

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

**QUALIDADE DE PROCESSAMENTO E
ENVELHECIMENTO FISIOLÓGICO DE CLONES DE
BATATA PRODUZIDOS DURANTE A PRIMAVERA E
OUTONO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE
DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Sérgio Tonetto de Freitas

Santa Maria, RS, Brasil

2006

**QUALIDADE DE PROCESSAMENTO E ENVELHECIMENTO
FISIOLÓGICO DE CLONES DE BATATA PRODUZIDOS
DURANTE A PRIMAVERA E OUTONO NA REGIÃO
CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

por

Sérgio Tonetto de Freitas

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do
grau de
Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Dílson A. Bisognin, Ph.D.

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

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

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

**QUALIDADE DE PROCESSAMENTO E ENVELHECIMENTO
FISIOLÓGICO DE CLONES DE BATATA PRODUZIDOS DURANTE A
PRIMAVERA E OUTONO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO
SUL**

elaborada por
Sérgio Tonetto de Freitas

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Jerônimo Luiz Andriolo (UFSM)
(Examinador)

Pof^ª. Dr.^a. Rosangela Lunardi (UERGS)
(Examinadora)

Santa Maria, 20 de janeiro de 2006

**A minha família
pelo apoio e incentivo
em todas as minhas decisões**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dilson Antônio Bisognin pela orientação, confiança e amizade.

Aos meus co-orientadores Auri Brackmann e Jerônimo Luis Andriolo pelo auxílio e suporte na realização deste trabalho.

Ao Professor Auri Brackmann pela oportunidade de trabalho em pesquisa durante o curso de graduação.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia, que de alguma forma influenciaram minha formação intelectual e científica durante a graduação e a pós-graduação.

Aos amigos do Programa de Genética e Melhoramento de Batata e Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita pela amizade e colaboração em todos os momentos.

Aos amigos e colegas de pós-graduação, pelo companheirismo nos momentos alegres e nos momentos difíceis.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela possibilidade de realização deste curso e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A FAPERGS pelo financiamento parcial do projeto e pela concessão de bolsas de iniciação científica.

Por sobre tudo a DEUS, pela nossa existência e pela oportunidade de tê-los conhecido.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

QUALIDADE DE PROCESSAMENTO E ENVELHECIMENTO FISIOLÓGICO DE TUBÉRCULOS DE BATATA PRODUZIDOS DURANTE A PRIMAVERA E O OUTONO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: SERGIO TONETTO DE FREITAS

ORIENTADOR: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 20 de janeiro de 2006.

Os tubérculos de batata podem ser destinados para o consumo ou semente. Para o consumo, estes podem ser utilizados para mesa ou para processamento. Ambas as finalidades exigem tubérculos com qualidades distintas, as quais são essenciais para atender as necessidades do consumidor. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de processamento e o envelhecimento fisiológico de tubérculos produzidos durante a primavera e o outono na região central do Rio Grande do Sul. A qualidade de processamento foi avaliada em 15 clones produzidos durante a primavera de 2003 e o outono de 2004. O envelhecimento fisiológico foi estudado em tubérculos dos clones Asterix, SNINIA793101-3 e SMIJ461-1 produzidos durante o outono e primavera de 2004 e armazenados a 4, 8, 12 e 25°C por um período de 180 dias. Para qualidade de processamento, os clones SMIJ461-1, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMIC148-A, SMIDO40-4RY e SMIH095-1 foram os que apresentaram o melhor desempenho em coloração dos chips e teores de massa seca e açúcares redutores. Dentre esses clones, SMIDO40-4RY e SMIH095-1 foram os menos influenciados pelas épocas de cultivo de outono e primavera na região central do RS. Os clones SMIJ461-1 e SMIJ456-4Y apresentaram maior teor de massa seca e coloração mais clara dos chips no cultivo da primavera. De acordo com a avaliação do envelhecimento fisiológico, os três clones sofreram influência das condições de cultivo. O cultivo de outono combinado com o armazenamento a 4 e 8°C manteve os tubérculos dos diferentes clones em estágio de dormência por 180 dias. Quando os tubérculos foram produzidos na primavera, somente os clones SMINI793101-3 e SMIJ461-1 submetidos a temperatura de 4°C mantiveram a dormência durante os 180 dias de armazenamento. As condições de cultivo e as diferenças genéticas alteram tanto a qualidade de processamento quanto o envelhecimento fisiológico dos tubérculos. O armazenamento dos tubérculos a baixa temperatura é eficaz para retardar o envelhecimento fisiológico somente durante o período de dormência.

Palavras-chave: matéria seca, açúcares redutores, batata-semente.

ABSTRACT

Master Thesis

Graduate Program of Agronomy

Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

PROCESSING QUALITY AND PHYSIOLOGICAL AGING OF POTATO TUBERS PRODUCED DURING SPRING AND AUTUMN GROWING CONDITIONS IN THE CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: SERGIO TONETTO DE FREITAS

ADVISER: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN

Date and place of defense: Santa Maria, January 20th, 2006.

Potato tubers can be used as food or seed. Potatoes are mostly sold for tablestock and processing consumptions. Each destination has its own requirements to attend consumers' exigencies. The aim of this work was to evaluate the processing quality and physiological aging of potato tubers produced during spring and autumn growing conditions in Rio Grande do Sul (RS). Tubers of 15 potato clones were evaluated for processing quality during spring 2003 and autumn 2004. The best performance of chips color, dry matter, and reduced sugar was obtained with potatoes of the clones SMIJ461-1, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMIC148-A, SMIDO40-4RY and SMIH095-1. Among these clones, SMIDO40-4RY and SMIH095-1 were less affected by temperature and sunlight conditions of the RS growing seasons. The clones SMIJ461-1 and SMIJ456-4Y cultivated during spring showed the highest dry matter and the lightest chip color. The physiological aging was studied in potato tubers of the Asterix, SNINIA793101-3 and SMIJ461-1 clones produced during spring and autumn 2004 and stored at 4, 8, 12 and 25°C for 180 days. The physiological aging of the three evaluated clones was affected by the growing conditions. Potato tubers cultivated in autumn and stored at 4 and 8°C remained dormant for 180 days. When tubers were produced during spring, only the clones SMINI793101-3 and SMIJ461-1 stored at 4°C remained dormant for 180 days. The growing conditions and genetic differences influence both processing quality and physiological aging of potato tubers. The storage at low temperature is efficient to delay physiological aging only during the dormant period of the potato tubers.

Key words: dry matter, reduced sugars, seed potato.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Reação de Maillard.....	16
FIGURA 2. Estrutura do ácido clorogênico e reação química para formação do pigmento escuro responsável pelo escurecimento após a fritura.....	18
FIGURA 3. Percentagem de tubérculos brotados dos clones Asterix, SMINIA7983101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias.....	40
FIGURA 4. Número de brotos por tubérculo dos clones Asterix, SMINIA7983101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias.....	41
FIGURA 5. Perda de massa fresca de tubérculos dos clones Asterix, SMINIA7983101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias.....	42
FIGURA 6. Respiração de tubérculos dos clones Asterix, SMINIA7983101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias.....	43
FIGURA 7. Produção de etileno de tubérculos dos clones Asterix, SMINIA7983101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Massa seca e coloração dos chips de clones de batata avaliados durante os cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004 em Santa Maria, RS.....	30
TABELA 2. Teores de amido, açúcares redutores e polifenóis totais na massa seca de clones de batata avaliados durante os cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004 em Santa Maria, RS.....	31
TABELA 3. Médias de percentagem de tubérculos brotados, número de brotos por tubérculo, perda de massa fresca, percentagem de podridão, produção de CO ₂ e etileno obtidas após seis meses de armazenamento de clones cultivados no período de outono e primavera de 2004.....	39

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Equações dos gráficos do Capítulo II.....	51
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1.1. História da batata.....	12
1.2. Importância da cultura da batata.....	12
1.3. Época de cultivo.....	13
1.4. Qualidade de tubérculos para processamento.....	14
1.4.1. Teor de massa seca.....	14
1.4.2. Coloração de chips.....	15
1.4.3. Teor de amido e açúcares redutores.....	15
1.4.4. Teor de polifenóis totais.....	17
1.5. Qualidade da batata-semente.....	18
1.5.1. Brotação de tubérculos.....	19
1.5.2. Número de brotos por tubérculos.....	19
1.5.3. Perda de massa fresca.....	20
1.5.4. Respiração dos tubérculos.....	21
1.5.5. Produção de etileno nos tubérculos.....	21
1.6. Objetivos.....	22
1.6.1. Objetivo Geral.....	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
2. CAPÍTULO I - QUALIDADE PARA PROCESSAMENTO DE CLONES DE	
BATATA CULTIVADOS DURANTE A PRIMAVERA E OUTONO	
NO RIO GRANDE DO SUL.....	23
2.1. Introdução.....	23
2.2. Material e Métodos.....	24

2.3. Resultados.....	25
2.4. Discussão.....	26
3. CAPÍTULO II - ENVELHECIMENTO FISIOLÓGICO DE TUBÉRCULOS DE CLONES DE BATATA PRODUZIDOS E ARMAZENADOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS.....	32
3.1. Introdução.....	32
3.2. Material e Métodos.....	33
3.3. Resultados.....	34
3.4. Discussão.....	36
4. DISCUSSÃO GERAL.....	45
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. História da batata

A batata era somente cultivada pelos Incas no Peru quando os espanhóis chegaram em 1536. Após a descoberta, os espanhóis levaram a batata para a Europa onde foi usada como alimento e medicamento. Registros da história revelam que o Papa Pio IV recuperou-se de uma doença por volta de 1570, após ter sido prescrita uma dieta de batatas rica em carboidratos. A batata foi chamada de "tartufo blanco" (tubérculo branco) pelos espanhóis e ainda hoje os alemães usam a palavra "Kartoffeln", pois esta teria derivado de "tartufo" (PRESSER, 2005).

No início do século XVII algumas pessoas acreditavam que a lepra, tuberculose e a sífilis poderiam ser curadas pela batata. Especialmente na Irlanda, a batata foi usada em grande escala na produção alimentícia no século XVIII. O surgimento da desastrosa doença *Phytophthora infestans* dizimou as plantações de batata no século XIX e ocasionou a morte de 1,5 milhão de pessoas por inanição e a emigração de outros 1,5 milhão, principalmente para os Estados Unidos. No fim do século XVIII, agricultores de toda Europa começaram a cultivar batata. O rei da Rússia, Frederick "O Grande" ordenou que utilizassem somente a batata na alimentação. Uma guerra nos anos 1778-80 entre a Prússia e Áustria foi conhecida como "Kartoffelkrieg" (Guerra da Batata), pois os soldados se alimentavam à base de batatas (PRESSER, 2005).

1.2. Importância da cultura da batata

O plantio de batata teve um grande aumento com a Revolução Industrial e, atualmente, é cultivada em vários países e consumida por mais de um bilhão de pessoas. A batata é a quarta cultura na ordem de importância no mundo, depois do trigo, arroz e milho, sendo um dos principais alimentos da humanidade. A produção mundial anual é de 300 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 20 milhões de hectares, com uma produtividade de 15 toneladas por hectare (IBGE, 2005).

No Brasil, o cultivo de batata teve início com outras culturas no cinturão verde de São Paulo no começo da década de 1920 e hoje é considerada a principal hortaliça cultivada no

país, tanto em área como em preferência alimentar. Os principais estados produtores são Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A Região Sul foi o berço da produção de batata no Brasil e, ainda hoje, apresenta a maior área cultivada do País e o maior contingente de produtores. Esta região é responsável por uma produção anual de cerca de 1,2 milhão de toneladas, o que corresponde, aproximadamente, a pouco menos de 50% da produção total do País. A Região Sul destaca-se, ainda, na produção de batata-semente, com produção anual aproximada de 40 mil toneladas, que corresponde a mais de 50% da produção do País. A cadeia produtiva envolve na região um grande volume de recursos e mão-de-obra, onde um grande número de famílias se ocupa diretamente na produção de batata (IBGE, 2005).

No Rio Grande do Sul, a produção concentra-se na região Sul, que compreende os municípios de São Lourenço do Sul, Pelotas, Canguçu e Cristal. Na região Central Silveira Martins, Júlio de Castilhos, São Martinho da Serra, Restinga Seca e Ivorá. E por um número maior de municípios, na região Norte/Nordeste representada por Ibiraiaras, Caseiros, Lagoa Vermelha, Muitos Capões, Bom Jesus, Vacaria, São José dos Ausentes, São Francisco de Paula, São Jorge, Garibaldi, Carlos Barbosa, Gramado, Santa Maria do Herval, entre outros. A área cultivada no Estado foi de 39 mil hectares, em 2000, sendo São Lourenço do Sul o maior produtor com 4 mil hectares, seguido de Pelotas, com 2,2 mil hectares. Dados de 1999 indicam que nos principais municípios produtores existem em torno de 10.180 famílias que trabalham com batata e estima-se que 90% têm esta cultura como a principal fonte de renda. Nos municípios com maior produção estes valores podem chegar a 1,8 mil produtores para São Lourenço e 1,3 mil produtores para Pelotas (IBGE, 2005).

1.3. Época de plantio

A época recomendada de plantio da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, dependendo da região, abrange os meses de agosto, setembro e outubro (safra de primavera-verão, de primavera ou simplesmente safra), e os meses de janeiro, fevereiro e março (safra de outono-inverno, de verão ou safrinha). Em geral, tanto para o Rio Grande do Sul quanto para Santa Catarina, nas regiões com altitudes inferiores a 600m, o plantio pode ser efetuado nas duas épocas citadas (primavera e outono). Nas regiões com altitudes superiores a 600m, o plantio é recomendado nos meses de outubro a dezembro (BISOGNIN, 1996).

1.4. Qualidade de tubérculos para processamento

A quantidade de produtos industrializados à base de batata tem crescido nos últimos anos em nível mundial, incluindo o Brasil, principalmente para produtos que podem ser consumidos diretamente, como chips e batata palha, ou prontos para serem preparados, como batatas descascadas e cortadas em palitos resfriados ou pré-fritos congelados (ZORZELLA et al., 2003). Devido à falta de matéria-prima de qualidade e quantidades adequadas para a indústria de processamento, as necessidades do mercado brasileiro têm sido supridas pela importação, principalmente de batata pré-frita e congelada (VENDRUSCOLO, 1998).

Entre os parâmetros que influenciam a qualidade de tubérculos para a industrialização, os teores de massa seca, amido, açúcares redutores, polifenóis totais e a coloração de chips têm grande importância, por serem atributos responsáveis tanto pelo rendimento quanto pela qualidade do produto processado, determinando a absorção de gordura durante a fritura, a textura, o sabor e a aparência do produto final (SILVA, 1991; CAPEZIO et al., 1992/93).

1.4.1. Teor de massa seca

O teor de massa seca é influenciado pela desidratação e respiração dos tubérculos. A desidratação é responsável por até 90% da perda total de massa fresca durante o armazenamento, reduzindo também a qualidade dos tubérculos. A desidratação é maior em condições de armazenamento com alta temperatura e baixa umidade relativa. A desidratação também aumenta se os tubérculos apresentarem danos, pouca suberização e brotação (FONTES & FINGER, 1999; HESSE, 2005). A respiração é responsável pela degradação dos carboidratos dos tubérculos. Neste processo, açúcares são completamente oxidados a CO_2 , enquanto o oxigênio serve como receptor final de elétrons, sendo reduzido à água. Desta forma, a respiração resulta na redução dos carboidratos e aumento da quantidade de água nos tubérculos, reduzindo os teores de massa seca (WILTSHIRE & COBB, 1996).

Para tubérculos destinados à industrialização, os teores de massa seca têm grande importância, por serem responsáveis pelo rendimento e qualidade do produto processado, ou seja, determinam a absorção de gordura durante a fritura, a textura e o sabor final do produto (SILVA, 1991; CAPEZIO et al., 1992/93). Desta forma, batatas destinadas para fritura devem apresentar teores de massa seca superiores a 20% para que se tenha uma boa qualidade do produto processado (BRODY, 1969).

1.4.2. Coloração de chips

A coloração de chips é um fator determinante da qualidade de comercialização do produto processado. Desta forma, a avaliação da coloração de chips é extremamente importante para a caracterização do produto e a adequação das condições de armazenamento, de forma a minimizar o escurecimento excessivo durante e após o processamento (RODRIGUEZ-SAONA & WROLSTAD, 1997). Existem vários métodos que podem ser utilizados para medir a coloração de chips. O sistema tridimensional de cores CIE ($L^*a^*b^*$) tem sido amplamente utilizado, sendo os valores medidos somente na escala L^* , que varia do preto ao branco. Uma classificação recente indica que a coloração de chips após a fritura com $L^* < 55$ é inaceitável, $L^* = 55$ a 70 é aceitável e $L^* > 70$ é de alta qualidade (COLEMAN, 2003).

1.4.3. Teor de amido e açúcares redutores

Em tubérculos de batata, o amido é o principal carboidrato armazenado, correspondendo a valores entre 60 e 80% da massa seca (PASTORINI et al., 2003). A conversão do amido em açúcares redutores parece ser reversível e quando a liberação excede o consumo, os açúcares são acumulados. Este aumento dos açúcares também pode ocorrer como resultado do envelhecimento fisiológico dos tubérculos, sendo chamado, neste caso, de adoçamento senescente (COELHO, 1999). Tanto o aumento dos açúcares induzidos pelo frio como o adoçamento senescente parecem ter como origem a liberação de açúcares devido à degradação do amido. A seqüência pela qual o acúmulo de açúcares ocorre inicia-se com a mobilização do amido, seguida por um aumento na síntese de sacarose e, finalmente, hidrólise da sacarose até glicose e frutose (RICHARDSON et al., 1990).

O constante fluxo de carboidratos derivados do amido para substâncias menos complexas, como os açúcares redutores, está relacionado com o aumento na atividade de uma ou mais enzimas que degradam o amido (CLAASSEN et al., 1993). Este aumento é induzido quando os tubérculos são expostos a baixas temperaturas, por um período de quatro a cinco dias, podendo a atividade enzimática aumentar até 10 vezes após 30 dias de armazenamento (ZHOU & SOLOMOS, 1998). Embora este fenômeno esteja bem descrito, as causas e os

mecanismos não estão ainda bem estabelecidos, existindo evidências de que um complexo controle metabólico esteja envolvido (CHAPPER et al., 2004). A senescência das membranas do amiloplasto da batata, decorrente de baixas temperaturas (O'DONOGHUE et al., 1995) ou mesmo a fragilidade destas membranas podem estar associadas ao adoçamento (CHAPPER et al., 2004).

Apesar da temperatura de armazenamento ser de grande importância na manutenção da qualidade pós-colheita dos tubérculos de batata, o armazenamento em temperaturas inferiores a 6°C pode resultar em acúmulo de açúcares redutores, principalmente glicose e frutose (BOOTH & SHAW, 1990). Este acúmulo influencia a qualidade dos tubérculos para processamento, pois promove o escurecimento do produto quando submetido à fritura (HERTOG et al., 1998). O escurecimento ocorre devido a uma reação não enzimática conhecida como reação de Maillard, que se inicia com a reação entre o grupamento carbonila ou cetona do açúcar redutor e o grupo amino de aminoácidos, peptídeos ou proteínas, resultando no escurecimento dos chips, como consequência do surgimento das melanoidinas pigmentadas (DAVIDS et al., 2004; COELHO et al., 1999).

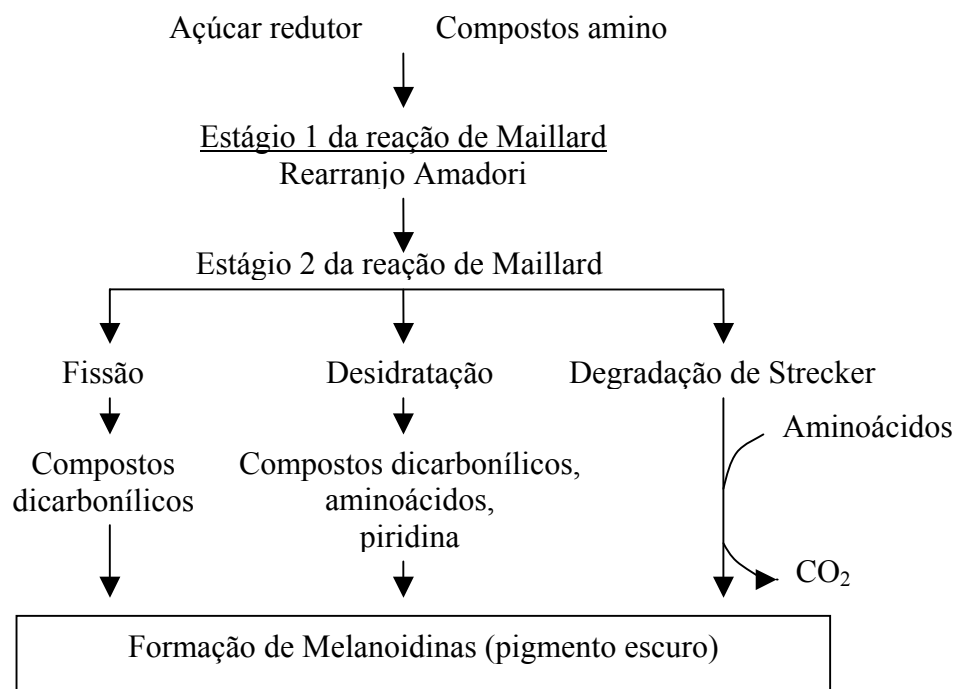


Figura 1. Reação de Maillard (Browning Reaction, 2006).

O acúmulo de açúcares redutores a baixas temperaturas é uma característica genética. Alguns clones de batata avaliados logo após a colheita apresentam coloração dos chips de excelente qualidade (cor clara) e quando armazenados em câmara fria, mesmo por apenas

alguns dias, produzem fritas de coloração muito escura para serem aceitas pela indústria, sendo este processo conhecido como reversão (BEALE et al., 1996). Clones resistentes à reversão são aqueles que produzem fritas de coloração clara logo após a colheita ou após um curto período de armazenamento (BEALE et al., 1996). Os clones que produzem fritas de coloração clara após o armazenamento seguido do acondicionamento (uma a três semanas a 18 - 20° C antes de colocar os tubérculos a temperatura ambiente) são considerados resistentes ao acondicionamento. Esta exposição dos tubérculos a temperaturas mais elevadas, por curtos períodos, pode reverter o acúmulo de açúcares redutores, porém pode acelerar a respiração (WILTSHIRE & COBB, 1996) e a brotação (BISOGNIN, 1996), tendo como consequência a perda de massa seca dos tubérculos (WILTSHIRE & COBB, 1996). No entanto, se os tubérculos forem armazenados para um posterior plantio, o alto teor de açúcares logo após o armazenamento é benéfico, pois promove uma brotação mais rápida e uniforme (BISOGNIN, 1996).

1.4.4. Teor de polifenóis totais

Apesar dos teores de massa seca e açúcares redutores estarem altamente relacionados com a qualidade de processamento de tubérculos de batata, estes parâmetros não garantem o sucesso do processo de fritura. A qualidade de processamento pode ser alterada em função da cultivar e fatores ambientais que resultam em estresse e aumentam a síntese de fenóis indesejáveis nos tubérculos, como o ácido clorogênico (RODRIGUEZ-SAONA & WROLSTAD, 1997). Este ácido está envolvido no processo de escurecimento após a fritura dos chips e a quantidade nos tubérculos está sob o controle genético e é altamente influenciada por fatores de manejo e condições de armazenamento (LESZCZYNSKI, 1989).

O armazenamento dos tubérculos tem grande influência no escurecimento dos chips após a fritura. Estudos mostram uma tendência ao aumento dos teores de ácido clorogênico durante o armazenamento, conseqüentemente, aumentando o escurecimento após a fritura (LESZCZYNSKI, 1989; LEJA, 1989). A temperatura de armazenamento influencia também os teores de ácido clorogênico em tubérculos de batata, sendo que a temperatura de 5°C resulta em maiores teores e temperatura de 15,5°C em menores teores de ácido clorogênico (PERCIVAL & BAIRD, 2000).

O processo de escurecimento ocorre através de uma reação de oxidação do ácido clorogênico ferroso com o oxigênio atmosférico. O primeiro passo no conjunto de reações que

causam este tipo de escurecimento é a formação do ácido clorogênico-ferroso durante a fritura, que é um composto incolor. Após a fritura, a oxidação do ácido clorogênico-ferroso leva à formação do ácido diclorogênico-férrico de coloração escura, conforme a figura a seguir:

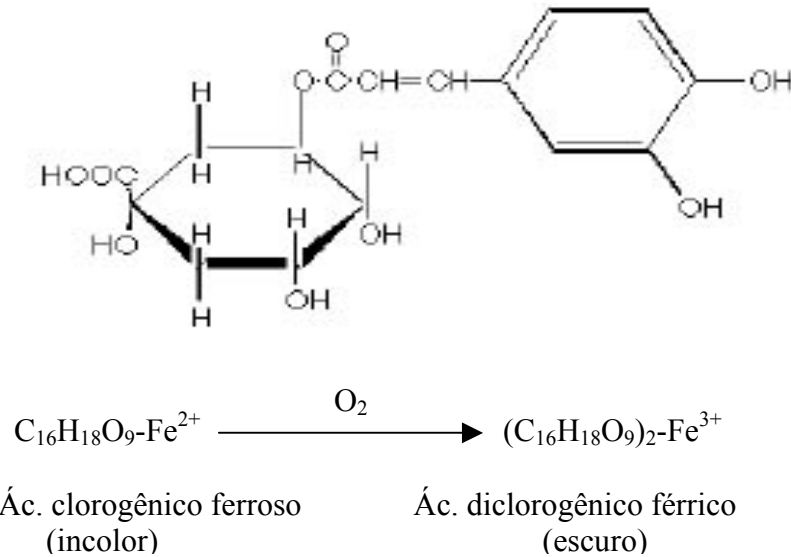


Figura 2. Estrutura do ácido clorogênico e reação química para formação do pigmento escuro responsável pelo escurecimento após a fritura (WANG-PRUSKI & NOWAK, 2004).

1.5. Qualidade da batata-semente

A qualidade da batata-semente está diretamente relacionada com a idade fisiológica dos tubérculos. Esta idade é definida pelos estádios fisiológicos de dormência, dominância apical, plena brotação e, finalmente, senescência (BISOGNIN, 1996). Durante o envelhecimento fisiológico, ocorrem mudanças bioquímicas e fisiológicas nos tubérculos, as quais são responsáveis pelas perdas quantitativas e qualitativas durante o armazenamento (OLSEN, 2004). Dentre os principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade de tubérculos de batata-semente estão a brotação, o número de brotos, a perda de massa fresca, a respiração e a produção de etileno.

1.5.1. Brotação de tubérculos

O período de dormência é definido em função da cultivar, época de cultivo, condições de armazenamento e estágio fisiológico dos tubérculos (ELBAZ et al., 1980; ITTERSUM, 1992; OLSEN, 2004). Os tubérculos de maturação tardia apresentam um período de dormência maior que os precoces. Tubérculos produzidos sob altas temperaturas, particularmente no final do período de crescimento, tem um período mais curto de dormência. Além disto, os tubérculos completamente maduros tem período de dormência menor do que os imaturos (ZAMBEN, 1982). O processo de dormência logo após a colheita é extremamente importante por minimizar as perdas fisiológicas devido à brotação durante o armazenamento (HEMBERT, 1985). Deste modo, as condições de armazenamento devem inibir a brotação e manter a qualidade dos tubérculos para o plantio subsequente (BOOTH & SHAW, 1990).

A brotação dos tubérculos é um processo influenciado pelo balanço hormonal entre promotores e inibidores do crescimento (BISOGNIN, 1996). O controle da temperatura de armazenamento é extremamente importante, pois temperaturas baixas (3°C) podem inibir a brotação dos tubérculos (BURTON et al., 1992). Entretanto, temperaturas muito baixas (menores de 2°C) resultam em lesões internas nos tubérculos, sendo que um ligeiro congelamento promove a descoloração do anel vascular, reduzindo assim a qualidade do tubérculo-semente (BOOTH & SHAW, 1990).

A redução da temperatura no intervalo compreendido entre 21°C e 4°C aumenta o período de dormência dos tubérculos, sendo que o mínimo de crescimento dos brotos se dá na temperatura de 4°C (BOOTH & SHAW, 1990). Porém, este efeito da temperatura sobre a brotação dos tubérculos pode variar com a cultivar que está sendo armazenada (ITTERSUM, 1992; WURR & ALLEN, 1976). Para tubérculos da cultivar Bintje, o armazenamento à temperatura de 25°C induz a brotação 60 dias após a colheita. Entretanto, esta mesma cultivar armazenada a 4°C leva dez meses para iniciar o processo de brotação (FONTES & FINGER, 1999).

1.5.2. Número de brotos por tubérculos

O padrão de crescimento de brotos em tubérculos de batata, após a quebra da dormência, depende das condições de armazenamento, do estágio fisiológico do tubérculo, do período de armazenamento, da disponibilidade de luz e da umidade relativa. O crescimento

dos brotos promove excessivas perdas de água por evaporação e aumenta a respiração, transferindo carboidratos para as brotações. Para tubérculos-semente, o armazenamento visa manter os tubérculos vigorosos e em boas condições fitossanitárias desde a colheita até o plantio subsequente (SONNEWALD, 2001).

A temperatura de armazenamento influencia o crescimento dos brotos. Dados experimentais mostram um aumento na taxa de alongação dos brotos com o aumento da temperatura de 4 para 25°C, sendo as temperaturas entre 16 a 20°C consideradas ótimas para o crescimento dos brotos (BEUKEMA & VAN DER ZAAQ, 1979). O crescimento dos brotos também proporciona o aumento do número de brotos por tubérculo, devido à brotação de novas gemas anteriormente dormentes. O número de brotos por tubérculos é uma característica de cada cultivar. Desta forma, nem todas as cultivares possuem a mesma taxa de crescimento de brotos, mesmo que estas sejam cultivadas em condições semelhantes de cultivo (BEUKEMA & VAN DER ZAAQ, 1979).

1.5.3. Perda de massa fresca

O crescimento de brotos altera a massa fresca dos tubérculos por promover perdas excessivas de água por evaporação, por aumentar a respiração e transferir carboidratos dos tubérculos para os brotos. Durante este processo, ocorre o aumento acentuado da respiração para suprir as necessidades energéticas dos tubérculos, resultando em um pico de degradação de substâncias de reserva, e de perda de água proveniente do processo respiratório. Desta forma, o envelhecimento fisiológico dos tubérculos resulta no incremento das perdas de massa fresca para a manutenção das necessidades energéticas dos tubérculos (WILTSHIRE & COBB, 1996). Alguns estudos mostram que o armazenamento a 10°C representa aproximadamente 1 a 2% de perda de massa fresca durante o primeiro mês de armazenamento e cerca de 0,8% a cada mês posterior. Com o início da brotação, essa perda passa a ser de 1,5%, porém estas são minimizadas quando os tubérculos são armazenados a temperatura de 5°C (BOOTH & SHAW, 1990).

1.5.4. Respiração dos tubérculos

A respiração é o processo responsável pelo fornecimento de energia metabólica necessária à manutenção da atividade celular a partir de substâncias de reserva dos tubérculos. Durante o estágio de dormência, a taxa respiratória é relativamente baixa, devido à reduzida atividade metabólica dos tubérculos. Após o início da brotação, a respiração aumenta para suprir as necessidades energéticas da manutenção e multiplicação celular envolvida no processo de brotação. Todo este processo resulta na degradação de substâncias de reserva e redução dos teores de massa seca dos tubérculos (WILTSHIRE & COBB, 1996). As taxas respiratórias de tubérculos de batata mantidos a 20°C podem chegar a aproximadamente 7ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ logo após a colheita para a cultivar Macaca (BENEDETTI, 2004). No entanto, estes valores podem variar em função da cultivar, época de cultivo, temperatura de armazenamento e estágio fisiológico dos tubérculos (WILTSHIRE & COBB, 1996; COPP et al., 2000; OLSEN, 2004).

1.5.5. Produção de etileno nos tubérculos

É possível que o etileno estimule o aumento da síntese de giberelinas e o surgimento de enzimas requeridas para o rompimento da dormência. Mudanças no perfil de proteínas nos tecidos dos tubérculos ocorrem durante o rompimento da dormência. O etileno exógeno rompe a dormência de tubérculos, mas a análise do perfil das proteínas sugere que este pode ser um efeito indireto, possivelmente pela aceleração ou aumento da ação das giberelinas (ALLAM et al., 1994). Dependendo das concentrações e duração da exposição, o etileno exógeno pode aumentar ou diminuir a brotação dos tubérculos (SUTTLE, 1998; PRANGE & LAKE, 2005). O etileno, na faixa de concentrações entre 0 e 20µL L⁻¹, acelera o início da brotação, sendo 2µL L⁻¹ a concentração mais efetiva (RYLSKI et al., 1974). Tubérculos da cultivar Rose Gold tratados com 100µL L⁻¹ de etileno apresentaram uma maior percentagem de brotação, com brotos mais alongados e de crescimento mais rápido, quando comparado ao tratamento sem aplicação de etileno (SUTTLE, 1998). A exposição contínua a concentrações maiores do que 0,001µL L⁻¹ de etileno inibe o crescimento dos brotos de uma maneira dependente da dose, com a completa inibição ocorrendo em concentrações ≥1µL L⁻¹ (SUTTLE, 2003). Portanto, o etileno exerce um duplo efeito em tubérculos de batata, podendo diminuir marcadamente a duração da dormência ou inibir a alongação dos brotos

dependendo da concentração e do tempo de exposição a este gás (RYLSKI et al., 1974; SUTTLE, 2003).

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a qualidade de processamento e o envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante a primavera e o outono na região central do Rio Grande do Sul.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Identificar clones de batata de alta qualidade para processamento a partir da avaliação de tubérculos produzidos durante os cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004 em Santa Maria, RS.
- b) Determinar o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento no envelhecimento fisiológico de tubérculos de três clones de batata, produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas.

2. CAPÍTULO I - QUALIDADE PARA PROCESSAMENTO DE CLONES DE BATATA CULTIVADOS DURANTE A PRIMAVERA E OUTONO NO RIO GRANDE DO SUL

2.1. Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um dos alimentos mais consumidos no mundo, devido a sua composição, versatilidade gastronômica e tecnológica, assim como pelo baixo preço de comercialização dos tubérculos (COELHO et al., 1999). A quantidade de produtos industrializados à base de batata tem crescido nos últimos anos em nível mundial, incluindo o Brasil, principalmente para produtos que podem ser consumidos diretamente, como chips e batata palha, ou prontos para serem preparados, como batatas descascadas e cortadas em palitos resfriados ou pré-fritos congelados (ZORZELLA et al., 2003). Devido à falta de matéria-prima de qualidade e quantidades adequadas para a indústria de processamento, as necessidades do mercado brasileiro têm sido supridas pela importação, principalmente de batata pré-frita e congelada (VENDRUSCOLO, 1998).

Entre os parâmetros que influenciam a qualidade de tubérculos para a industrialização, os teores de massa seca e açúcares redutores, têm grande importância por serem atributos responsáveis pelo rendimento e qualidade do produto processado, determinando a absorção de gordura durante a fritura, a textura e o sabor do produto final (SILVA, 1991; CAPEZIO et al., 1992/93). Desta forma, batatas destinadas para fritura devem apresentar teores de massa seca superiores a 20% para que se tenha uma boa qualidade do produto processado (BRODY, 1969).

Altos teores de açúcares redutores causam um escurecimento indesejável nos chips durante a fritura. Este escurecimento ocorre devido a uma reação não enzimática conhecida como reação de Maillard, que é um processo que se inicia com a reação entre o grupamento carbonila ou cetona do açúcar redutor e o grupo amino de aminoácidos, peptídeos ou proteínas, resultando no surgimento das melanoidinas pigmentadas (COELHO et al., 1999; DAVIDS et al., 2004). Apesar de causarem o escurecimento dos chips, os açúcares redutores não são completamente indesejáveis nos tubérculos destinados à industrialização, pois níveis muito baixos deixam o produto muito branco. Desta forma, os limites ideais de açúcares redutores para processamento na forma de chips ficam entre 10 a 15mg g⁻¹ de massa seca

(ZORZELLA et al., 2003). O escurecimento dos chips também pode ocorrer após a fritura, devido à oxidação dos compostos fenólicos presentes nos tubérculos. O primeiro passo no conjunto de reações que causam este tipo de escurecimento é a formação do ácido clorogênico-ferroso durante a fritura, que é um composto incolor. Após a fritura, a oxidação deste composto leva a formação do ácido diclorogênico-férrico de coloração escura (WANG-PRUSKI & NOWAK, 2004).

Portanto, a qualidade da batata para processamento é dependente de teores adequados de massa seca, açúcares redutores e polifenóis totais, que são características genéticas e influenciadas pelo ambiente (PASTORINI et al., 2003; WANG-PRUSKI & NOWAK, 2004). O objetivo deste trabalho foi identificar clones de batata de alta qualidade para processamento a partir da avaliação de tubérculos produzidos durante os cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004 em Santa Maria, RS.

2.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental e em laboratório do Programa de Genética e Melhoramento de Batata do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os tratamentos foram arrançados em um fatorial (15 clones e duas épocas de cultivo) no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de uma fileira de 7,0m de comprimento com 21 covas. O espaçamento entre fileiras foi de 0,8m. Foram avaliados os clones avançados Dakota Rose, SMIJ461-1, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMID040-4RY, SMIE040-6RY, SMIC148-A, SMIF165-6RY, SMIH095-1, SMINIAIporã, SMINIA90244-1, SMINIA793101-3 e SMINIA95043-11 e as cultivares Macaca e Asterix, largamente utilizadas no RS. Neste trabalho as cultivares Macaca e Asterix também serão consideradas como clones para padronizar o texto. Os tubérculos foram produzidos no Departamento de Fitotecnia da UFSM, durante os cultivos de primavera de 2003 (plantio em 18 de agosto e colheita em 29 de dezembro) e outono de 2004 (plantio em 4 de março e colheita em 21 de junho). O manejo das plantas seguiu as recomendações técnicas para o cultivo da batata, incluindo a dessecação da parte aérea de todos os clones com Paraquat, 10 dias antes da colheita (BISOGNIN, 1996). Após a colheita foram retirados oito tubérculos de cada parcela e armazenados por um período de 21 dias em temperatura ambiente, quando foram efetuadas as avaliações.

Foram avaliados os teores de massa seca, açúcares redutores, polifenóis totais e amido e coloração dos chips. O teor de massa seca foi determinado através do acondicionamento das amostras de batata, previamente picadas, em estufa a temperatura de 60°C até atingirem massa seca constante. Os teores de açúcares redutores foram determinados após modificações da metodologia de LONG & CHISM (2004), utilizando-se a diluição de 1g de massa seca em 5ml de água destilada, de onde foram retirados 2ml para reagir com 0,5ml de 2,4-dinitro-fenol. Os teores de polifenóis totais foram obtidos através da metodologia descrita por SINGLETON & ROSSI (1965) com alteração na diluição da amostra inicial, utilizando-se a mesma realizada para os açúcares redutores, da qual retirou-se 0,2ml para reagir com 1ml de Folin (10%) e 0,8ml de Na₂CO₃ (7,5%). O amido foi quantificado em açúcares redutores, obtidos por hidrólise ácida de 250mg de massa seca de batata em uma solução contendo 10ml de água destilada e 0,5ml de HCl, após autoclavagem por 20min a temperatura de 120°C (1kgf cm⁻²). A solução foi então neutralizada com NaOH (50%) para pH=7,0 e retirado 1ml para adicionar a outra solução contendo 3ml de água destilada e 0,5ml de 2,4-dinitro-fenol. Após a homogeneização, a nova solução foi mantida em banho-maria por 6min antes da quantificação. As quantificações de açúcares redutores e de polifenóis totais foram feitas em espectrofotômetro (Digimed DME-21) utilizando o comprimento de onda de 600nm e 765nm, respectivamente. A coloração dos chips foi determinada em uma amostra de cinco tubérculos, da qual utilizou-se duas fatias transversais de 2mm de espessura de cada tubérculo. As 10 fatias foram fritas em fritadeira industrial a gás (Top Taylor, modelo TTF-35-G) utilizando gordura vegetal hidrogenada na temperatura de 185°C, controlada por termostato, até cessar a borbulha. Cada amostra foi submetida a duas medidas de coloração (colorímetro Minolta, modelo CR310) em um sistema tridimensional de cores CIE (L*a*b*), sendo os valores medidos somente na escala L que varia do preto ao branco. Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott (SCOTT & KNOTT, 1974) ou de Tukey, no caso das comparações entre épocas, a 5% de probabilidade de erro.

2.3. Resultados

A análise da variância mostrou diferenças significativas para a interação entre clones e épocas de cultivo para todas as características avaliadas (Tabelas 1 e 2). Na primavera, os maiores teores de massa seca foram observados nos clones SMIJ461-1, SMIJ319-1 e

SMIJ456-4Y e o menor teor no clone Dakota Rose (Tabela 1). No outono, os clones SMIJ456-4Y, SMID040-4RY, SMIC148-A e SMIH095-1 apresentaram os maiores teores de massa seca. A coloração mais clara dos chips foi obtida nos clones SMIJ461-1, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMID040-4RY, SMIC148-A, SMIH095-1 e SMIF165-6RY no cultivo de primavera. No outono, os clones SMIJ319-1, SMID040-4RY, SMIH095-1, Macaca e SMIE040-6RY apresentaram a coloração mais clara dos chips. Os clones SMIJ461-1, SMIJ456-4Y, SMID040-4RY, SMIC148-A, SMIH095-1 e SMIF165-6RY apresentaram um escurecimento dos chips no cultivo do outono comparado com o da primavera.

Os maiores teores de amido, na primavera, foram obtidos nos clones SMINIAIporã, Asterix, SMINIA90244-1, SMINIA95043-11 e SMINIA793101-3 (Tabela 2). No outono, os maiores teores de amido foram obtidos nos clones Asterix, SMINIA90244-1, SMINIA793101-3, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMIC148-A, SMIH095-1, SMIF165-6RY e SMIJ461-1. A produção de tubérculos no cultivo de primavera resultou nos maiores teores de amido em todos os clones avaliados, com uma média de $588,1\text{mg g}^{-1}$ de massa seca, comparado com os teores de amido quando os tubérculos foram produzidos no cultivo de outono, média dos clones de $362,3\text{mg g}^{-1}$ de massa seca. Os menores teores de açúcares redutores foram nos clones Macaca, SMINIA95043-11, SMIE040-6RY, SMINIA793101-3, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMIC148-A, SMIH095-1, SMIF165-6RY, SMIJ461-1 e SMIDO40-4RY. No outono, os menores teores foram obtidos nos clones SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMIC148-A, SMIH095-1, SMIF165-6RY e SMIDO40-4RY. Os clones SMINIAIporã, Asterix, Dakota Rose e SMINIA90244-1 apresentaram uma redução no teor de açúcares redutores no cultivo de outono em relação a primavera. Com relação a polifenóis totais no cultivo de primavera, o clone SMID040-4RY foi o que apresentou o menor teor. No outono, os menores teores foram observados nos clones Dakota Rose, SMIJ319-1, SMIC148-A e SMIH095-1. Na média dos clones, houve uma redução de 110,2 para $81,7\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de massa seca no teor de polifenóis totais do cultivo de primavera para o de outono.

2.4. Discussão

Os teores de massa seca encontrados nos clones SMIJ461-1, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMID040-4RY, SMIC148-A, SMINIA793101-3, SMIH095-1, SMINIA90244-1 e Macaca, para o cultivo de primavera, assim como para os clones SMIJ456-4Y, SMID040-4RY, SMIC148-A e SMIH095-1, para o cultivo de outono, estão muito próximos ou acima de

20%, o que pode ser considerado como de boa qualidade para processamento, por resultar em um maior rendimento e qualidade dos produtos processados (CAPEZIO et al., 1992/93). Os altos teores de massa seca, além de aumentarem o rendimento dos produtos processados, reduzem a absorção de gordura durante a fritura, resultando num chips mais crocante (LULAI & ORR, 1979).

Os teores de amido obtidos neste trabalho, para todos os clones e épocas de cultivo, podem ser considerados baixos, pois estes teores podem chegar até 800mg g^{-1} de massa seca em tubérculos de batata (KOBMANN et al., 1995). Apesar das épocas de cultivo não terem afetado os teores de massa seca, o cultivo de outono resultou em menores teores de amido. Essa redução nos teores de amido implica na alteração da composição química da massa seca e, conseqüentemente, na qualidade final do produto processado. Provavelmente, os baixos teores de amido obtidos devem-se às condições climáticas desfavoráveis ao acúmulo desse carboidrato durante a primavera e, principalmente, o outono. Além disso, as propriedades do amido como granulometria e conteúdo de fósforo e amilase são influenciadas pelas condições de cultivo e variam entre cultivares (NODA et al., 2004). O fato de que as condições de cultivo de primavera e outono não afetaram o teor de massa seca e as de outono reduziram o teor de amido de todos os clones avaliados deve ser explorado em futuros trabalhos.

Os clones SMIJ319-1, SMID040-4RY e SMIH095-1 apresentaram a coloração mais clara dos chips e os menores teores de açúcares redutores em ambos os cultivos. A coloração mais clara pode ser explicada pelo fato de que os clones apresentaram teores de açúcares redutores menores do que $15\text{mg g de massa seca}^{-1}$, além de apresentarem baixa quantidade de polifenóis totais (ZORZELLA et al., 2003). O clone SMIE040-6RY, no cultivo de outono, e os clones SMID040-4-RY, SMIJ461-1, SMIF165-6RY, SMIH095-1, SMIC148-A, SMIJ456-4Y, SMIJ319-1 e SMINIA793101-3 apresentaram, no cultivo de primavera, teores de açúcares redutores inferiores a $15,0\text{mg g de massa seca}^{-1}$. Desta forma, tem-se uma pequena e desejável produção de melanoidinas pigmentadas pela reação de Maillard e baixa produção de compostos fenólicos oxidados, proporcionando um leve escurecimento de forma a melhorar a aparência do produto processado (COELHO et al., 1999; DAVIDS et al., 2004).

Estes resultados confirmam que além dos açúcares redutores os polifenóis totais também são importantes para a definição da coloração final do produto processado. A coloração mais clara dos chips foi observada em clones quando os teores de açúcares redutores e polifenóis totais foram baixos. Os teores de açúcares redutores e polifenóis totais apresentaram efeito complementar no escurecimento dos produtos processados. Isto pôde ser observado por exemplo no cultivo de primavera para os clones SMIE040-6RY e

SMINIA793101-3, sendo que o primeiro apresentou uma coloração mais escura devido aos elevados teores de açúcares redutores e, o segundo, devido ao efeito complementar dos polifenóis totais aos açúcares redutores. Efeito semelhante foi observado nos tubérculos do cultivo de outono, como para os clones Asterix e SMINIA90244-1, e nos cultivos de primavera e outono, para o clone SMINIA793101-3, como consequência dos altos teores de polifenóis totais. Esses resultados confirmam os de WANG-PRUSKI & NOWAK (2004) de que a ocorrência do escurecimento devido às reações não enzimáticas de Maillard e oxidação dos polifenóis, respectivamente durante e após a fritura, podem ser fatores de grande influência na qualidade final do produto processado.

Os teores médios de amido, açúcares redutores e polifenóis totais foram menores no cultivo de outono em comparação com os de primavera. Isto pode ser explicado pelas condições climáticas que caracterizaram as duas épocas de cultivo. Essas condições, representadas principalmente pelo fotoperíodo, radiação solar e temperatura do ar, evoluíram de forma inversa na primavera e no outono. No outono (maio e junho), durante o período de enchimento de tubérculo, ocorreu uma média diária de 4,4h de insolação, enquanto que no cultivo de primavera (novembro e dezembro) a média diária no mesmo período foi de apenas 7,5h de insolação. De forma semelhante, a temperatura média diária nos dois últimos meses de cultivo de outono foi de 16,0°C, enquanto que no cultivo de primavera foi de 22,3°C. A relação amido/açúcares redutores também foi afetada pelas épocas de cultivo. No cultivo de outono, a relação média de clones de 27,4, enquanto na primavera foi de 32,8. Esta redução na relação amido/açúcares redutores no cultivo de outono deve-se, provavelmente, à redução do metabolismo e consumo de carboidratos disponíveis pelos órgãos das plantas, tendo como resultado um maior acúmulo de açúcares em relação ao cultivo de primavera com temperaturas mais elevadas (SALISBURY & ROSS, 1992). Os maiores teores de açúcares redutores observados no cultivo de outono nos clones SMINIA90244-1, Asterix, SMINIAIporã e Dakota Rose podem ser atribuídos a duração do ciclo da cultura, o qual finaliza por efeito das baixas temperaturas nessa época.

Os resultados deste trabalho confirmam que as condições ambientais durante a produção dos tubérculos exercem grande influência na qualidade pós-colheita e que os clones respondem diferentemente aos fatores climáticos característicos de diferentes épocas de cultivo (PASTORINI et al., 2003; REYES et al., 2004). Os clones SMIJ461-1, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMIC148-A, SMID040-4RY e SMIH095-1 foram os que apresentaram o melhor desempenho nos teores de massa seca e açúcares redutores, possuindo uma qualidade de processamento superior a Asterix, cultivada para consumo de mesa ou para processamento

na forma de chips nas diferentes regiões produtoras de batata. Dentre esses clones, SMID040-4RY e SMIH095-1 foram os menos influenciados pelas condições ambientais das épocas de cultivo de outono e primavera no RS. Os clones SMIJ461-1, SMIJ319-1 e SMIJ456-4Y apresentaram maior teor de massa seca e coloração mais clara de chips no cultivo da primavera. Além da alta qualidade para processamento, estes mesmos clones são fontes de resistência à requeima causada por *Phytophthora infestans* (BISOGNIN et al., 2002) que podem ser combinadas, através de hibridação, com a adaptação das cultivares brasileiras de batata. A combinação de qualidade de processamento e resistência à requeima com adaptação contribuirá para a redução da dependência brasileira por cultivares estrangeiras e da importação de batata pré-frita e congelada.

Tabela 1 - Massa seca e coloração dos chips de clones de batata avaliados durante os cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004 em Santa Maria, RS, 2006.

Clones	Massa seca (%)		Coloração dos chips (L ¹)	
	Primavera	Outono	Primavera	Outono
SMIJ461-1	22,5 A a ²	18,6 A b	70,9 A a	65,7 B b
SMIJ319-1	21,5 A a	18,9 A b	70,6 A a	68,8 A a
SMIJ456-4Y	21,4 A a	19,8 A a	71,1 A a	66,4 B b
SMID040-4RY	20,4 A b	20,9 A a	73,1 A a	68,5 B a
SMIC148-A	20,4 A b	20,6 A a	71,9 A a	66,0 B b
SMINIA793101-3	19,8 A b	18,9 A b	62,7 A c	63,8 A b
SMIH095-1	19,7 A b	19,2 A a	73,0 A a	68,1 B a
SMINIA90244-1	19,5 A b	17,9 A b	67,5 A b	64,4 A b
Macaca	19,5 A b	17,2 A c	67,7 A b	69,2 A a
Asterix	18,3 A c	18,9 A b	63,6 A c	63,6 A b
SMINIAIporã	18,2 A c	16,9 A c	66,5 A b	65,5 A b
SMIE040-6RY	18,1 A c	18,9 A b	67,7 A b	68,4 A a
SMINIA95043-11	17,2 A c	15,3 A d	62,9 A c	64,4 A b
SMIF165-6RY	16,9 A c	18,3 A b	70,5 A a	65,8 B b
Dakota Rose	14,1 A d	14,9 A d	58,4 B d	63,9 A b
Média	19,2	18,3	67,8	66,2
CV(%)	4,1	5,3	4,2	3,4

¹ Escala que variam do preto ao branco, sendo que valores mais altos indicam coloração mais clara.

² Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelos testes de Tukey e Scott-Knott, respectivamente, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 – Teores de amido, açúcares redutores e polifenóis totais na massa seca de clones de batata avaliados durante os cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004 em Santa Maria, RS, 2006.

Clones	Amido (mg g ⁻¹ de MS)		Açúcares redutores (mg g ⁻¹ de MS)		Polifenóis totais (mg 100g ⁻¹ de MS)	
	Primavera	Outono	Primavera	Outono	Primavera	Outono
SMINIA90244-1	665,4 A a ¹	365,5 B a	25,2 B b	14,8 A b	124,5 B c	100,8 B c
SMINIA793101-3	659,4 A a	372,0 B a	14,8 B a	14,7 B b	120,1 B c	96,7 A c
Asterix	631,5 A a	388,4 B a	36,3 B c	14,3 A b	124,1 B c	99,3 A c
SMINIA95043-11	617,6 A a	341,7 B b	17,9 B a	22,0 B c	122,2 B c	79,5 A b
SMINIAIporã	612,2 A a	273,7 B b	36,9 B c	13,3 A b	123,3 B c	95,4 A c
Macaca	595,1 A b	327,0 B b	19,0 B a	14,4 B b	126,0 B c	79,4 A b
SMIE040-6RY	589,6 A b	322,1 B b	15,4 B a	12,4 B b	96,3 B b	85,4 B b
SMIF165-6RY	578,3 A b	407,8 B a	9,9 B a	10,1 B a	91,1 B b	83,4 B b
SMID040-4RY	574,2 A b	333,7 B b	8,1 B a	10,6 B a	74,5 B a	79,5 B b
SMIC148-A	564,5 A b	377,3 B a	11,3 B a	11,6 B a	95,2 B b	62,3 A a
Dakota Rose	559,4 A b	352,5 B b	27,9 B b	13,2 A b	112,7 B c	70,3 A a
SMIJ461-1	557,0 A b	407,2 B a	8,7 B a	13,4 B b	100,1 B b	83,6 B b
SMIH095-1	556,2 A b	415,6 B a	11,0 B a	10,0 B a	116,7 B c	65,6 A a
SMIJ456-4Y	548,3 A b	377,2 B a	12,7 B a	11,8 B a	115,2 B c	81,2 A b
SMIJ319-1	516,6 A b	367,4 B a	13,5 B a	10,9 B a	110,4 B c	63,5 A a
Média	588,1	362,3	17,9	13,2	110,2	81,7
CV(%)	5,2	9,3	31,9	17,4	7,2	11,3

¹ Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelos testes de Tukey e Scott-Knott, respectivamente, em nível de 5% de probabilidade de erro.

3. CAPÍTULO II - ENVELHECIMENTO FISIOLÓGICO DE TUBÉRCULOS DE CLONES DE BATATA PRODUZIDOS DURANTE O OUTONO E PRIMAVERA E ARMAZENADOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS

3.1. Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) pode ser cultivada nas principais regiões produtoras do Rio Grande do Sul durante a primavera, entre os meses de agosto a dezembro e, no outono, entre fevereiro a junho (BISOGNIN, 1996), o que resulta em picos de oferta no mercado. O armazenamento dos tubérculos sob temperatura adequada pode ser utilizado para regular a oferta do produto e reduzir as perdas pós-colheita (WURR & ALLEN, 1976). Além disto, o armazenamento sob temperatura adequada pode controlar a dormência (HARKETT, 1981) e a brotação precoce de tubérculos-semente, a qual causa um esgotamento das reservas necessárias à emergência das plântulas (FONTES & FINGER, 1999). Desta forma, o armazenamento adequado dos tubérculos é importante para o equilíbrio da oferta de batata no mercado e para a obtenção de tubérculos-semente de alta qualidade fisiológica no momento do plantio.

O envelhecimento fisiológico dos tubérculos de batata é o resultado de um processo caracterizado pelos estádios de dormência, dominância apical, plena brotação e senescência. A dormência é uma condição endógena que é regulada pelo balanço hormonal entre promotores e inibidores do crescimento, durante a qual os tubérculos não brotam mesmo em condições ambientais favoráveis (BOOTH & SHAW, 1990). A baixa atividade metabólica dos tubérculos durante essa fase favorece a manutenção da massa fresca e reduz a ocorrência de podridões (BOOTH & SHAW, 1990; COPP et al., 2000; CHEONG & GOVINDEN, 2004; OBERG, 2004). Durante a dominância apical, a brotação das gemas laterais é inibida pela gema apical. Ao atenuar-se a dominância apical, o crescimento vigoroso dos brotos laterais caracteriza o estágio de plena brotação. A senescência é caracterizada por uma ramificação intensa dos brotos, que leva ao esgotamento rápido das reservas seguido pela morte dos tubérculos (BISOGNIN, 1996). Portanto, o armazenamento dos tubérculos em condições controladas pode ser utilizado para aumentar o período de dormência, atrasar o envelhecimento fisiológico e manter a qualidade pós-colheita tanto para tubérculos destinados ao consumo quanto para semente.

Temperaturas baixas de armazenamento aumentam o período de dormência dos tubérculos (BURTON et al., 1992), sendo que a brotação é mínima a 4°C (BOOTH & SHAW, 1990). Os resultados de FONTES & FINGER (1999) mostraram que, em temperatura de armazenamento de 25°C, a brotação dos tubérculos das cultivares Bintje, Radosa e Marijke ocorreu aos 40 dias após a colheita e resultou em um alto índice de podridões. Entretanto, quando os tubérculos das mesmas cultivares foram armazenados a 4°C, o início da brotação somente ocorreu aos 120 dias.

O crescimento de brotos reduz a massa fresca dos tubérculos por promover excessivas perdas de água por transpiração, aumentar a respiração e translocar carboidratos para os brotos. Durante este processo, o aumento acentuado da respiração, para suprir as necessidades energéticas dos tubérculos, resulta em um pico de degradação de reservas e de perda de água. Portanto, o envelhecimento fisiológico dos tubérculos é acompanhado pela perda de massa fresca dos tubérculos (WILTSHIRE & COBB, 1996). O armazenamento dos tubérculos a 10°C resulta em uma perda de massa fresca de 1 a 2%, durante o primeiro mês de armazenamento, de 0,8%, até o início da brotação, e de 1,5%, após a brotação dos tubérculos. Estas perdas podem ser minimizadas quando os tubérculos são armazenados à temperatura de 5°C (BOOTH & SHAW, 1990).

O objetivo foi determinar o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento no envelhecimento fisiológico de tubérculos de três clones de batata, produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas, para desenvolver estratégias de manejo pós-colheita.

3.2. Material e Métodos

Os tubérculos foram produzidos a campo na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), em Júlio de Castilhos, RS, durante os cultivos de outono (plantio em 9 de fevereiro e colheita em 1º de junho) e primavera (plantio em 10 de agosto e colheita em 21 de dezembro) de 2004. Os tratos culturais, o manejo das plantas e a dessecação da parte aérea com Paraquat, realizada 10 dias antes da colheita, seguiram as recomendações técnicas para o cultivo da batata (BISOGNIN, 1996). Após a colheita, os tubérculos foram transportados para o Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, para a condução do experimento de armazenamento. Os tubérculos foram submetidos ao processo de cura, que consistiu no armazenamento a 20°C por 15 dias para a suberização da

periderme, antes de aplicar os tratamentos. O experimento foi conduzido em um fatorial de três clones (Asterix, SMINIA793101-3 e SMIJ461-1 de curta, média e longa dormência, respectivamente), quatro temperaturas de armazenamento (4, 8, 12 e 25°C) e duas épocas de cultivo (outono e primavera) no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições de oito tubérculos. A umidade relativa do ar no interior das câmaras foi mantida em 85% com uma variação de $\pm 5\%$. Tanto as temperaturas como a umidade relativa do ar foram permanentemente monitoradas com sensores emprestados pela empresa Fockink (Panambi, RS) para garantir as condições pré-estabelecidas dos tratamentos.

As avaliações dos tubérculos foram realizadas no início do experimento e aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. Foram determinados a percentagem de tubérculos brotados e com sintomas de podridão, o número de brotos por tubérculo, a perda de massa fresca, a respiração e a produção de etileno. Tubérculos brotados e podres foram determinados pela contagem de tubérculos com pelo menos um broto maior que 2mm de comprimento e com sintomas de podridão, respectivamente, sendo os valores expressos em percentagem. Foram contados o número total de brotos com pelo menos 2mm de comprimento por tubérculo de cada amostra. A perda de massa fresca foi obtida através da diferença entre a massa fresca no início e no final do armazenamento, sendo os valores expressos em percentagem. A respiração foi obtida através do acondicionamento de aproximadamente 500g de tubérculos de cada repetição em recipientes com 5L, os quais foram fechados hermeticamente. Após 8h, foi determinada a concentração de CO₂ do ar no interior dos recipientes, através de um analisador específico (Agri-Datalog), sendo os valores utilizados para o cálculo da respiração. Para a determinação do etileno, foram retiradas duas amostras de ar de 1mL, dos mesmos recipientes usados para a respiração, e injetadas em um cromatógrafo a gás, equipado com detector de ionização de chama e coluna Porapak N. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por teste de Duncan ou regressão polinomial, conforme o caso, em nível de 5% de probabilidade de erro.

3.3. Resultados

O teste F mostrou diferenças significativas para a interação entre os fatores clone x temperatura de armazenamento x época de cultivo para todas as variáveis analisadas, com exceção da percentagem de tubérculos podres. A ocorrência de podridões durante o armazenamento foi observada apenas nos tubérculos armazenados a 25°C, para todos os

clones, nas duas épocas de cultivo. Os tubérculos produzidos durante a primavera apresentaram uma média de podridão de 33%, aos 90 dias, e 46%, aos 120 dias de armazenamento. Quando produzidos no outono, a podridão média foi de 42% aos 120 dias de armazenamento (dados não apresentados). Devido à alta percentagem de tubérculos podres, os tubérculos armazenados na temperatura de 25°C foram avaliados somente até os 120 dias. A análise entre os fatores qualitativos mostrou, exceto para percentagem de perda de massa fresca do clone SMIJ461-1, valores obtidos na primavera superiores aos no outono (Tabela 3). Houve diferenças significativas entre clones para todas as variáveis analisadas, com exceção da percentagem de tubérculos podres, para os dois cultivos, e para a produção de etileno no cultivo de outono, cujos níveis estiveram próximos do mínimo detectável.

Para os três clones avaliados, os tubérculos produzidos durante o outono mantiveram-se dormentes até os 180 dias quando armazenados nas temperaturas de 4 e 8°C (Figura 3). Entretanto, os clones Asterix e SMIJ461-1, aos 90 dias, e o clone SMINIA793101-3, aos 120 dias de armazenamento, na temperatura de 12°C apresentaram 50% dos tubérculos com pelo menos um broto de 2mm de comprimento. Na primavera, somente os tubérculos dos clones SMIJ461-1 e SMINIA793101-3 armazenados na temperatura de 4°C mantiveram-se sem brotação até os 180 dias. Para a temperatura de 25°C, 50% dos tubérculos do clone SMINIA793101-3 já apresentavam brotação aos 30 dias de armazenamento.

O número de brotos por tubérculo aumentou com a temperatura de armazenamento, sendo os maiores valores obtidos a 25°C, independente dos clones e da época de cultivo (Figura 4). O armazenamento a 25°C proporcionou aumento mais acentuado do número de brotos por tubérculo em relação às demais temperaturas. A redução da temperatura de armazenamento retardou o início da brotação e a emissão de brotos por tubérculo independente do clone ou da época. A produção dos tubérculos na primavera resultou em maior número de brotos por tubérculo independente do clone e da temperatura de armazenamento. Os parâmetros das equações de regressão mostram que a partir do início da brotação houve maior emissão de brotos por tubérculo no cultivo de primavera em comparação com o de outono, sendo independente do clone avaliado.

A perda de massa fresca pelo armazenamento dos tubérculos foi maior no cultivo de primavera (Figura 5). A redução da temperatura de armazenamento diminuiu a perda de massa fresca, de forma mais acentuada nos tubérculos produzidos durante a primavera. As temperaturas de 4 e 8°C resultaram numa maior perda de massa fresca nos primeiros 30 dias de armazenamento dos tubérculos provenientes do cultivo de outono.

A respiração dos tubérculos aumentou com a temperatura de armazenamento (Figura 6). Para todos os clones e nas duas épocas de cultivo, as temperaturas de 4, 8 ou 12°C proporcionaram uma grande redução na respiração dos tubérculos em relação à temperatura de armazenamento de 25°C. Comparado com os tubérculos produzidos durante o outono e independente do clone avaliado, o cultivo de primavera resultou em uma maior respiração desde o início do armazenamento. A produção de etileno somente foi possível de ser quantificada nos tubérculos armazenados a 25°C (Figura 7). Independente do clone, o cultivo de outono resultou em uma menor produção de etileno do que o de primavera, com uma tendência de redução na produção de etileno com o aumento do período de armazenamento dos tubérculos.

3.4. Discussão

A análise entre os fatores qualitativos mostrou, independentemente do clone, que a produção dos tubérculos em fotoperíodo e temperatura crescentes (condições de primavera) acelerou os processos fisiológicos quando comparado com o outono (Tabela 3). As condições de cultivo de primavera proporcionaram uma maior percentagem de tubérculos brotados e maior número de brotos por tubérculo ao longo do armazenamento. Os tubérculos do clone SMINIA793101-3 já apresentavam 50% dos tubérculos brotados e uma média de dois brotos por tubérculo já aos 30 dias de armazenamento a 25°C (Figuras 3 e 4). No entanto, a rápida brotação e o aumento do número de brotos estiveram associados à deterioração e esgotamento das reservas dos tubérculos armazenados a 25°C. Independente do clone e da época de cultivo, o armazenamento refrigerado dos tubérculos prolongou a dormência (atrasou a brotação dos tubérculos), reduziu o número de brotos por tubérculo e eliminou o apodrecimento de tubérculos durante os 180 dias de armazenamento. No cultivo de outono, o armazenamento tanto a 4°C quanto a 8°C mantiveram os tubérculos em estágio de dormência. No cultivo da primavera, somente os tubérculos dos clones SMINIA793101-3 e SMIJ461-1 se mantiveram dormentes quando foram armazenados a 4°C. Estes resultados mostram que tubérculos produzidos durante o outono podem ser armazenados na temperatura de 12°C para o próximo plantio de outono. Os tubérculos produzidos na primavera atingiram similar idade fisiológica aos 90 dias de armazenamento, ou seja, houve uma redução de 50% no período de armazenamento somente por efeito das condições de cultivo. O cultivo de primavera também

proporcionou um aumento mais pronunciado do número de brotos por tubérculo em relação ao de outono.

O final da dormência dos tubérculos dos clones Asterix, SMINIA793101-3 e SMIL461-1 foram influenciados pela época de cultivo e temperatura de armazenamento. Os tubérculos cultivados no outono apresentaram um maior nível de dormência, em relação aos cultivados na primavera, quando armazenados na temperatura de 4 e 8°C para o clone Asterix e 8°C para os clones SMINIA793101-3 e SMIL461-1. Entretanto, ambos os clones apresentaram um comportamento semelhante, entre as épocas de cultivo, quando armazenados a 12 e 25°C. Independente da época de cultivo, do clone avaliado e da temperatura de armazenamento, a partir do início da brotação houve um aumento do número de brotos por tubérculo, indicando que a quebra de dormência desencadeia um processo de brotação contínua dos tubérculos até o esgotamento das reservas. Portanto, a manutenção da qualidade pós-colheita dos tubérculos pelo atraso do envelhecimento fisiológico depende da dormência.

A ampliação do período de dormência com a redução da temperatura de armazenamento tem sido verificada em outras condições de cultivo (BURTON et al., 1992; BOOTH & SHAW, 1990; FONTES & FINGER, 1999). No entanto, os resultados deste trabalho indicam claramente que o efeito de época de cultivo pode superar possíveis diferenças de dormência entre cultivares e são de extrema importância para o adequado manejo pós-colheita dos tubérculos. O envelhecimento fisiológico dos tubérculos-semente para promover colheita precoce na primavera (ASIEDU et al., 2003) pode ser uma alternativa para minimizar os efeitos das altas temperaturas na colheita. Temperatura e fotoperíodo crescentes no final do ciclo diminuem o nível de dormência dos tubérculos (BEUKEMA & VAN DER ZAAG, 1979), o que acelera o envelhecimento fisiológico e reduz o tempo de armazenamento pós-colheita. A manutenção da dormência está relacionada às características bioquímicas e fisiológicas internas responsáveis pelo envelhecimento fisiológico dos tubérculos (OBERG, 2004; OLSEN, 2004). As condições ambientais durante o cultivo, provavelmente, proporcionaram um menor acúmulo de substâncias de reserva nos tubérculos cultivados no outono em relação aos cultivados na primavera (PASTORINI et al., 2003; NODA et al., 2004; REYES et al., 2004). Este menor acúmulo de reservas, combinado com baixas temperaturas de armazenamento ($\leq 8^{\circ}\text{C}$) resultaram em um menor metabolismo dos tubérculos e, provavelmente, mantiveram uma relação hormonal intrínseca capaz de inibir a brotação por um maior período do que os tubérculos armazenados a 12 e 25°C em ambas as épocas de cultivo (SUTTLE, 1995; WILTSHIRE & COBB, 1996). Portanto, o envelhecimento

fisiológico dos tubérculos depende das condições de produção e armazenamento dos tubérculos.

A perda de massa fresca dos tubérculos aumentou com o tempo e a temperatura de armazenamento. Tubérculos produzidos na primavera e armazenados a 12 e 25°C tiveram perda de massa fresca e respiração mais elevadas em relação aos tubérculos produzidos no outono (Figuras 5 e 6). O armazenamento à temperatura de 12°C resultou em perdas de massa fresca entre 15 e 20%. O armazenamento nas temperaturas de 4 e 8°C reduziu ainda mais as perdas de massa fresca, o que concorda com os resultados obtidos por BOOTH & SHAW (1990). Este aumento da perda de massa fresca com o aumento da temperatura de armazenamento pode ser relacionado ao encurtamento da dormência e aumento do metabolismo, o que resulta no incremento da taxa respiratória dos tubérculos (BOOTH & SHAW, 1990; HESSE, 2005). O aumento da respiração promoveu uma maior degradação das substâncias de reservas e um aumento do teor de água nos tubérculos, propiciando maior perda de água. Portanto, o aumento da temperatura de armazenamento promoveu o envelhecimento fisiológico dos tubérculos, que resultou no aumento da degradação das reservas e de perda de água, quantificados pela maior redução da massa fresca.

Os resultados deste trabalho confirmam que a redução da temperatura de armazenamento aumenta o período de dormência dos tubérculos, o que atrasa o envelhecimento fisiológico. Também confirmam que as condições, principalmente de temperatura e fotoperíodo, durante o cultivo alteram o nível de dormência dos tubérculos, fazendo com que tubérculos produzidos durante a primavera apresentem menor período de dormência do que os produzidos durante o outono. O efeito do armazenamento à baixa temperatura ficou evidente durante o período de dormência, pois, a partir do início da brotação, o comportamento dos tubérculos foi similar, independente de clones e da temperatura de armazenamento. O aumento da temperatura de armazenamento pode ser utilizado para promover o envelhecimento fisiológico dos tubérculos, que, principalmente após a brotação, resulta numa maior perda de massa fresca.

Tabela 3. Médias de percentagem de tubérculos brotados, número de brotos por tubérculo, perda de massa fresca, percentagem de podridão, e produção de CO₂ e etileno obtidas após seis meses de armazenamento dos tubérculos de três clones batata produzidos no outono e primavera de 2004 e armazenados durante 180 dias nas temperaturas de 4, 8, 12 e 25°C. Santa Maria, RS, 2006.

Clone	Tubérculos brotados (%)	Nº de brotos por tubérculo	Perda de massa fresca (%)	Podridão (%)	CO ₂ (ml kg ⁻¹ h ⁻¹)	Etileno (µl L ⁻¹ kg ⁻¹ h ⁻¹)
Cultivo de outono						
Asterix	29,8 b B*	0,62 a B	8,96 b B	43,2 a B	0,95 c B	0,00097 a B
SMINIA793101-3	27,6 b B	0,45 b B	9,58 a B	51,8 a B	1,05 b B	0,00310 a B
SMIJ461-1	32,6 a B	0,43 c B	9,94 a A	51,8 a B	1,30 a B	0,00130 a B
CV(%)	2,12	17,14	1,60	32,12	1,56	10,12
Cultivo de primavera						
Asterix	52,9 a A	2,61 a A	11,07 b A	82,3 a A	4,00 c A	0,01452 b A
SMINIA793101-3	48,1 b A	2,09 b A	14,84 a A	88,6 a A	4,95 a A	0,01682 b A
SMIJ461-1	38,0 c A	0,96 c A	8,57 c B	82,3 a A	4,39 b A	0,02925 a A
CV(%)	3,71	10,11	3,35	28,92	2,75	6,04

* Tratamentos com médias não seguidas pela mesma letra, minúscula entre clones e maiúscula entre épocas de cultivo, diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

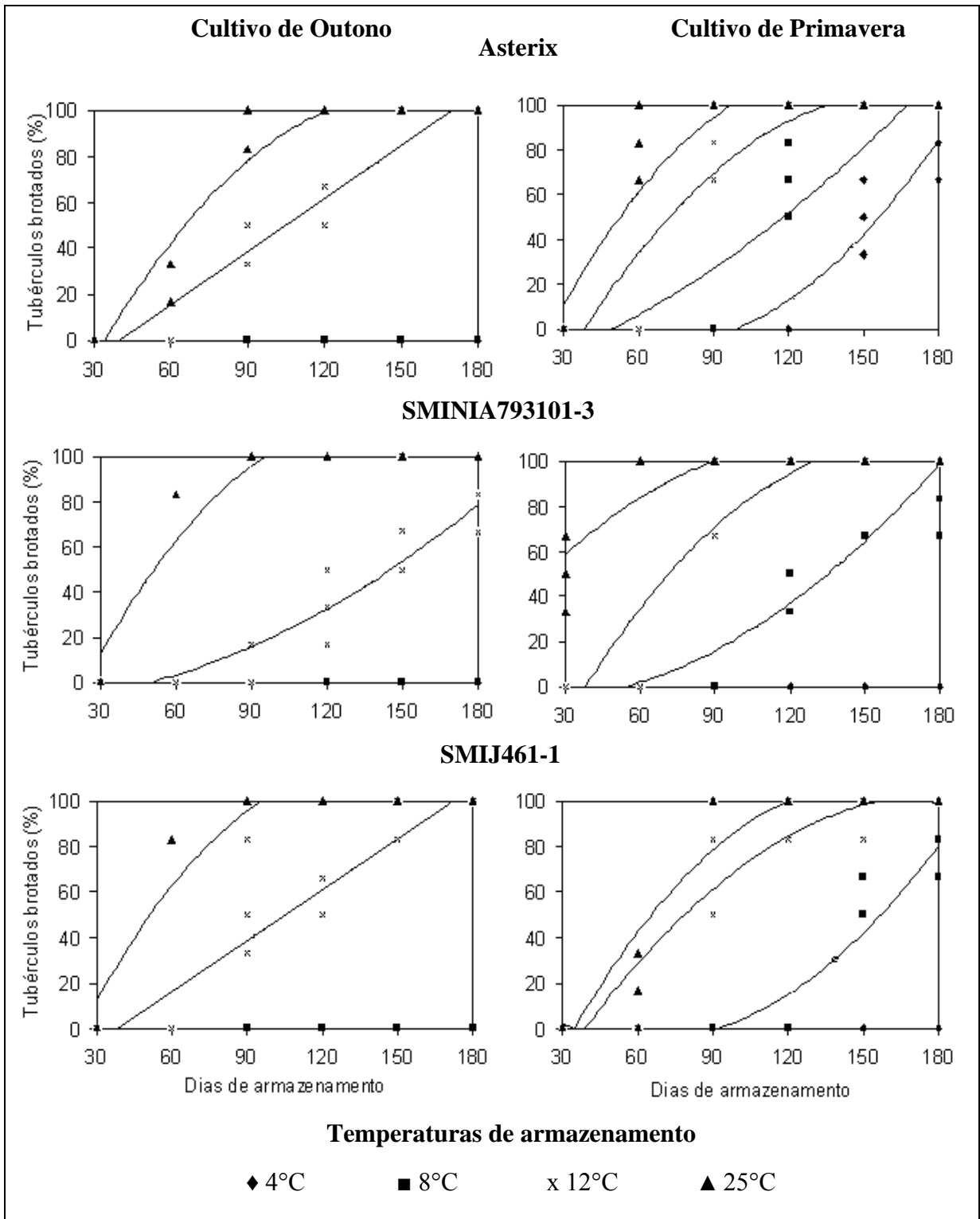


Figura 3. Percentagem de tubérculos brotados dos clones Asterix, SMINIA793101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias. Santa Maria, RS, 2005.

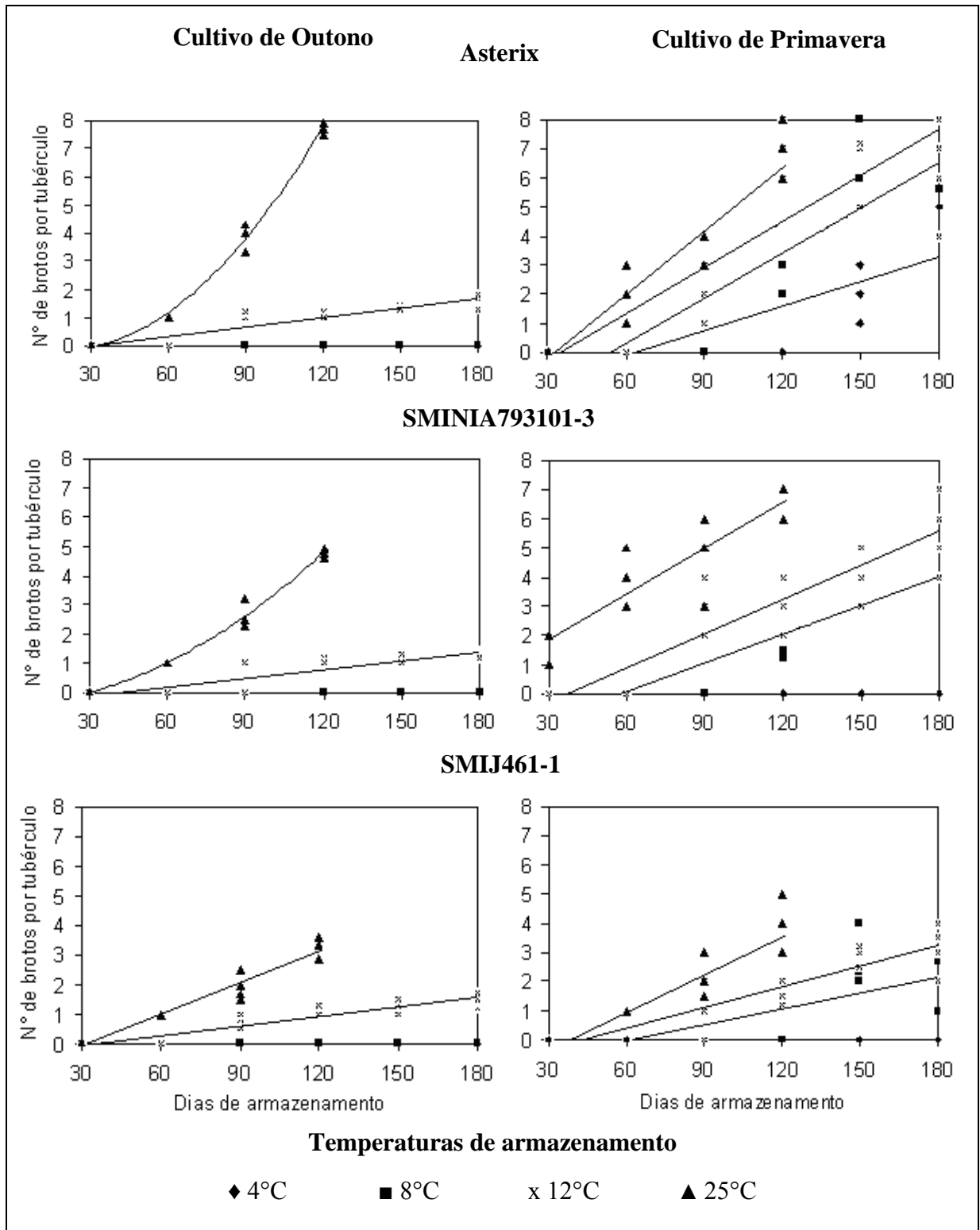


Figura 4. Número de brotos por tubérculo dos clones Asterix, SMINIA793101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias. Santa Maria, RS, 2005.

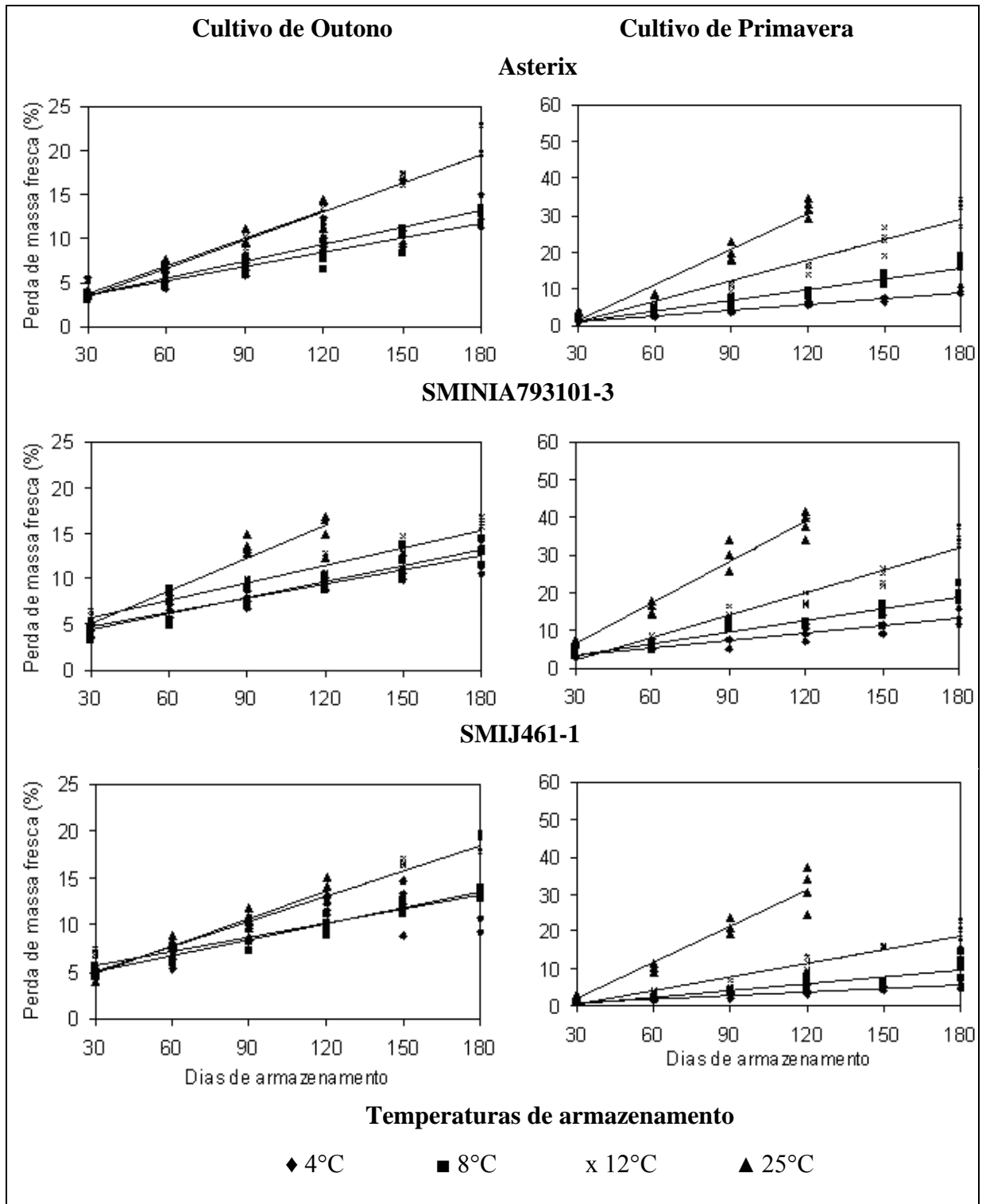


Figura 5. Perda de massa fresca de tubérculos dos clones Asterix, SMINIA793101-3 e SMIJ461-1 de batata armazenados em diferentes temperaturas durante 180 dias. Santa Maria, RS, 2005.

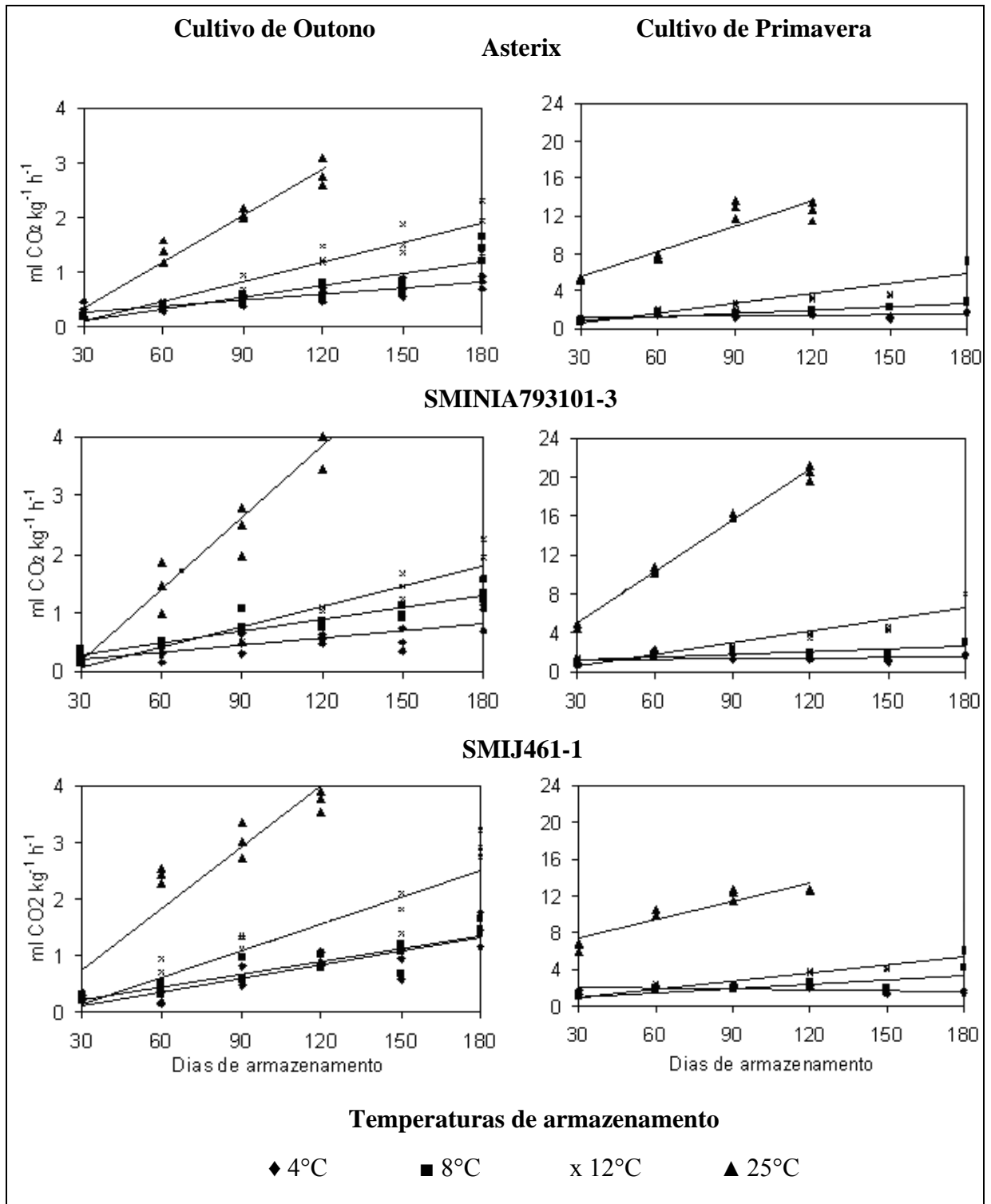


Figura 6. Respiração de tubérculos dos clones Asterix, SMINIA793101-3 e SMIJ461-1 de batata, nas condições de armazenamento durante 180 dias. Santa Maria, RS, 2005.

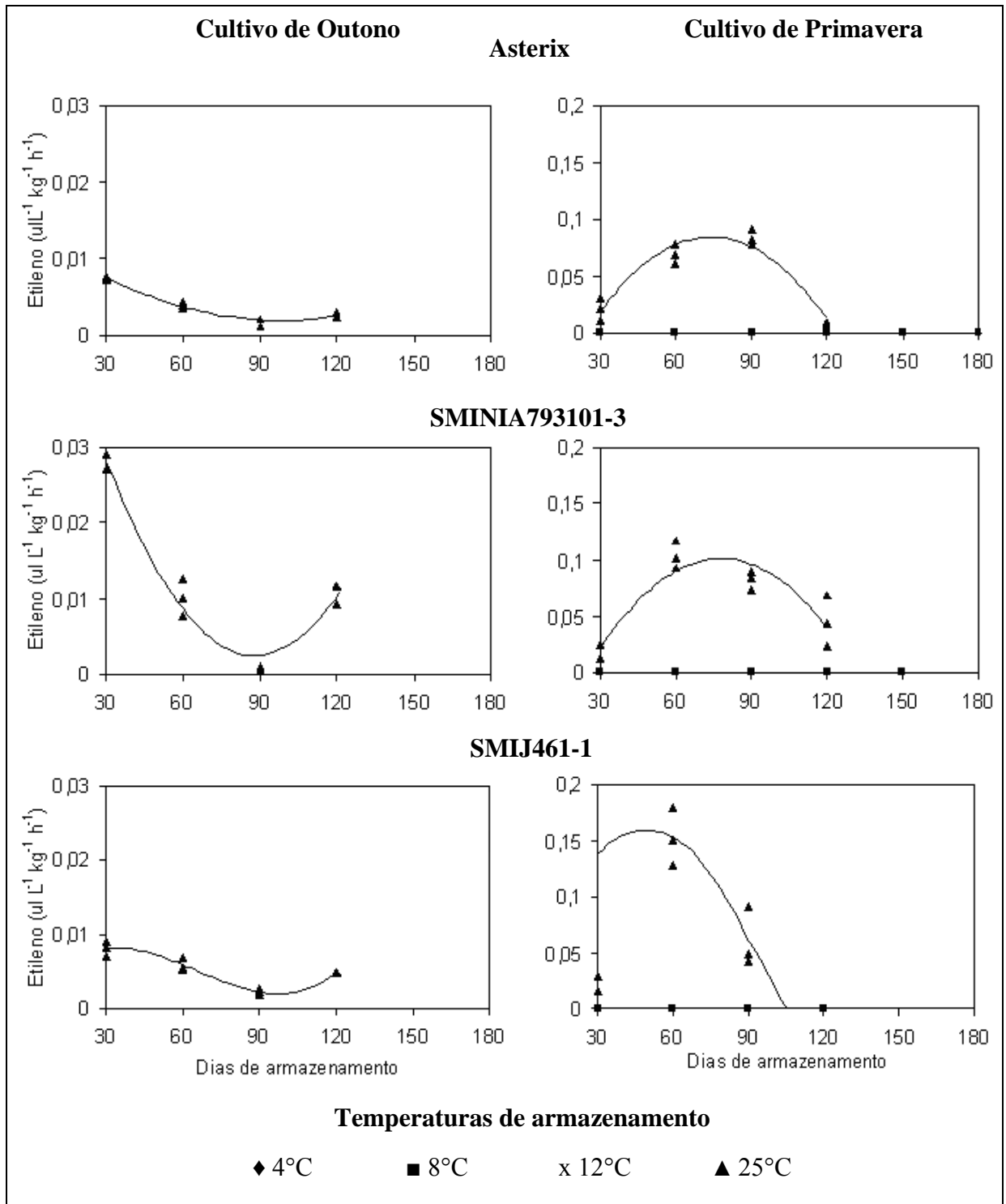


Figura 7. Produção de etileno de tubérculos dos clones Asterix, SMINIA793101-3 e SMIJ461-1 de batata, nas condições de armazenamento durante 180 dias. Santa Maria, RS, 2005.

4. DISCUSSÃO GERAL

O cultivo de batata no Rio Grande do Sul pode ser realizado no outono e primavera na maioria das regiões produtoras. Estas épocas de cultivo apresentam condições contrastantes de insolação e temperatura do ar. No outono, o número de horas de insolação e temperatura do ar decrescem, enquanto que, na primavera, estes fatores ambientais aumentam durante o ciclo da cultura. Isto resulta em baixa insolação e temperatura do ar no final do ciclo da cultura no outono em relação à primavera. Tais condições influenciam o metabolismo, por modificar a assimilação e partição de carboidratos nas plantas, resultando em tubérculos com qualidade de processamento e idade fisiológica diferentes em cada época de cultivo.

A produção de tubérculos de batata deve buscar atender a demanda e reduzir as importações de produtos processados. Desta forma, tubérculos pouco influenciados pelas condições de cultivo e com alta qualidade para processamento podem suprir a demanda com a produção em duas épocas por ano, reduzindo também custos com o armazenamento de tubérculos-semente. Os resultados deste trabalho mostram que os clones SMID040-4RY e SMIH095-1 apresentam um bom desempenho para as características de qualidade de processamento, assim como, são pouco influenciados pelas épocas de cultivo de outono e primavera na região central do RS. Desta forma, tais clones podem ser cultivados nas duas épocas de cultivo, visando a atender a demanda por produtos processados de alta qualidade.

A qualidade de tubérculos-semente está diretamente relacionada com a idade fisiológica e esta é retardada por condições ambientais de cultivo e armazenamento responsáveis, pelo prolongamento do estágio de dormência dos tubérculos. Desta forma, o controle da dormência é extremamente importante no armazenamento dos tubérculos. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a época de cultivo, o nível de dormência, o tempo e a temperatura de armazenamento são fatores que podem ser manejados para planejar o adequado armazenamento e obter tubérculos-semente com alta qualidade fisiológica no momento do plantio do cultivo subsequente. Tubérculos produzidos durante o outono apresentam maior nível de dormência em relação aos produzidos na primavera. O nível de dormência diminui com o tempo de armazenamento. Temperaturas baixas aumentam a dormência dos tubérculos. Desta forma, de acordo com a época de cultivo e o nível de dormência dos tubérculos já estabelecidos, pode-se definir o tempo e a temperatura de armazenamento mais adequados para a manutenção da dormência e qualidade dos tubérculos.

5. CONCLUSÕES

1. A qualidade de processamento dos tubérculos varia com a época de produção dos tubérculos.
2. Os clones SMIJ461-1, SMIJ319-1, SMIJ456-4Y, SMIC148-A, SMID040-4RY e SMIH095-1 apresentam o melhor desempenho nas características desejáveis para processamento, sendo superiores a Asterix.
3. Os clones SMID040-4RY e SMIH095-1 são pouco influenciados pelas épocas de cultivo de outono e primavera na região central do RS.
4. Os clones SMIJ461-1 e SMIJ456-4Y apresentam altos teores de massa seca e coloração mais clara de chips quando cultivados na primavera.
5. A época de cultivo altera o comportamento fisiológico dos tubérculos durante o armazenamento.
6. O armazenamento à baixa temperatura é eficaz para retardar o envelhecimento fisiológico somente durante o período de dormência dos tubérculos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAM, S.M.M.; MURR, D.P.; KRISTOF, L. The effect of ethylene and of protein and nucleic acid syntheses on dormancy break and subsequent sprout growth. **Potato Research**, v.37, p.25-33, 1994.
- ASIEDU, S.K.; ASTATKIE, T.; YRIDOI, E.K. The effect of seed-tuber physiological age and cultivar on early potato production. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v.189, p.176-184, 2003.
- BEALE, W.L., HUNTER D., STEVENSON, F.J. Potato chip color reversion. **American Potato Journal**, v.43, p.355-360, 1996.
- BENEDETTI, M. **Rompimento da dormência de minitubérculos de batata**. Santa Maria, RS: UFSM, 2004. 45p. Dissertação de Mestrado.
- BEUKEMA, H.P.; VAN DER ZAAQ, D. E. **Potato improvement: some factors and facts**. Wageningen: International Agricultural Centre, 1979. 224p.
- BEUKEMA, H.P.; VAN DER ZAAQ, D.E. Dormancy and sprout growth. **Potato Improvement**, v.10, p.26-36, 1979.
- BISOGNIN, D. A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996, 64 p.
- BISOGNIN, D.A. et al. Half-sib progeny evaluation and selection of potatoes resistant to the US8 genotype of *Phytophthora infestans* from crosses between resistant and susceptible parents. **Euphytica**, v.125, p.129-138, 2002.
- BOOTH, R.H.; SHAW, R.L. **Principios de almacenamiento de papa**. Lima, Peru: Agropecuária Hernisferio Sur S.R.L.,1990. 107p.
- BRODY, J. Pointers on potatoes: potential of processed potatoes on the increase; product variables and process factors discussed; varieties check listed. **Food Engineer**, v.47, n.9, p.124-132, 1969.
- BROWNING REACTION. Disponível em <<http://www.agsci.ubc.ca/.../fnh/301/brown/brown-01.gif>>. Acesso em: 10 jan.2006.
- BURTON, W.G.; VAN, E.S; HARTMANS, K. J. The physics and physiology of storage. In: P. Harris (ed.). **The potato crop**. Chapman & Hall, London, 1992.
- CAPEZIO, S. et al. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa. **Revista Latinoamericana de la Papa**, v.5/6, n.1, p.54-63, 1992/93.
- CHAPPER, M. et al. Atividade amidolítica e de invertase ácida solúvel em tubérculos de batata armazenados sob duas condições de temperatura. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.597-601, 2004.
- CHEONG, J.K.C.W.Y.; GOVINDEN, N. **Quality of potato during storage at three temperatures**. Disponível em <<http://farc.gov.mu/amas98/s73.htm>>. Acesso em: 8 jun.2004.

CLAASSEN, P.A.M.; BUDDE, M.A.W.; CALKER, M.H. Increase in phosphorylase activity during cold-induced sugar accumulation in potato tubers. **Potato Research**, v.36, p.205-217, 1993.

COELHO, A. H. R.; VILELA, E. R.; CHAGAS, S. J. R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.4, p.899-910, 1999.

COLEMAN, W.K. Comparative performance of the L* a* b* colour space and North American colour charts for determining chipping quality in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, v.23, p.291-298, 2003.

COPP, L.J. et al. The relationship between respiration and chip color during long-term storage of potato tubers. **American Journal of Potato Research**, v.77, p.279-287, 2000.

DAVIDS, S.J. et al. Use of storage temperatures to improve the amino acid profile of potatoes for novel flavoring applications. **Lebensm-Wiss u-Technology**, v.42, n.2, p.1-8, 2004.

ELBAZ, E.A. et al. Storage ability of some potato varieties as affected by certain pre-harvest treatments. Research Bulletin. Faculty of Agriculture Ain Sharns University, 1979. n°. 1050. 21p. In: **Field crop Abstract**, v.11, p.9218, 1980.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, v.20, n.197, p.24-29, 1999.

HARKETT, P.J. External factors affecting length of dormant period in potatoes. **Journal of Science Food Agricultural**, vol.32, p.102-103, 1981.

HEMBERT, T. Potato rest. In: P.H.Li (ed.). **Potato physiology**, Academic Press, London, 1985.

HERTOG, M. L. A. T. M.; TIJSKENS, L. M. M.; HAK, P. S. The effect of maturity at harvest on potato quality during storage. In **Agri-Food Quality II: quality on potato management of fruits and vegetables**, p.22-25, 1998.

HESSE, B. Storage management essentials, **Potato Storage International**, v.2, p.18-21, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 de nov. 2005.

ITTERSUM, M.K.V. Variation in the duration of tuber dormancy within a seed potato lot. **Potato Research**, v.35, p.216-269, 1992.

KOBMANN, J. et al. Transgenic plants as a tool to analyzer carbohydrate metabolism. In: PONTIS, H. G. et al. **Sucrose metabolism, biochemistry, physiology and molecular biology**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 1995. p.100-106.

LEJA, M. Chlorogenic acid as the main phenolic compound of mature and immature potato tubers stored at low and high temperature. **Acta Physiology Plant**, v.11, p.201-206, 1989.

- LESZCZYNSKI, W. Potato tubers as a raw material for processing and nutrition. In: G. Lisinska and W. Leszczynski (eds), **Potato Science and Technology**. Elsevier Science Publishers Ltd., Essex, England. p.34-76, 1989.
- LONG, A.R.; CHISM, G.W. **Physical and chemical methods of evaluation foods**. Disponível em: <<http://food.oregonstate.edu/research/test/reducing.html>>. Acesso em: 8 jun. 2004.
- LULAI, E.C.; ORR, P.H. Influence of potato specific gravity on yield and oil content of chips. **American Potato Journal**, v.56, n.2, p.379-390, 1979.
- NODA, T. et al. The effect of harvest dates on the starch properties of various cultivars. **Food Chemistry**, v.86, n.1, p.119-125, 2004.
- O'DONOGHUE, E.P.; YADA, R.Y.; MARANGONI, A.G. Low temperature sweetening in potato tubers: the role of the amyloplast membrane. **Journal of Plant Physiology**, v.145, p.335-341, 1995.
- OBBERG, N. Early season - above and beyond. **Potato Storage International**, v.1, p.34-36, 2004.
- OLSEN, N. Seed storage - age and performance. **Potato Storage International**, v.1, p.32-33, 2004.
- PASTORINI, L.H. et al. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.660-665, 2003.
- PERCIVAL, G.C.; BAIRD, L. Influence of storage upon light-induced chorogenic acid accumulation in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of Agricultural Chemistry**, v.48, p.2476-2482, 2000.
- PRANGE, R.; LAKE, B.D. Ethylene: Enlightened research. **Potato Storage**, v2, p.10-11, 2005.
- PRESSER, R. **Batata Inglesa**. Disponível em: <<http://www.batatainglesa.com.br>>. Acesso em: 20 nov.2005.
- REYES, L.F.; MILLER, J.C.J; ZEVALLOS, L.C Environmental conditions influence the content and yield of anthocyanins and total phenols in purple and red-flesh potatoes during tuber development. **American Journal of Potato Research**, v. 81, n. 3, p. 187-193, 2004.
- RICHARDSON, D. L.; DAVIES, H. V.; ROSS, H. A. Invertase activity and its relation to hexoses accumulation in potato tubers. **Journal of Experimental Botany**, v.41, n.222, p.95-99, 1990.
- RODRIGUEZ-SAONA, L.E.; WROLSTAD, R.E. Influence of potato composition on chip color quality. **American Potato Journal**, v.74, p.87-107, 1997.
- RYLSKI, I.; RAPPAPORT, L.; PRATT, H. Dual effects of ethylene on potato dormancy and sprout growth. **Plant Physiology**, v.53, p.658-662, 1974.

- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4. ed. California: Wadsworth Publishing, 1992. 682p.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.
- SILVA da, A.C.F. Batata: alguns aspectos importantes. **Agropecuária Catarinense**, v.4, n.4, p.38-41, 1991.
- SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetric of total phenols with phosphoromolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.20, n.3, p.144-158, 1965.
- SONNEWALD, U. Control of potato tuber sprouting. **Trends in Plant Science**, v.6, n.8, p.333-335, 2001.
- SUTTLE, J.C. Auxin-induced sprout growth inhibition: role of endogenous ethylene. **American Journal of Potato Research**, v.80, p.303-309, 2003.
- SUTTLE, J.C. Involvement of ethylene in potato microtuber dormancy. **Plant Physiology**, v.118, p.843-848, 1998.
- SUTTLE, J.C. Postharvest changes in endogenous ABA levels and ABA metabolism in relation to dormancy in potato tubers. **Physiologia Plantarum**, v.95, p.233-240, 1995.
- VENDRUSCOLO, J.L. **Avaliação e melhoria das qualidades tecnológicas e sensoriais de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) para a industrialização e consumo de mesa**. Pelotas: CFACT/EMBRAPA, 1998. 6p. (Subprojeto de Pesquisa nº0.5.0.99.080.05. Sistema Embrapa de Planejamento).
- WANG-PRUSKI, G.; NOWAK, J. Potato after-cooking darkening. **American Journal of Potato Research**, v.81, n.1, p.7-16, 2004.
- WILTSHIRE, J. J. J.; COBB, A. H. A review of the physiology of potato tuber dormency, **Annual Applied Biologists**, v.129, p.553-569, 1996.
- WURR, D.C.E.; ALLEN, E.J. Effects of cold treatments on the sprout growth of three potato varieties. **Journal of Agricultural Science Camp.**, vol.86, p.221-224, 1976.
- ZAMBEN, J.L.C. Forçamento e inibição de brotação em batatas. **Seminários de Olericultura**, v.5, p.30-47, 1982.
- ZHOU, D.; SOLOMOS, T. Effect of hypoxia on sugar accumulation, respiration, activities of amylase and starch phosphorylase, and induction of alternative oxidase and acid invertase during storage of potato tuber (*Solanum tuberosum* cv. Russet Burbank) at 1°C. **Physiologia Plantarum**, vol. 104, n.2, p. 255-265, 1998.
- ZORZELLA, C.A. et al. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma de chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.1, p.15-24, 2003.

APÊNDICE A - Equações dos gráficos do Capítulo II.

Clones	T(°C)	Outono	Primavera
		Figura 3: Tubérculos brotados (%)	
Asterix	4	$y=0$	$y=26,66-0,98x+0,0073x^2$ $R^2=0,92$
	8	$y=0$	$y=-22,49+0,3432x+0,0023x^2$ $R^2=0,85$
	12	$y=-30,84+0,7699x$ $R^2=0,92$	$y=-74,99+2,2321x-0,0069x^2$ $R^2=0,85$
	25	$y=-72,08+2,395x-0,008x^2$ $R^2=0,91$	$y=-72,07+2,38x-0,008x^2$ $R^2=0,91$
SMINIA793101-3	4	$y=0$	$y=0$
	8	$y=0$	$y=-6,24-0,086x+0,0037x^2$ $R^2=0,86$
	12	$y=-8,87+0,06x+0,0024x^2$ $R^2=0,82$	$y=-8,87+0,06x+0,0024x^2$ $R^2=0,82$
	25	$y=-55,06+2,53x-0,0096x^2$ $R^2=0,88$	$y=24,99+1,27x-0,005x^2$ $R^2=0,74$
SMIJ461-1	4	$y=0$	$y=0$
	8	$y=0$	$y=19,99-0,795x+0,0063x^2$ $R^2=0,89$
	12	$y=-28,35+0,7456x$ $R^2=0,89$	$y=-64,58+1,8675x-0,0052x^2$ $R^2=0,85$
	25	$y=-55,06+2,54x-0,0096x^2$ $R^2=0,88$	$y=-75,00+2,45x-0,0083x^2$ $R^2=0,88$
Figura 4: Nº de brotos por tubérculo			
Asterix	4	$y=0$	$y=-1,85+0,0283x$ $R^2=0,63$
	8	$y=0$	$y=-2,86+0,052x$ $R^2=0,79$
	12	$y=-0,315+0,0105x$ $R^2=0,82$	$y=-1,89+0,053x$ $R^2=0,75$
	25	$y=0,06-0,027x+0,0008x^2$ $R^2=0,91$	$y=-2,37+0,0725x$ $R^2=0,92$
SMINIA793101-3	4	$y=0$	$y=0$
	8	$y=0$	$y=-1,87+0,0327x$ $R^2=0,83$
	12	$y=-0,32+0,0085x$ $R^2=0,68$	$y=-1,41+0,0387x$ $R^2=0,82$
	25	$y=-0,45+0,006x+0,0003x^2$ $R^2=0,95$	$y=0,25+0,0525x$ $R^2=0,82$
SMIJ461-1	4	$y=0$	$y=0$
	8	$y=0$	$y=-1,06+0,0177x$ $R^2=0,56$
	12	$y=-0,38+0,011x$ $R^2=0,84$	$y=-0,99+0,0235x$ $R^2=0,82$
	25	$y=-1,11+0,0354x$ $R^2=0,95$	$y=-1,625+0,0429x$ $R^2=0,84$

APÊNDICE A - Equações dos gráficos do Capítulo II.

Clones	T(°C)	Outono	Primavera
Figura 5: Perda de massa fresca (%)			
Asterix	4	$y=1,71+0,063x$ $R^2=0,80$	$y=-0,57+0,0535x$ $R^2=0,96$
	8	$y=1,71+0,0568x$ $R^2=0,88$	$y=-1,50+0,0957x$ $R^2=0,95$
	12	$y=0,26+0,1066x$ $R^2=0,94$	$y=-3,88+0,1793x$ $R^2=0,94$
	25	$y=0,73+0,1039x$ $R^2=0,93$	$y=-5,94+0,2971x$ $R^2=0,94$
SMINIA793101-3	4	$y=2,57+0,0564x$ $R^2=0,89$	$y=1,26+0,0675x$ $R^2=0,86$
	8	$y=2,25+0,0613x$ $R^2=0,87$	$y=0,40+0,1018x$ $R^2=0,92$
	12	$y=3,02+0,0701x$ $R^2=0,92$	$y=-2,89+0,1914x$ $R^2=0,95$
	25	$y=1,07+0,1238x$ $R^2=0,92$	$y=-3,16+0,3486x$ $R^2=0,96$
SMIJ461-1	4	$y=3,51+0,0558x$ $R^2=0,72$	$y=0,10+0,0299x$ $R^2=0,87$
	8	$y=2,81+0,0606x$ $R^2=0,92$	$y=-1,12+0,0601x$ $R^2=0,82$
	12	$y=2,00+0,0924x$ $R^2=0,94$	$y=-2,82+0,1192x$ $R^2=0,94$
	25	$y=1,41+0,1027x$ $R^2=0,94$	$y=-5,71+0,2985x$ $R^2=0,92$
Figura 6: Respiração (ml CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)			
Asterix	4	$y=0,17+0,0036x$ $R^2=0,76$	$y=1,05+0,0031x$ $R^2=0,71$
	8	$y=-0,0824+0,0069x$ $R^2=0,79$	$y=0,49+0,0125x$ $R^2=0,91$
	12	$y=-0,2567+0,012x$ $R^2=0,87$	$y=-0,41+0,035x$ $R^2=0,82$
	25	$y=-0,47+0,029x$ $R^2=0,96$	$y=2,92+0,0886x$ $R^2=0,84$
SMINIA793101-3	4	$y=0,06+0,0043x$ $R^2=0,65$	$y=1,21+0,002x$ $R^2=0,53$
	8	$y=0,08+0,0067x$ $R^2=0,87$	$y=0,88+0,0094x$ $R^2=0,66$
	12	$y=-0,28+0,0115x$ $R^2=0,91$	$y=-0,61+0,0402x$ $R^2=0,86$
	25	$y=-1,06+0,0408x$ $R^2=0,94$	$y=-0,24+0,18x$ $R^2=0,99$
SMIJ461-1	4	$y=-0,13+0,008x$ $R^2=0,80$	$y=2,08-0,0027x$ $R^2=0,55$
	8	$y=-0,011+0,0076x$ $R^2=0,85$	$y=0,54+0,0155x$ $R^2=0,66$
	12	$y=-0,34+0,0157x$ $R^2=0,84$	$y=0,19+0,0292x$ $R^2=0,92$
	25	$y=-0,33+0,036x$ $R^2=0,89$	$y=5,29+0,0673x$ $R^2=0,87$

APÊNDICE A - Equações dos gráficos do Capítulo II.

Clones	T	Outono	Primavera
	(°C)	Figura 7: Produção de etileno($\mu\text{L}^{-1}\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$)	
Asterix	4	$y=0$	$y=0$
	8	$y=0$	$y=0$
	12	$y=0$	$y=0$
	25	$y=0,013-0,0002x+1X10^{-6}x^2$ $R^2=0,97$	$y=-0,103+0,0051x-3X10^{-5}x^2$ $R^2=0,93$
SMINIA793101-3	4	$y=0$	$y=0$
	8	$y=0$	$y=0$
	12	$y=0$	$y=0$
	25	$y=0,06-0,014x+8X10^{-6}x^2$ $R^2=0,96$	$y=-0,11+0,0054x-3X10^{-5}x^2$ $R^2=0,81$
SMIJ461-1	4	$y=0$	$y=0$
	8	$y=0$	$y=0$
	12	$y=0$	$y=0$
	25	$y=0,001+0,0005x-9X10^{-6}x^2+5X10^{-8}x^{-3}$ $R^2=0,93$	$y=0,016+0,0058x-6x10^{-5}x^2$ $R^2=0,15$