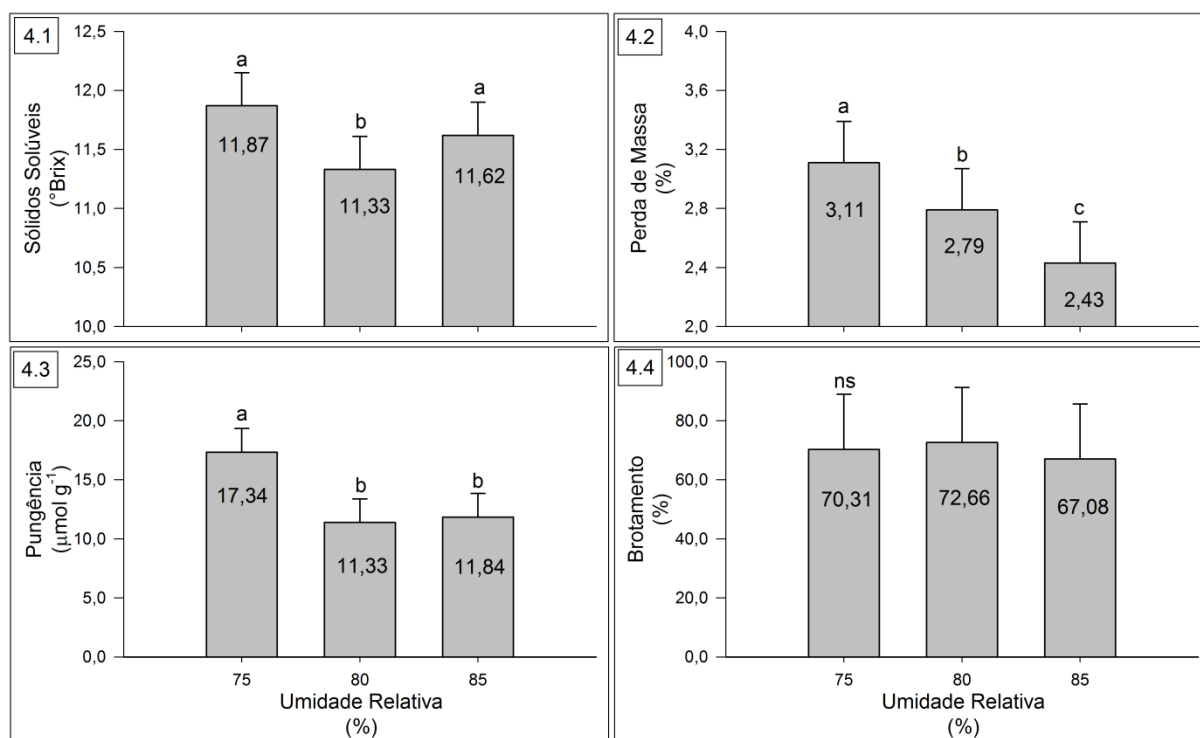


Figura 4 – Sólidos solúveis (4.1), perda de massa (4.2), pungência (4.3) e brotamento (4.4) de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento em três níveis de umidade relativa (experimento 2). Análises aos 21 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

As barras indicam a diferença pelo teste DMS, a 5% de probabilidade de erro.

O teor de SS e a pungência apresentaram diferença significativa somente entre 75 e 80% de UR (Figura 4.1 e 4.3). A maior pungência pode ser explicada em análise conjunta com o índice de parte aérea, já que, segundo Yoo et al. (2012), há um aumento na pungência com o início da brotação dos bulbos. Já o maior teor de SS pode ter ocorrido pela maior concentração destes em função da perda de água, ou pela decomposição de carboidratos de reserva.

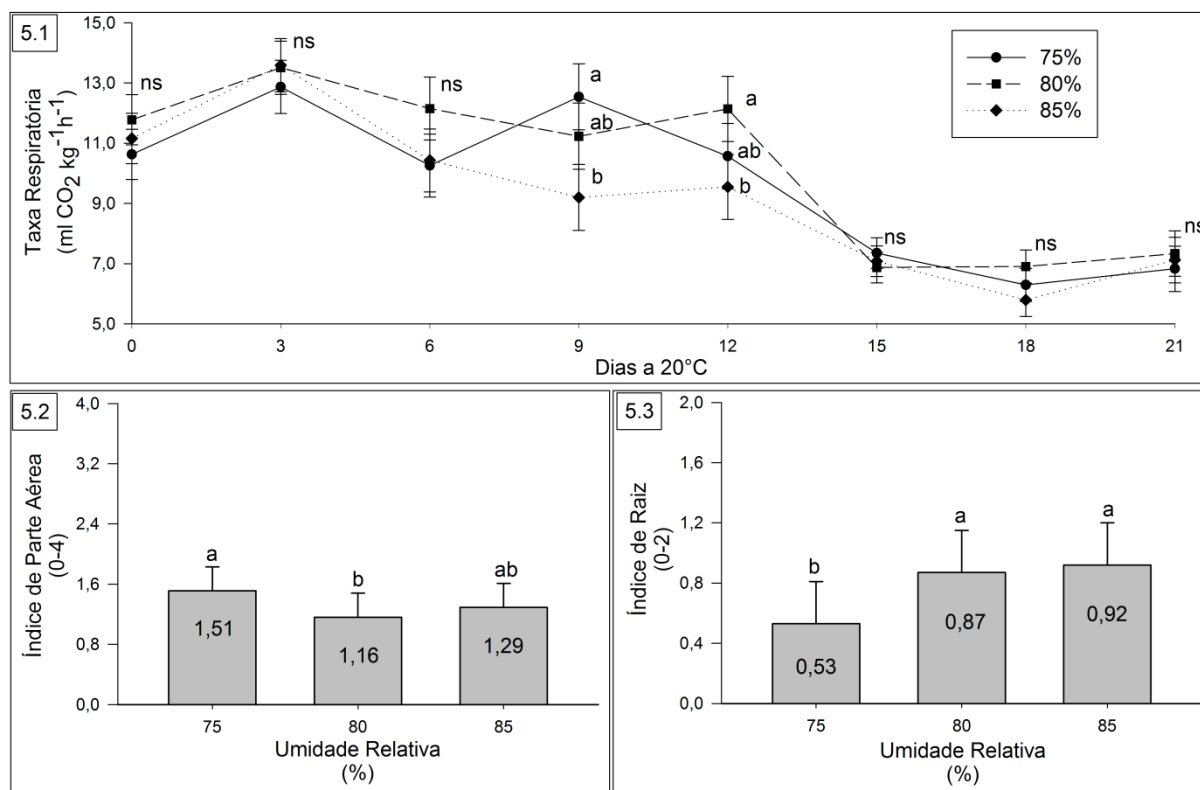


Figura 5 – Taxa respiratória (5.1), índice de parte aérea\* (5.2) e índice de raiz\*\* (5.3) de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento em três níveis de umidade relativa (experimento 2). Análises da taxa respiratória durante 21 dias de vida de prateleira (20 °C) e aos 21 dias para os índices de parte aérea e raiz. Santa Maria, RS, 2013.

As barras indicam a diferença pelo teste DMS, a 5% de probabilidade de erro.

\* Níveis: 0 = sem brotamento; 1 = broto no terço inferior do bulbo; 2 = broto no terço médio; 3 = broto no terço superior e 4 = broto visível externamente ao bulbo.

\*\* Níveis: 0 = sem desenvolvimento radicular; 1 = raízes de até 1,5 cm e 2 = raízes maiores que 1,5 cm.

### Experimento 3

Neste experimento testaram-se as temperaturas 0,5, -0,5 e -1,0 °C na qualidade e dormência de cebolas ‘Crioula’ (Figuras 6.1 – 6.4 e 7.1 – 7.3). Somente as variáveis taxa respiratória, SS e pungência foram significativamente alteradas pelas temperaturas testadas. Os teores de SS e pungência foram maiores na temperatura -0,5 °C (Figuras 6.1 e 6.3). A taxa respiratória novamente apresentou leve aumento logo após a saída da câmara, passando então a reduzir gradativamente até os 15 dias, permanecendo estável até os 21 dias (Figura 7.1). A temperatura teve relação direta com a respiração, uma vez que maiores taxas respiratórias foram verificadas com 0,5 °C, seguido por -0,5 e -1,0 °C. A pouca diferença entre os tratamentos testados, principalmente nas variáveis diretamente relacionadas à dormência,

pode ser devido ao fato que as temperaturas testadas eram muito próximas, o que também foi observado por Chope et al. (2012) com variação de temperatura de 1 a 6 °C. A superação da dormência de bulbos de cebolas ocorre em baixas temperaturas (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004), sendo que quando esta é próxima a 0 °C o crescimento é paralisado, e quando acima de 5 °C é fortemente estimulado (BRACKMANN et al, 2010).

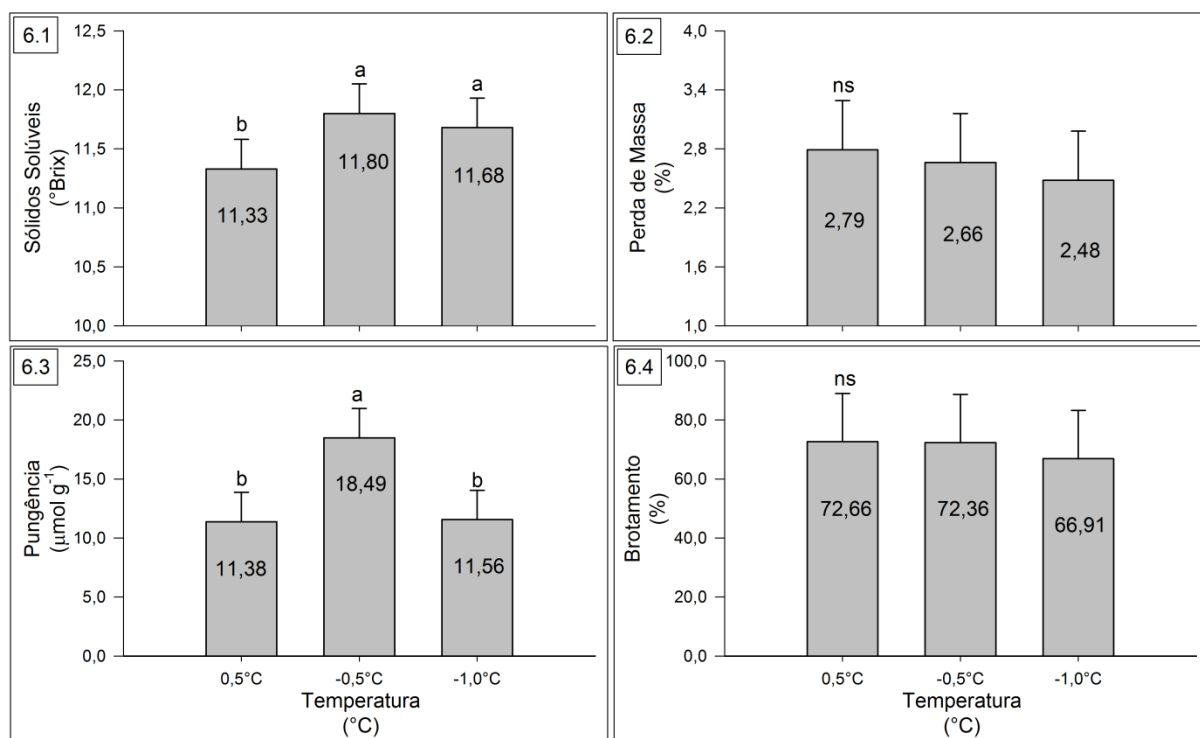


Figura 6 – Sólidos solúveis (6.1), perda de massa (6.2), pungência (6.3) e brotamento (6.4) de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento em três temperaturas (experimento 3). Análises aos 21 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

As barras indicam a diferença pelo teste DMS, a 5% de probabilidade de erro.

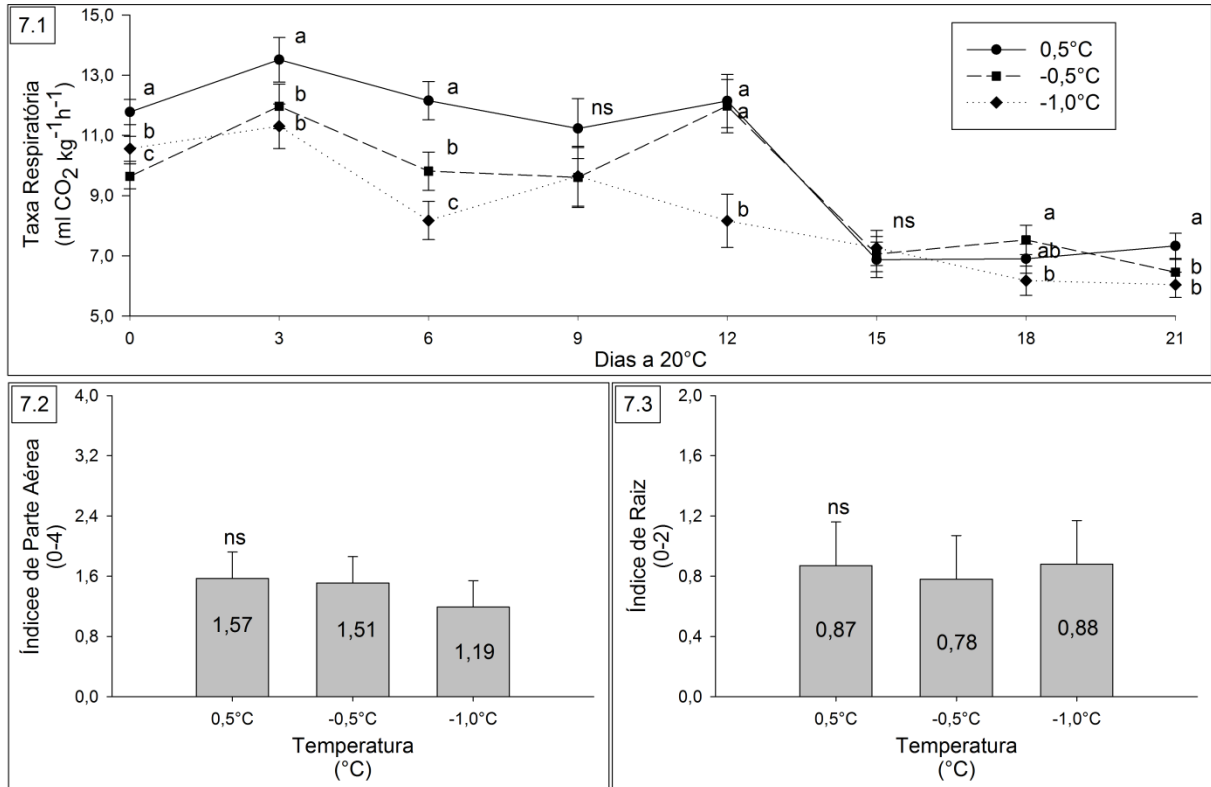


Figura 7 – Taxa respiratória (7.1), índice de parte aérea\* (7.2) e índice de raiz\*\* (7.3) de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento em três temperaturas (experimento 3). Análises da taxa respiratória durante 21 dias de vida de prateleira (20 °C) e aos 21 dias para os índices de parte aérea e raiz (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

As barras indicam a diferença pelo teste DMS, a 5% de probabilidade de erro.

\* Níveis: 0 = sem brotamento; 1 = broto no terço inferior do bulbo; 2 = broto no terço médio; 3 = broto no terço superior e 4 = broto visível externamente ao bulbo.

\*\* Níveis: 0 = sem desenvolvimento radicular; 1 = raízes de até 1,5 cm e 2 = raízes maiores que 1,5 cm.

#### Experimento 4

Neste experimento testou-se o efeito do armazenamento com a presença constante de etileno na concentração de  $10 \mu\text{l l}^{-1}$  (Tabela 2). Houve significância somente para SS, pungência (Tabela 2) e respiração, na saída da câmara e aos 12, 15 e 21 dias a 20 °C (Figura 8). Segundo Buffler (2009), o efeito do etileno se dá somente enquanto os bulbos estão expostos ao gás, com redução do brotamento e aumento na respiração. Portanto, como as avaliações de brotação deste trabalho foram realizadas após o tratamento com etileno ter sido interrompido, não foi possível observar diferença significativa. O etileno inibe o desenvolvimento do broto e não atua sobre a dormência (BUFLER, 2009) ou transcrição de genes (COOLS et al., 2011). Porém, mesmo que não houvesse diferença no desenvolvimento

do broto, a presença de etileno alterou a qualidade sensorial dos bulbos, proporcionado maior teor de SS e menor pungência.

Tabela 2 – Perda de massa, sólidos solúveis, pungência, brotamento, índice de parte aérea e índice de raiz de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento com ou sem a exposição constante a  $10 \mu\text{l l}^{-1}$  de etileno (experimento 4). Análises de perda de massa na saída da câmara e aos 21 dias de vida de prateleira ( $20^\circ\text{C}$ ) para as outras variáveis. Santa Maria, RS, 2013.

	Perda de Massa (%)	SST ( $^\circ\text{Brix}$ )	Pungência ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	Brotamento (%)	Índice de Parte Aérea** (0-4)	Índice de Raiz*** (0-2)
Sem etileno	2,42 <sup>ns</sup>	11,80*	18,49*	72,36 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>
Etileno ( $10 \mu\text{l l}^{-1}$ )	2,57	12,08	11,97	75,54	1,36	0,76
CV (%)	19,26	1,21	12,65	17,74	25,14	17,29

\* Diferença significativa pelo Teste  $t$  – Student, a 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> = não significativo.

\*\* Níveis: 0 = sem brotamento; 1 = broto no terço inferior do bulbo; 2 = broto no terço médio; 3 = broto no terço superior e 4 = broto visível externamente ao bulbo.

\*\*\* Níveis: 0 = sem desenvolvimento radicular; 1 = raízes de até 1,5 cm e 2 = raízes maiores que 1,5 cm.

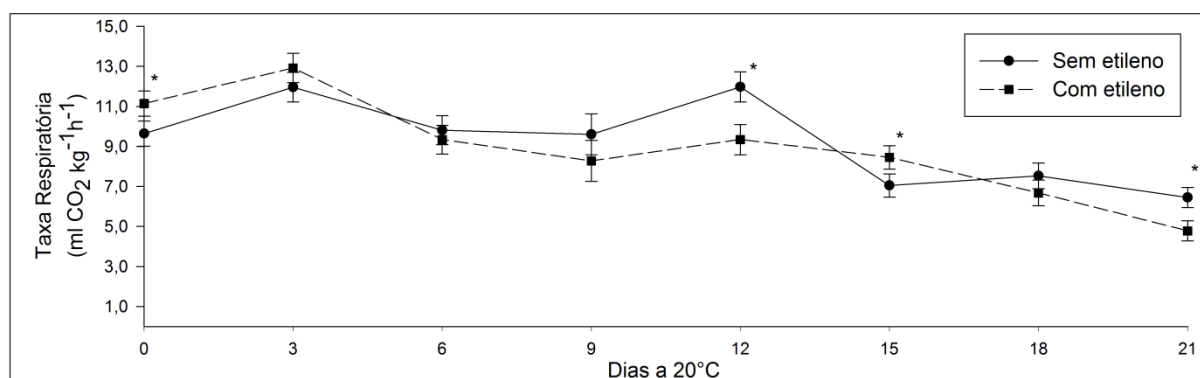


Figura 8 – Taxa respiratória de cebolas ‘Crioula’ após seis meses de armazenamento refrigerado com ou sem a exposição constante a  $10 \mu\text{l l}^{-1}$  de etileno (experimento 4). Análises durante 21 dias de vida de prateleira ( $20^\circ\text{C}$ ). Santa Maria, RS, 2013.

\* Diferença significativa pelo Teste  $t$  – Student, a 5% de probabilidade de erro.

## 2.6 Conclusão

A atmosfera controlada, em comparação com o armazenamento refrigerado, melhora a conservação, reduzindo o desenvolvimento dos brotos de bulbos de cebola ‘Crioula’



armazenados por seis meses. Além disso, em níveis menores de O<sub>2</sub> ou maiores de CO<sub>2</sub> durante o armazenamento, ocorre menor brotamento.

A atmosfera controlada reduz a respiração e a perda de massa de cebolas 'Crioula'. Baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub> mantêm a qualidade sensorial após o armazenamento, mantendo alto teor de sólidos solúveis e baixo de pungência, sendo AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) a melhor condição para esta cultivar.

A umidade relativa durante o armazenamento tem relação direta com a perda de massa de cebolas 'Crioula'. Umidade relativa de 75% proporciona maior teor de SS, pungência e índice de parte aérea e menor índice de raiz.

As temperaturas de 0,5, -0,5 e 1,0 °C tem efeito semelhante sobre o brotamento dos bulbos, influenciando somente os parâmetros de qualidade, pungência e sólidos solúveis, sendo ambos maiores com -0,5 °C.

O armazenamento refrigerado na presença constante de 10 µl l<sup>-1</sup> de etileno não altera o desenvolvimento dos brotos, mas proporciona melhor qualidade sensorial de bulbos de cebola 'Crioula', por manter maior teor de SS e menor pungência.

## 2.7 Referências Bibliográficas

ABAYOMI, L.A.; TERRY, L.A. Implications of spatial and temporal changes in concentration of pyruvate and glucose in onion (*Allium cepa* L.) bulbs during controlled atmosphere storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.89, n.4, p.683-687, 2009.

BENKEBLIA, N.; SHIOMI, N. Chilling effect on soluble sugars, respiration rate, total phenolics, peroxidase activity and dormancy of onion bulbs. **Scientia Agricola**, v.61, n.3, p.281-285, 2004.

BRACKMANN, A. et al. Condições de temperatura, umidade relativa e atmosfera controlada para o armazenamento de cebolas da cultivar 'Crioula'. **Ciência Rural**, v.40, n.8, p.1709-1713, 2010.

BUFLER, G. Exogenous ethylene inhibits sprout in onions bulbs. **Annals of Botany**, v.103, n.1, p.23-28, 2009.

CHOPE, G.A. et al. Physiological, biochemical and transcriptional analysis of onion bulbs during storage. **Annals of Botany**, v.109, n.4, p.819-831, 2012.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, n.3, p.233-242, 2006.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, n.2, p.131-140, 2007a.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. The effect of the transition between controlled atmosphere and regular atmosphere storage on bulbs of onion cultivars SS1, Carlos and Renate. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, n.3, p.228-239, 2007b.

COOLS, K. et al. Ethylene and 1-methylcyclopropene differentially regulate gene expression during onion sprout suppression. **Plant Physiology**, v.156, n.3, p.1639-1652, 2011.

ERNST, M.K.; PRAEGER, U.; WEICHMANN, J. Effect of low oxygen storage on carbohydrate changes in onion (*Allium cepa* var. Cepa) Bulbs. **European Journal of Horticultural Science**, v.68, n.2, p.59-62, 2003.

GRIFFITHS, G. et al. Onions-a global benefit to health. **Phytotherapy Research**, v.16, n.7, p.603-615, 2002.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V.I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v.126, n.4, p.1821-1835, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE . **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

MAW, B.W.; MULLINIX, B.G. Moisture loss of sweet onions during curing. **Postharvest Biology and Technology**, v.35, n.2, p.223–227, 2005.

PRAEGER, U.; ERNST, M.K.; WEICHMANN, J. Effects of ultra-low oxygen storage on postharvest quality of onion bulbs (*Allium cepa* var. Cepa). **European Journal of Horticultural Science**, v.68, n.1, p.14-19, 2003.

ROSE, P. et al. Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: the chemistry of potential therapeutic agents. **Natural Products Reports**, v.22, n.3, p.351-368, 2005.

SCHUNEMANN, A.P. et al. Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no Alto Vale do Itajaí, SC, Brasil. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.1, p.77-80, 2006.

SCHWIMMER, S.; WESTON, W.J. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Agricultural and Food Chemistry**, v.9, n.4, p.301-304, 1961.

THAMIZHARASI, V.; NARASIMHAM, P. Water vapour sorption and transmission by onion (*Allium cepa* L.) scale under different temperature and humidity conditions. **Scientia Horticulturae**, v.46, n.3-4, p.185-194, 1990.

TREVISAN, J.N. et al. Rendimento e conservabilidade pós-colheita de genótipos de cebola cultivados em solo de várzea. **Ciência Rural**, v.29, n.3, p.409-413, 1999.

UDDIN, M.; MACTAVISH, H.S. Controlled atmosphere and regular storage-induced changes in S-alk(en)yl-l-cysteine sulfoxides and alliinase activity in onion bulbs (*Allium cepa* L. cv. Hysam). **Postharvest Biology and Technology**, v.28, n.2, p.239-245, 2003.

YOO, K.S.; LEE, E.J.; PATIL, B.S. Changes in flavor precursors, pungency, and sugar content in short-day onion bulbs during 5-month storage at various temperatures or in controlled atmosphere. **Journal of Food Science**, v.77, n.2, p.216-221, 2012.

YOO, K.S.; PIKE, L.M. Determination of background pyruvic acid concentrations in onions, *Allium* species, and other vegetables. **Scientia Horticulturae**, v.89, n.4, p.249-256, 2001.

### **3 EFEITO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE ATMOSFERA CONTROLADA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA E BROTAMENTO DE CEBOLA ‘BOLA PRECOCE’.**

#### **3.1 Resumo**

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de oxigênio (O<sub>2</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>), umidade relativa (UR) e temperatura na qualidade pós-colheita e início do brotamento de cebolas ‘Bola Precoce’ armazenadas durante seis meses sob refrigeração. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 12 bulbos. Os tratamentos avaliados resultaram da combinação de armazenamento refrigerado (AR), atmosfera controlada (AC), com quatro níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, duas temperaturas e duas umidades relativas. A taxa respiratória reduziu gradativamente desde a saída da câmara até aproximadamente 36 dias a 20 °C, quando passou a aumentar ou permaneceu estável. O AR reduziu o teor de sólidos solúveis e aumentou a pungência dos bulbos. A AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) reduziu a pungência e o teor de polifenóis. O brotamento, índice de parte aérea e índice de raiz foram reduzidos com a AC em relação ao AR, independente dos níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Portanto, o armazenamento de cebolas ‘Bola Precoce’ em AC reduz a superação da dormência e início do desenvolvimento dos brotos, reduz o consumo de SS e reduz a pungência.

Palavras chave: *Allium cepa*, dormência, pungência.

#### **3.2 Abstract**

The aim of this work was to evaluate the effect of different oxygen (O<sub>2</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels, relative humidity (RH) and temperature on post-harvest quality and sprouting onset in ‘Bola Precoce’ onions stored during six months under refrigeration. The experiment was carried out using an entirely randomized design with four repetitions by 12 bulbs. The treatments evaluated resulted from combination among cold storage (CS), controlled atmosphere (CA), with four O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> levels, two temperatures and two RH levels. Respiratory rate decreased gradually from chambers opening up to around 36 days at 20 °C, when return to increase or stay stable. CS reduced soluble solids (SS) level and increased bulb pungency. CA 0.5+2.0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) decreased pungency and total

polyphenol from bulbs. Sprouting, shoot index and root index were reduced with CA than CS, independently of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> levels. Therefore, 'Bola Precoce' onions storage in CA reduce the breaking of dormancy and sprouting onset, reduce SS consume and reduce bulb pungency.

Keywords: *Allium cepa*, dormancy, pungency.

### 3.3 Introdução

A cebola é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas ao redor do mundo. Isso ocorre em função de suas características sensoriais e seus benefícios à saúde (GRIFFITHS et al., 2002; ROSE et al., 2005). Ainda, nos últimos anos tem se aumentado o consumo e a produção das cultivares com pungência mais baixa que as tradicionais, mais adaptadas ao consumo in natura, como é o caso da 'Bola Precoce'.

O consumo de cebola não se dá propriamente como fonte de proteínas e carboidratos, mas sim como condimento, em baixas quantidades diárias e alta frequência (SOUZA et al., 2008). Isso, somado à sua relativa perecibilidade pós-colheita, gera uma demanda constante durante todo o ano, o que contrasta com épocas de colheita bem definidas.

Existem praticamente duas épocas de colheita bem definidas no Brasil, uma que se estende de abril a novembro, mas com quantidades razoáveis colhidas em cada mês, e a maior delas no período de dezembro a fevereiro, quando são colhidas as cebolas da região Sul, a principal produtora. Assim, há, nesse período, uma superoferta de cebolas, havendo a necessidade de armazenagem do produto para evitar sua deterioração.

A principal forma de armazenamento adotada no Brasil ainda é em condições ambiente, sem controle de temperatura e umidade, o que acarreta uma elevada perda de massa e incidência de podridões (TREVISAN et al., 1999). O uso do armazenamento refrigerado (AR), em que se controla a temperatura e umidade relativa, é ainda muito pouco difundido, porém, tem um grande potencial e torna-se viável para o armazenamento do produto por longos períodos (BRACKMANN et al., 2010), realizando sua venda no período de altas dos preços.

O AR, através do frio, reduz a velocidade das reações químicas das células, retardando as perdas em função da respiração, além de diminuir a desidratação e o ataque de fungos

causadores de podridões (WARD, 1976). No entanto, a temperatura durante o armazenamento deve estar próxima de 0 °C, para que, apesar de ocorrer a superação da dormência dos bulbos, estes sejam impedidos de brotar pelo efeito do ambiente, tornando-se assim uma prática útil no armazenamento.

Em adição ao armazenamento refrigerado, o uso de atmosfera controlada (AC), em que se controlam os níveis de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e outros gases no ambiente de armazenagem, têm proporcionado resultados melhores que somente o AR, sendo útil para cultivares que apresentam alto potencial de armazenamento, como as de dia intermediário e longo. Ernst et al. (2003), Uddin e MacTavish (2003) e Brackmann et al. (2010) encontraram bons resultados com o uso de AC para as cultivares ‘Sherpa’, ‘Hysam’ e ‘Crioula’, respectivamente.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes condições O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade relativa na qualidade pós-colheita e superação da dormência de cebola ‘Bola Precoce’, após seis meses de armazenamento sob refrigeração.

### **3.4 Material e Métodos**

O experimento foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP), Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, com cebolas ‘Bola Precoce’ produzidas em lavoura comercial localizada em São José do Norte, RS. As cebolas, após a colheita e cura a campo, foram transportadas até o NPP, onde se realizaram a seleção e homogeneização das unidades experimentais.

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 12 bulbos por unidade experimental. Os tratamentos originaram-se da combinação de diferentes níveis de atmosfera controlada, temperatura e umidade relativa durante o armazenamento refrigerado por um período de seis meses. Os tratamentos estão descritos na Tabela 1.

As unidades experimentais foram alocadas em minicâmaras experimentais de 0,180 m<sup>3</sup>, hermeticamente fechadas, que se encontravam no interior de uma câmara frigorífica com controle automático de temperatura. Dentro de cada minicâmara foram instaladas as condições de atmosfera controlada e umidade relativa de cada tratamento.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados.

Tratamento	Condições de atmosfera (kPa O <sub>2</sub> + kPa CO <sub>2</sub> )	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
AR	20,8+0,0	0,5	70
AC 1,0+0,0	1,0+0,0	0,5	70
AC 0,5+0,0	0,5+0,0	0,5	70
AC 1,0+2,0	1,0+2,0	0,5	70
AC 0,5+2,0	0,5+2,0	0,5	70
AC 0,5+0,0 (80% UR)	0,5+0,0	0,5	80
AC 0,5+0,0 (-0,5 °C)	0,5+0,0	-0,5	70

AR = armazenamento refrigerado. AC = atmosfera controlada. UR = umidade relativa.

As condições de atmosfera controlada foram conseguidas pela diluição do ar da minicâmara com nitrogênio (N<sub>2</sub>) até o nível desejado de O<sub>2</sub> e injeção de CO<sub>2</sub> proveniente de um cilindro de alta pressão, até o nível pré-estabelecido. Diariamente durante o período de armazenamento foi realizado o monitoramento dos níveis dos gases e correção desses quando necessário. Em função da respiração dos bulbos, houve um consumo de O<sub>2</sub> e liberação de CO<sub>2</sub> dentro das minicâmaras. Os níveis desses gases foram corrigidos pela injeção de ar atmosférico e absorção do CO<sub>2</sub> com solução contendo hidróxido de potássio (KOH), respectivamente.

O monitoramento da umidade relativa também foi realizado diariamente, com psicrômetros convencionais, posicionados no interior das minicâmaras. Quando a umidade estava muito alta, aumentava-se a superfície exposta de um recipiente contendo cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), sal higroscópico, retirando, assim, umidade do ambiente. Já, quando a umidade estava muito baixa era adicionado água na forma líquida no interior da minicâmara, que evaporava e umedecia o ambiente.

As análises de qualidade dos bulbos foram realizadas após os seis meses de armazenamento (saída da câmara) e aos 60 dias a 20 °C, como forma de simular o período de comercialização (vida de prateleira), com exceção da respiração que foi avaliada a cada três dias desde a retirada da câmara.

As variáveis analisadas foram: *a) taxa respiratória*: através da produção de CO<sub>2</sub> por uma amostra de aproximadamente 1,5 kg, mantida fechada hermeticamente por aproximadamente uma hora em um recipiente com volume de 5 l. Expressa em ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. *b) sólidos solúveis (SS)*: determinados com auxílio de refratômetro manual com correção de temperatura. Expressos em °Brix. *c) perda de massa*: medida pela diferença de peso dos bulbos entre o início e o final do armazenamento. Expressa em porcentagem. *d) pungência*:

medida como o teor de piruvato produzido enzimaticamente, de acordo com a metodologia proposta por Schwimmer e Weston (1961), com algumas adaptações. Os bulbos foram homogeneizados em uma centrífuga de frutas e deixados por no mínimo um minuto. Então, uma parte do suco foi centrifugado durante 15 minutos a 10.000 rpm. Uma alíquota de 1 ml do centrifugado foi diluído 1:100 vezes em água destilada e deionizada (ADD). Disso, foi retirado 1 ml que foi colocado em um tubo de ensaio junto com 1 ml de ADD e 1 ml de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) e posto em banho-maria a 37 °C por 10 minutos. Após, foram adicionados 5 ml de NaOH 0,6 N e procedeu-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm. Em função da absorbância foi calculado o teor de piruvato em  $\mu\text{mol g}^{-1}$ . A curva padrão foi calibrada com diluições sequenciais de piruvato de sódio ( $\text{C}_3\text{H}_3\text{NaO}_3$ ) 20  $\text{mmol g}^{-1}$ , e a leitura branca feita com ADD. *e) compostos fenólicos totais:* da mesma amostra utilizada para a determinação da pungência, foi retirado 1 ml e diluído 1:10 vezes em ADD. Dessa solução, 1 ml foi adicionado a 5 ml do reagente Folin-Ciocalteu, diluído 1:10 vezes, e, após no mínimo 3 segundos, a 4 ml de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e então deixado durante uma hora em ausência de luz. Após esse período foi realizada a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda 735 nm. Os resultados foram expressos em  $\text{mg l}^{-1}$ . *f) brotamento:* determinado pela relação entre o número de bulbos que apresentavam início do desenvolvimento do broto, independente de sua posição no interior do bulbo, e o número total de bulbos da amostra. Expresso em porcentagem. *g) índice de parte aérea:* determinado de maneira subjetiva, pela atribuição de níveis em função da posição do primórdio folhar no interior do bulbo. Os níveis foram: 0 = ausência do broto, 1 = broto na parte interna do bulbo e 2 = broto visível externamente ao bulbo. O índice foi calculado através da média ponderada do número de bulbos em cada nível pelo seu respectivo valor. Expresso em números absolutos, variando de 0 a 2. *h) índice de raiz:* determinado de maneira semelhante ao índice de brotamento, em que os níveis usados foram: 0 = ausência do crescimento das raízes, 1 = raízes de até 1,5 cm e 2 = raízes maiores que 1,5 cm. Os resultados foram expressos em números absolutos, de 0 a 2.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As variáveis brotamento, índice de parte aérea e índice de raiz e aquelas que não apresentaram distribuição normal dos erros sofreram a transformação arco seno antes da ANOVA. Foi utilizado o software SISVAR.



### 3.5 Resultados e Discussão

A taxa respiratória dos bulbos, analisadas a cada 12 dias desde a saída da câmara até os 60 dias a 20 °C, apresentou resposta semelhante para todos os tratamentos testados, tendo um breve aumento após a saída da câmara, com posterior redução gradativa até em torno dos 36 dias, quando praticamente estabilizou, ou aumentou levemente (Figura 1). O primeiro aumento na produção de CO<sub>2</sub> ocorreu pela exposição dos bulbos à temperatura ambiente, ativando o metabolismo (CHOPE et al., 2007b), enquanto que o segundo provavelmente ocorreu em função da superação da dormência dos bulbos.

O teor de sólidos solúveis não apresentou diferença significativa na saída da câmara, apesar de ser menor em bulbos em AR (Figura 2.1). Aos 60 dias a 20 °C foi menor em AR em relação à AC. Essa resposta se dá devido à maior respiração dos bulbos mantidos em AR, visto que os sólidos solúveis constituem boa parte da fonte de energia disponível ao crescimento dos brotos nesse período (CHOPE et al., 2007a). Não houve diferença entre as condições de AC testadas.

A perda de massa, medida na saída da câmara, somente apresentou diferença entre os bulbos armazenados na UR mais alta (80%) em relação às outras condições, sendo menor com esse tratamento (Figura 2.2). Apesar da pequena variação na UR entre os tratamentos, a maior umidade reduziu a perda de massa, provavelmente pelo fato da cultivar Bola Precoce possuir uma camada protetora pouco espessa, o que facilita o movimento de água através dessa camada, que, segundo Maw e Mullinix (2005), é responsável justamente pelo controle da desidratação.

A pungência, na saída da câmara, foi maior nos bulbos em AR em relação a todas as condições de AC (Figura 2.3), visto que, os bulbos armazenados com nível de O<sub>2</sub> de 1,0 kPa e os com 0,5 kPa de O<sub>2</sub> associado à UR mais alta (80%) e à temperatura mais baixa (-0,5 °C) apresentaram níveis intermediários de pungência, e aqueles armazenados com 0,5 kPa de O<sub>2</sub> mais 0,0 e 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> tiveram os menores níveis. Aos 60 dias a 20 °C, novamente os bulbos em AR apresentaram maior pungência, junto com aqueles em AC 1,0+0,0 e AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>). As outras condições de AC foram significativamente menores, sem diferir entre si.

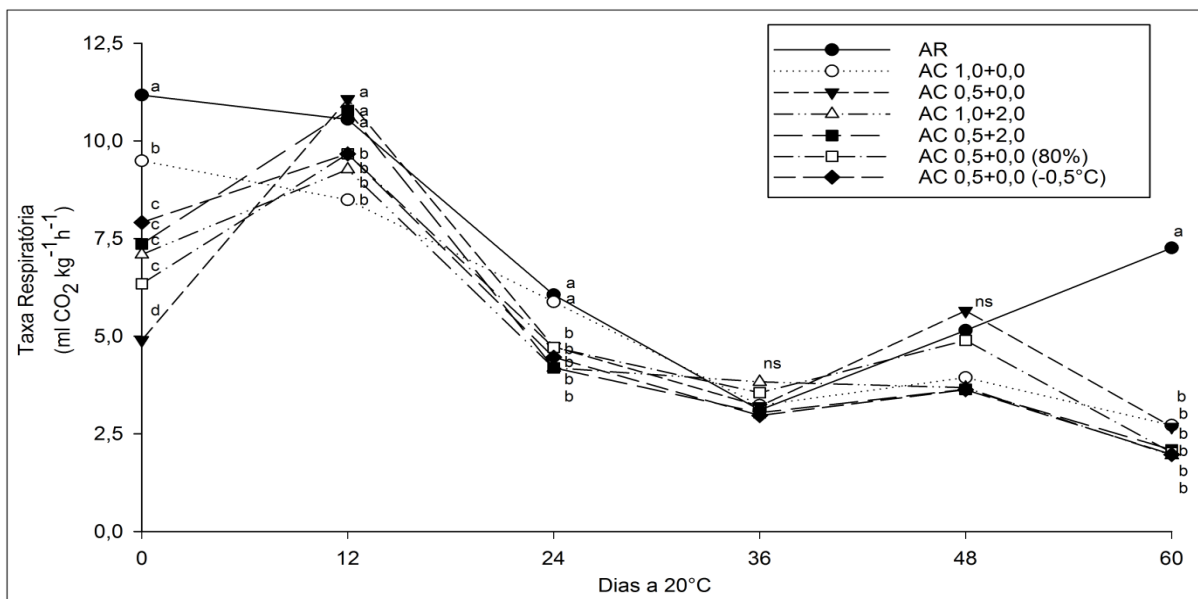


Figura 1 – Taxa respiratória de cebolas ‘Bola Precoce’ após seis meses de armazenamento em diferentes condições de atmosfera, umidade relativa e temperatura. Análises durante 60 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

Letras diferentes indicam diferença significativa no teste Skott - Knott, a 5% de probabilidade de erro.

AR: Armazenamento refrigerado. AC: atmosfera controlada. UR: umidade relativa.

A pungência é a sensação de irritação causada nas mucosas por compostos voláteis contendo enxofre, produzidos a partir da hidrólise dos S-alqu(en)il- L-cisteína sulfóxidos (ACSOs) pela ação da enzima aliinase, após a maceração dos tecidos da cebola (SCHWIMMER, 1971), podendo ser medido pelo teor de piruvato. Assim, o armazenamento em AC reduziu o metabolismo dos bulbos resultando em menor conteúdo dos ACSOs (UDDIN; MACTAVISH, 2003; YOO et al., 2012) e também menor atividade da enzima aliinase (UDDIN; MACTAVISH, 2003), sendo maior o efeito quando os níveis de O<sub>2</sub> durante o armazenamento foram de 0,5 kPa. Além disso, a atividade da aliinase com AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) foi fortemente reduzida, resultando em um acúmulo de ACSOs, que, com a posterior exposição dos bulbos a uma temperatura mais elevada, resultou em uma super produção de piruvato.

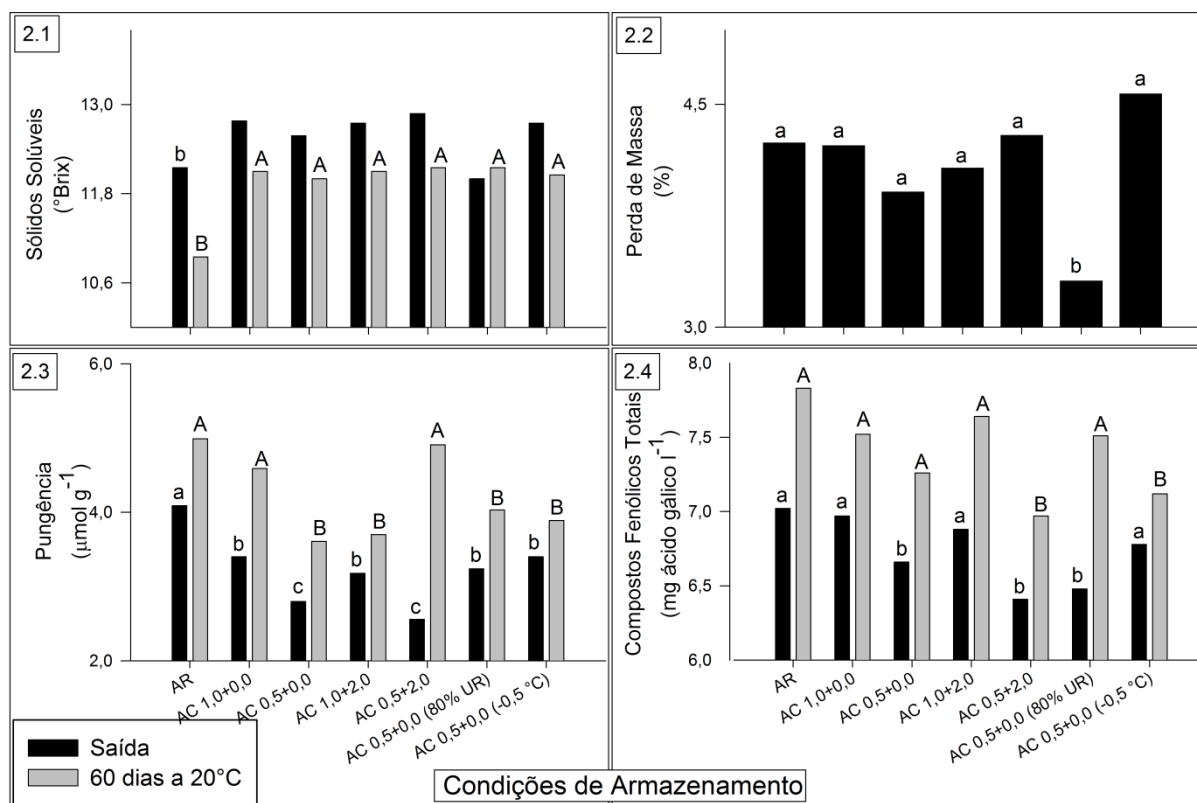


Figura 2 – Sólidos solúveis (2.1), perda de massa (2.2), pungência (2.3) e compostos fenólicos totais (2.4) de cebolas ‘Bola Precoce’ após seis meses de armazenamento em diferentes condições de atmosfera, umidade relativa e temperatura. Análises na saída da câmara e aos 60 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

Letras diferentes indicam diferença significativa no teste Skott - Knott, a 5% de probabilidade de erro.

AR: Armazenamento refrigerado. AC: atmosfera controlada. UR: umidade relativa.

O teor de compostos fenólicos totais apresentou significância tanto na saída da câmara quanto após a vida de prateleira (Figura 2.4). Na saída da câmara, apresentaram maiores teores os bulbos em AR e em AC com 1,0 kPa O<sub>2</sub> (0,0 e 2,0 kPa CO<sub>2</sub>) e 0,5+0,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) na temperatura de -0,5 °C. Menores teores foram verificados com 0,5 kPa O<sub>2</sub> (0,0 e 2,0 kPa CO<sub>2</sub> e 0,0 kPa CO<sub>2</sub> com alta umidade). No final da vida de prateleira, somente houve diferença entre os bulbos armazenados em AC 0,5+2,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) e AC 0,5+0,0 na temperatura de -0,5 °C das outras condições. Segundo Benkeblia e Shiomi (2004), o teor de compostos fenólicos totais em cebolas estaria relacionado ao estado de dormência dos bulbos, sendo que esses só iniciariam o processo de brotamento após haver uma redução nos teores desses compostos. No entanto, neste trabalho não foi verificada a mesma resposta visto que os bulbos que apresentaram maior brotamento (Figura 3.1) também eram os que apresentaram maior teor de polifenóis (Figura 2.4). Os polifenóis são substâncias derivadas do metabolismo

secundário das plantas e que desempenham a função de antioxidantes, tendo grande importância na alimentação humana.

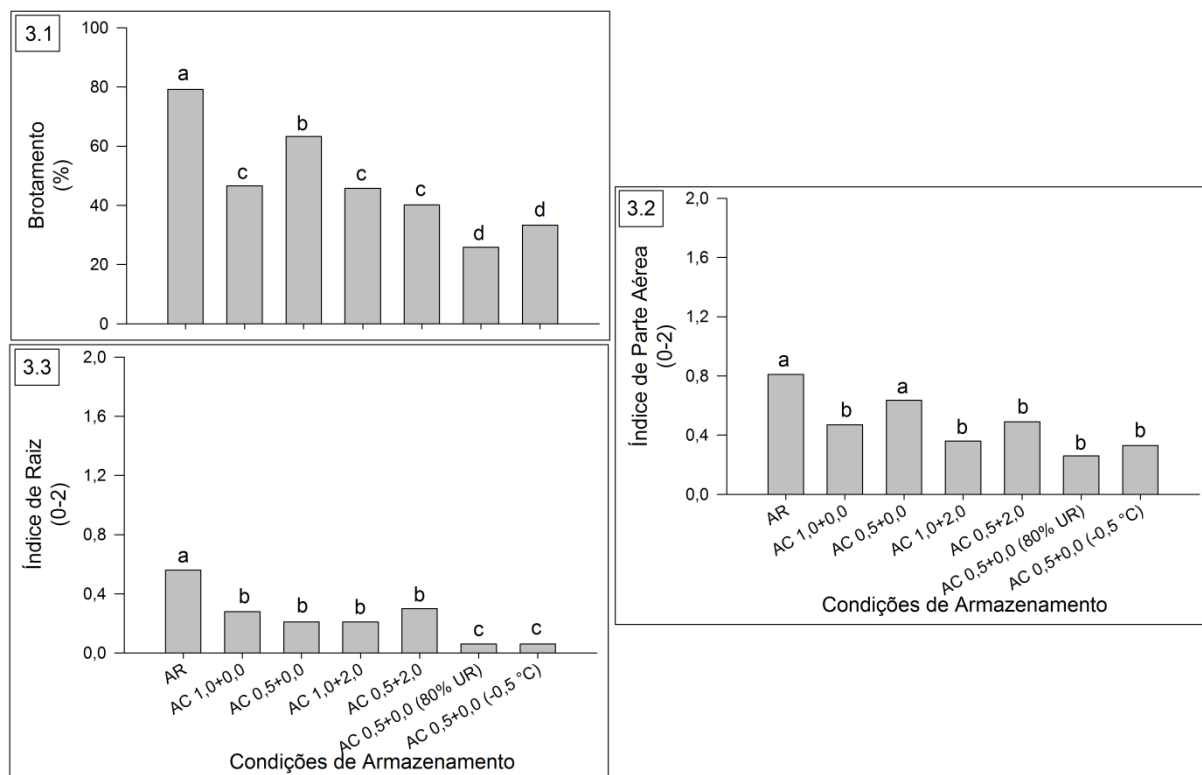


Figura 3 – Brotamento (3.1), índice de parte aérea\* (3.2) e índice de raiz\*\* (3.3) de cebolas ‘Bola Precoce’ após seis meses de armazenamento em diferentes condições de atmosfera, umidade relativa e temperatura. Análises aos 60 dias de vida de prateleira (20 °C). Santa Maria, RS, 2013.

Letras diferentes indicam diferença significativa no teste Skott - Knott, a 5% de probabilidade de erro.

AR: Armazenamento refrigerado. AC: atmosfera controlada. UR: umidade relativa.

Na saída da câmara o brotamento e os índices de parte aérea e raiz foram iguais a zero, e por isso os resultados não foram apresentados.

\* Níveis: 0 = sem brotamento; 1 = broto em desenvolvimento no interior do bulbo e 2 = broto visível externamente.

\*\* Níveis: 0 = ausência de desenvolvimento radicular; 1 = raízes de até 1,5 cm e 2 = raízes maiores que 1,5 cm.

O brotamento, determinado após a vida de prateleira, foi maior nos bulbos mantidos em AR, seguidos da AC 0,5+0,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>), depois AC 1,0+0,0, AC 1,0+2,0 e AC 0,0+2,0, e os menores valores com AC 0,5+0,0 e temperatura de -0,5 °C e UR de 80% (Figura 3.1). O maior brotamento com o AR ocorreu devido ao maior nível metabólico durante o armazenamento, ocasionado pelo alto nível de O<sub>2</sub>.

O índice de parte aérea, também determinado após a vida de prateleira, apresentou resultados muito semelhantes ao encontrado para o brotamento (Figura 3.2). O AR proporcionou maior índice, sem diferir da AC 0,5+0,0, sendo todas as outras condições de AC menores e não significativas entre si. Novamente, é possível verificar que o alto nível de O<sub>2</sub> proporcionou maior metabolismo durante o armazenamento, resultando em maior superação da dormência e início do processo de brotamento. Porém, os bulbos armazenados em 0,5 kPa O<sub>2</sub> associado a 0,0 kPa CO<sub>2</sub> apresentaram alto índice de brotamento. O início do processo de brotamento está relacionado, segundo Benkeblia e Shiomi (2004), com a redução dos teores de compostos fenólicos totais e pungência e aumento da atividade da peroxidase, sendo o nível de ABA fator determinante nesse processo (CHOPE et al., 2006); CHOPE et al., 2012).

O índice de raiz, após a vida de prateleira, foi significativamente maior nos bulbos em AR, menor com AC 0,5+0,0 (kPa O<sub>2</sub>+kPa CO<sub>2</sub>) associado à temperatura de -0,5 °C e UR de 80%, e intermediário nas outras condições de AC (Figura 3.3). Assim como nos outros parâmetros relacionados ao desenvolvimento dos bulbos, o índice de raiz foi influenciado pelo metabolismo, que variou em função da concentração de O<sub>2</sub> de cada tratamento.

### 3.6 Conclusão

A atmosfera controlada reduz a superação da dormência e início do desenvolvimento dos bulbos de cebola ‘Bola Precoce’ em relação ao armazenamento refrigerado.

O armazenamento somente sob refrigeração promove maior consumo de sólidos solúveis e aumenta a pungência dos bulbos em relação ao armazenamento em atmosfera controlada.

A principal forma de perda de massa de cebolas ‘Bola Precoce’ neste trabalho ocorre através pela transpiração, resultado da pouca proteção externa dos bulbos.

### 3.7 Referências Bibliográficas

BENKEBLIA, N.; SHIOMI, N. Chilling effect on soluble sugars, respiration rate, total phenolics, peroxidase activity and dormancy of onion bulbs. **Scientia Agricola**, v.61, n.3, p.281-285, 2004.

BRACKMANN, A. et al. Condições de temperatura, umidade relativa e atmosfera controlada para o armazenamento de cebolas da cultivar 'Crioula'. **Ciência Rural**, v.40, n.8, p.1709-1713, 2010.

CHOPE, G.A. et al. Physiological, biochemical and transcriptional analysis of onion bulbs during storage. **Annals of Botany**, v.109, n.4, p.819-831, 2012.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, n.3, p.233-242, 2006.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, n.2, p.131-140, 2007a.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. The effect of the transition between controlled atmosphere and regular atmosphere storage on bulbs of onion cultivars SS1, Carlos and Renate. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, n.3, p.228-239, 2007b.

ERNST, M.K.; PRAEGER, U.; WEICHMANN, J. Effect of low oxygen storage on carbohydrate changes in onion (*Allium cepa* var. Cepa) Bulbs. **European Journal of Horticultural Science**, v.68, n.2, p.59-62, 2003.

GRIFFITHS, G. et al. Onions-a global benefit to health. **Phytotherapy Research**, v.16, n.7, p.603-615, 2002.

MAW, B.W.; MULLINIX, B.G. Moisture loss of sweet onions during curing. **Postharvest Biology and Technology**, v.35, n.2, p.223-227, 2005.

ROSE, P. et al. Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: the chemistry of potential therapeutic agents. **Natural Products Reports**, v.22, n.3, p.351-368, 2005.

SCHWIMMER, S. Enzymatic conversion of  $\gamma$ -l-glutamyl cysteine peptides to pyruvic acid, a coupled reaction for enhancement of onion flavor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.19, n.5, p.980-983, 1971.

SCHWIMMER, S.; WESTON, W.J. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Agricultural and Food Chemistry**, v.9, n.4, p.301-304, 1961.

SOUSA, R. et al. Comportamento de compra dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.511-517, 2008.

TREVISAN, J.N. et al. Rendimento e conservabilidade pós-colheita de genótipos de cebola cultivados em solo de várzea. **Ciência Rural**, v.29, n.3, p.409-413, 1999.

UDDIN, M.; MACTAVISH, H.S. Controlled atmosphere and regular storage-induced changes in S-alk(en)yl-l-cysteine sulfoxides and alliinase activity in onion bulbs (*Allium cepa* L. cv. Hysam). **Postharvest Biology and Technology**, v.28, n.2, p.239-245, 2003.

WARD, C.M. The influence of temperature on weight loss from stored onion bulbs due to desiccation, respiration and sprouting. **Annals of Applied Biology**, v.83, n.1, p.149-155, 1976.

YOO, K.S.; LEE, E.J.; PATIL, B.S. Changes in flavor precursors, pungency, and sugar content in short-day onion bulbs during 5-month storage at various temperatures or in controlled atmosphere. **Journal of Food Science**, v.77, n.2, p.216-221, 2012.

## 4 DISCUSSÃO

As cultivares avaliadas neste trabalho são duas das principais produzidas no Sul do Brasil. A ‘Crioula’, utilizada há muito tempo nessa região, é uma cultivar de dias intermediários (OLIVEIRA et al., 2004), com a camada protetora externa espessa e alta pungência, sendo bem adaptada ao armazenamento e muito apreciada pela sua aparência e sabor. Por outro lado, a ‘Bola Precoce’, cultivar também de dia intermediário, com introdução um pouco mais recente tem ganhado espaço por ter colheita mais precoce e ser mais adaptada ao consumo *in natura* (cebola-doce), em função de sua pungência mais baixa que a ‘Crioula’ (OLIVEIRA et al., 2004).

As condições de armazenamento do experimento 1 com ‘Crioula’ e do experimento com ‘Bola Precoce’ foram idênticas, porém, não constituem arranjo fatorial pelo fato de as cultivares terem sido oriundas de locais de produção diferentes, recebido tratamentos culturais diferentes (RESENDE; COSTA, 2005; RESENDE et al., 2009) e sua colheita sido em períodos diferentes. No entanto, muitos dos resultados obtidos indicam respostas semelhantes entre as cultivares, apesar da grande diferença na vida de prateleira.

A respiração, em todos os experimentos avaliados, apresentou resposta semelhante, com leve aumento logo após a saída da câmara, em função da exposição dos bulbos à temperatura mais alta (CHOPE et al., 2007b). A partir desse ponto, a taxa respiratória decresceu gradativamente até um nível mínimo, a partir do qual, em função da superação da dormência (BENKEBLIA; SHIOMI, 2004), passou a aumentar novamente. Esse ponto de mínima respiração variou entre os experimentos, mas, de modo geral, ocorreu por volta dos 15 dias para ‘Crioula’ e 36 dias para ‘Bola Precoce’.

A perda de massa apresentou uma diferença importante entre as duas cultivares testadas. Enquanto a ‘Crioula’ foi mais afetada pela condição de O<sub>2</sub> no armazenamento (Artigo 1 – Figura 2.2), a ‘Bola Precoce’ foi mais afetada pelo nível de umidade relativa na câmara de armazenagem (Artigo 2 – Figura 2.2). Segundo Kopsell e Randle (1997) e Kopsell et al. (1999), as cultivares diferem quanto a sua capacidade de armazenamento pela sua resistência à perda de água, proporcionada pelos catafilos externos e pela abertura do pescoço do bulbo. Além disso, a perda de massa em função da respiração durante o armazenamento sem controle do O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e vida de prateleira dos bulbos chega até cerca de 20%, sendo o



restante em função da transpiração e podridões (WARD, 1976). Assim, pode-se inferir que a ‘Crioula’ possui maior proteção contra a transpiração durante o armazenamento.

O teor de sólidos solúveis na maior parte dos casos teve relação inversa com a respiração dos bulbos, pois eles são as fontes primárias de energia tanto para a manutenção dos processos básicos e integridade celular, como para o início do desenvolvimento dos brotos após a superação da dormência (CHOPE et al., 2007b). O menor consumo dos SS reflete na menor perda de massa dos bulbos e na menor produção de compostos precursores tanto da pungência quanto dos polifenóis.

Além da redução da geração de intermediários (YOO et al., 2012), no caso da pungência, há também forte redução da atividade da enzima aliinase (UDDIN; MACTAVISH, 2003), responsável pela conversão dos S-alqu(en)il- L-cisteína sulfóxidos (ACSOs) em piruvato, amônia e ácidos sulfênicos, estes responsáveis pela flavor característico da cebola. A condição de CO<sub>2</sub> de 2,0 kPa, em ambas cultivares, reduziu a atividade da aliinase, causando acúmulo dos precursores (ACSOs).

O metabolismo mais retardado durante o armazenamento faz com que, na vida de prateleira, os bulbos estejam ainda sob um processo de inibição do desenvolvimento dos brotos, reduzindo o brotamento. Essa sinalização está relacionada ao teor de ácido abscísico nos tecidos (CHOPE et al., 2006), ao teor de compostos fenólicos totais e à atividade da enzima peroxidase para Benkeblia e Schiomi (2004).

De uma maneira simplificada, os processos que ocorrem nos bulbos durante o armazenamento podem ser assim descritos: o alto nível de O<sub>2</sub> durante o armazenamento condiciona os bulbos a um padrão metabólico que se reflete em maior taxa respiratória, a qual consome mais SS, aumentando a perda de massa e proporcionando condições para o desenvolvimento de outros compostos, como polifenóis e sabores. Essa soma de fatores faz com que os bulbos superem a dormência e iniciem o processo de brotamento, indesejável do ponto de vista do armazenamento com fins comerciais dos bulbos.

## 5 CONCLUSÃO

As cultivares Crioula e Bola Precoce apresentam bom potencial de armazenamento, mantendo a qualidade sem ocasionar grande brotamento dos bulbos, durante seis meses em atmosfera controlada.

A atmosfera controlada, principalmente com nível baixo de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub> (0,5 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub>), apresentou os melhores resultados na conservação da qualidade dos bulbos e na supressão do brotamento durante o armazenamento.

As cultivares Crioula e Bola Precoce diferem entre si quanto à resposta às condições de armazenamento, sendo a 'Crioula' a que melhor responde ao armazenamento em atmosfera controlada.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CEBOLICULTORES – ANACE. Escalonamento mensal da oferta de cebola. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CEBOLA, 15; SEMINÁRIO DE CEBOLA DO MERCOSUL, 16. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003

BENKEBLIA, N.; SHIOMI, N. Chilling effect on soluble sugars, respiration rate, total phenolics, peroxidase activity and dormancy of onion bulbs. **Scientia Agricola**, v.61, n.3, p.281-285, 2004.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, n.28, n.1, p. 1-25, 2003.

BOITEUX, L.; MELO, P. Taxonomia e Origem. In: OLIVEIRA, V.R.; BOITEUX, L.S. (Ed.) **Sistema de produção de cebola (*Allium cepa* L.)**, 5. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/index.htm>>. Acesso em:05 fev. 2013.

BRACKMANN, A. et al. Condições de temperatura, umidade relativa e atmosfera controlada para o armazenamento de cebolas da cultivar ‘Crioula’. **Ciência Rural**, v.40, n.8, p.1709-1713, 2010.

BUFLER, G. Exogenous ethylene inhibits sprout in onions bulbs. **Annals of Botany**, v.103, n.1, p.23-28, 2009.

CARVALHO, P.; MACHADO, C. Características nutricionais e funcionais. In: OLIVEIRA, V.R.; BOITEUX, L.S. (Ed.) **Sistema de produção de cebola (*Allium cepa* L.)**, 5. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/caracteristicas\\_nutricionais.htm](http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/caracteristicas_nutricionais.htm)>. Acesso em:05 fev. 2013.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL – CEASA-RS. (2011). **Cotações**. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.ceasa.rs.gov.br>. Acesso em 22 de maio de 2011.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, n.3, p.233–242, 2006.

CHOPE, G.A.; TERRY, L.A.; WHITE, P.J. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, n.2, p.131–140, 2007.

COOLS, K. et al. Ethylene and 1-methylcyclopropene differentially regulate gene expression during onion sprout suppression. **Plant Physiology**, v.156, n.3, p.1639-1652, 2011.

COSTA, N.; RESENDE, G. Composição química. In: COSTA, N.D.; RESENDE, G.M. (Ed) **Cultivo de cebola no nordeste. Sistemas de Produção**, 3. Petrolina: Embrapa ;Semi-Árido, 2007. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/quimica.htm> Acesso em: 05 fev. 2013.

DOWNES, K., CHOPE, G.A.; TERRY, L.A. Postharvest application of ethylene and 1-methylcyclopropene either before or after curing affects onion (*Allium cepa* L.) bulb quality during long term cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.55, n.1, p.36-44, 2010.

FRITSCH, R.; FRIESEN, N. Evolution, domestication and taxonomy. In: H. RABINOWITCH, H.; CURRAH, L. **Allium Crop Science: recent advances**. EUA: CAB International, 2002. p5-30

FUNDAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA - FAO. **Food and Agricultural commodities production**. 2008. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> Acesso em 17 de maio de 2011.

GIL, L. **Estudo da Taxa Respiratória e de Indicadores da Qualidade de Cebola Vermelha (*Allium cepa* L., “Vermelha da Póvoa”) Minimamente Processada**. 2008, 197 f. Dissertação ( Mestrado Ciências do Consumo Alimentar). Universidade Aberta, Porto, 2008.

GRIFFITHS, G. et al. Onions-a global benefit to health. **Phytotherapy Research**, v.16, n.7, p.603-615, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE . **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 74p.

KASSAB, A.L. **Cebola**. São Paulo: Ícone, 1986. 114p.

KOPSELL, D.E.; RANDLE, W.M. Onions cultivars differ in pungency and bulb quality changes during storage. **HortScience**, v.32, n.7, p.1260-1263, 1997.

KOPSELL, D.E.; RANDLE, W.M.; EITEMAN, M.A. Changes in the S-alk(en)yl cysteine sulfoxides and their biosynthetic intermediates during onion storage. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.124, n.2, p.177-183, 1999.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento do hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 242p.

OLIVEIRA, V. et al. Avaliação da pungência em genótipos de cebola. In: Congresso Brasileiro de Olericultura. 45., 2005, Fortaleza. **Anais...** 2005.

OLIVEIRA, V. et al. Cultivares. In: OLIVEIRA, V.R.; BOITEUX, L.S. (Ed.) **Sistema de produção de cebola (*Allium cepa* L.). Sistema de Produção, 5**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/cultivares.htm>>. Acesso em: 05 fev. 2013.

PRAEGER, U.; ERNST, M.K.; WEICHMANN, J. Effects of ultra-low oxygen storage on postharvest quality of onion bulbs (*Allium cepa* var. Cepa). **European Journal of Horticultural Science**, v.68, n.1, p.14-19, 2003.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Características produtivas e conservação pós-colheita de cebola em diferentes espaçamentos de plantio. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.707-711, 2005.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Socioeconomia. In: COSTA, N.D.; RESENDE, G.M. (Ed) **Cultivo de cebola no nordeste. Sistemas de Produção**, 3. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/socioeconomia.htm>>. Acesso em: 05 fev. 2013.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D.; PINTO, J.M. Rendimento e conservação pós-colheita de bulbos de cebola com doses de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, p.139-143, 2009.

ROSE, P. et al. BioactiveS-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: the chemistry of potential therapeutic agents. **Natural Products Reports**, v.22, n.3, p.351-368, 2005.

SCHWIMMER, S.; WESTON, W.J. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Agricultural and Food Chemistry**, v.9, n.4, p.301-304, 1961.

SOUSA, R. et al. Comportamento de compra dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.511-517, 2008.

TREVISAN, J.N. et al. Rendimento e conservabilidade pós-colheita de genótipos de cebola cultivados em solo de várzea. **Ciência Rural**, v.29, n.3, p.409-413, 1999.

VILELA, N. et al. Desafios e oportunidades para o agronegócio da cebola no Brasil. **Horticultura Brasileira**. v.23, n.4., p.1029-1033, 2005.

WARD, C.M. The influence of temperature on weight loss from stored onion bulbs due to desiccation, respiration and sprouting. **Annals of Applied Biology**, v.83, n.1, p.149-155, 1976.

YOO, K.S.; PIKE, L.M. Determination of background pyruvic acid concentrations in onions, *Allium* species, and other vegetables. **Scientia Horticulturae**, v.89, n.4, p.249-256, 2001.