

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

REVENLI FERNANDA DO NASCIMENTO

REDUÇÃO DE METABISSULFITO DE SÓDIO NO PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL DE BATATAS

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA

2017

REVENLI FERNANDA DO NASCIMENTO

**REDUÇÃO DE METABISSULFITO DE SÓDIO NO PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL DE BATATAS**

Trabalho de Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Helene Giovanetti Canteri

PONTA GROSSA

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.77/17

N244 Nascimento, Revenli Fernanda do

Redução de metabissulfito de sódio no processamento industrial de batatas.
Revenli Fernanda do Nascimento. 2017.
81 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Helene Giovanetti Canteri

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Ponta Grossa, 2017.

1. Batata. 2. Tecnologia de alimentos. 3. Controle de qualidade. I. Canteri,
Maria Helene Giovanetti. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III.
Título.

CDD 670.42

Elson Heraldo Ribeiro Junior. CRB-9/1413. 22/12/2017.



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação N° **312/2017**

REDUÇÃO DE METABISSULFITO DE SÓDIO NO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DE BATATAS

Por

Revenli Fernanda do Nascimento

Esta dissertação foi apresentada às **09h00min de 15 de dezembro de 2017** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profª. Drª. Luciana de Souza Neves
Ellendersen (UTFPR)

Profª. Drª. Juliana Vitoria Messias
Bittencourt (UTFPR)

Profª. Drª. Sabrina Ávila Rodrigues
(UTFPR)

Prof.a Dr.a Maria Helene Giovanetti
Canteri (UTFPR) - Orientador

Visto do Coordenador:

Antonio Carlos de Francisco (UTFPR)
Coordenador do PPGE

**A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE
REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR –CÂMPUS PONTA GROSSA**

Dedico este trabalho ao meu esposo,
Thiago e aos meus pais, Denílson e Dolores.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos concedidas.

Ao meu esposo, Thiago Ostrowski, pelo amor, apoio, atenção e por sempre acreditar no meu potencial.

Aos meus pais, Denílson e Dolores, que mesmo de longe sempre me deram forças para lutar pelos meus sonhos.

À professora Dr.^a Maria Helene Giovanetti Canteri, pela orientação, confiança, paciência e ensinamentos que foram fundamentais para minha formação. À professora Dr.^a Juliana Vitória Bittencourt, pelo auxílio e conhecimentos transmitidos. À professora Dr.^a Sabrina Ávila Rodrigues, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos do Laboratório de Bioquímica C004, pela amizade e apoio durante esta jornada.

Às minhas amigas do grupo de pesquisa Gestão da Inovação Agroindustrial (GIA), pelo apoio e sugestões.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa e aos funcionários do departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, que abriram as portas e me auxiliaram na realização deste trabalho.

Certamente estes parágrafos não mencionaram todas as pessoas que fizeram parte dessa importante etapa da minha vida. Desta forma, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade.

“Não existe nada no produto que antes
não tenha estado no processo”.
(Saturnino de La Torre)

RESUMO

NASCIMENTO, Revenli Fernanda do. **Redução de metabissulfito de sódio no processamento industrial de batatas**. 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

A batata processada industrialmente apresenta grande suscetibilidade às reações de escurecimento, as quais danificam a qualidade do produto final. Para evitar interferências na qualidade do produto, as indústrias alimentícias utilizam o metabissulfito de sódio (MBS), como inibidor de ambas as reações. No entanto, esse aditivo pode causar malefícios ambientais e à saúde humana. Em função do interesse de uma agroindústria localizada no Estado do Paraná em diminuir a quantidade desse aditivo no processamento de batatas prontas para o consumo, este trabalho teve por objetivo minimizar a concentração de MBS utilizado no processamento de batatas, visando um produto final de qualidade. Para tal, foram testados no processo de imersão das batatas os seguintes tratamentos químicos: T1 (sem tratamento ou controle), T2 (0,5% de ácido ascórbico), T3 (redução de 50% da concentração de MBS), T4 (redução de 50% da concentração de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico), T5 (redução de 75% da concentração de MBS+ 0,25% de ácido ascórbico) e T6 (Padrão industrial contendo apenas MBS). Para avaliar a qualidade dos produtos, foram quantificados os parâmetros teor de sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, cor instrumental, índice de escurecimento, índice de amarelecimento, firmeza instrumental e concentração de dióxido de enxofre (SO₂) residual. Para as análises dos dados foi realizado um planejamento fatorial 2² com três pontos centrais, seguido da análise de variância univariada e multivariada. Os resultados indicaram que os antioxidantes estudados não afetaram o teor de sólidos solúveis totais, a acidez total titulável e a firmeza do alimento; no entanto, influenciaram significativamente o pH, a cor, o índice de escurecimento e o índice de amarelecimento das batatas. A partir dos dados gerados pela análise estatística univariada e multivariada concluiu-se que o tratamento T5 (0,0) pode ser considerado o potencial substituto do tratamento T6 (padrão industrial), possibilitando a redução de 74% da concentração SO₂ residual na produção industrial de batatas.

Palavras-chave: Batata. Reações de escurecimento. Metabissulfito de sódio. Ácido ascórbico. Controle de qualidade.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Revenli Fernanda do. **Reduction of sodium metabisulphite in the industrial processing of potatoes**. 2017. 81 f. Dissertation (Master Degree in Production Engineering) - Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2017.

The industrially processed potato presents great susceptibility to the browning reactions, which damage the quality of the final product. To avoid interferences in the quality of the product the food industries they use the sodium metabisulphite (MBS) as inhibitor of both reactions. However, this additive one can cause environmental and human health hazards. Due to the interest of a located agribusiness in the State of Paraná, in reducing the amount of this additive in the processing of ready-to-eat potatoes this work had for aim to minimize the concentration of MBS used in the processing of potatoes seeking a final product of quality. For this purpose, we tested in the process of immersion of the potatoes the following chemical treatments: T1 (without treatment or control), T2 (0,5% of ascorbic acid), T3 (reduction of 50% of the concentration of MBS), T4 (reduction of 50% of the concentration of MBS + 0,5% of ascorbic acid), T5 (reduction of 75% of the concentration MBS + 0,25% of ascorbic acid) and T6 (industrial Pattern just containing MBS). To evaluate the quality of the products the contents of total soluble solids, pH, titratable total acidity, instrumental color, browning index, yellowing index, instrumental firmness and the concentration of residual sulfur dioxide (SO₂) were quantified. For the analyses of the data a factorial planning was accomplished 2² with three central points, following by the analysis of variance univariate and multivariate. The results indicated that the studied antioxidants did not affect the content of total soluble solids, the titratable total acidity and the firmness of the food, however, they influenced the pH, the color, the browning index and the yellowing index of the potatoes significantly. From the data generated by the univariate and multivariate statistical analysis it was concluded that the the treatment T5 (0,0) can be considered as the potential substitute of the treatment T6 (industrial pattern), allowing the reduction of 74% of the concentration residual SO₂ in the industrial production of potatoes.

Keywords: Potato. Browning reactions. Sodium metabisulphite. Ascorbic acid. Quality control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da cadeia produtiva dos vegetais processados	21
Figura 2 – Linha de produção industrial de batata processada	36
Figura 3 - Espaço de cores CIE L*a*b*, índice de saturação cromática (C*) e ângulo hue (h*)	39
Figura 4 - Equipamento usado para determinação da concentração de dióxido de enxofre residual	41
Figura 5 - Superfície de resposta das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta b* no 10° dia de armazenamento	58
Figura 6 - - Superfície de resposta das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de escurecimento no 15° dia de armazenamento	63
Figura 7 - Superfície de resposta das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de amarelecimento no 10° dia de armazenamento	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados obtidos para sólidos solúveis totais (°Brix) em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento.....	46
Gráfico 2 - Resultados obtidos para pH em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	48
Gráfico 3 - Resultados obtidos para acidez total titulável (% m/v) em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	51
Gráfico 4 - Resultados obtidos para Luminosidade em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	53
Gráfico 5 - Resultados obtidos para o parâmetro a* em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	55
Gráfico 6 - Resultados obtidos para o parâmetro b* em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	57
Gráfico 7 - Efeito das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta b* no 10° dia de armazenamento	58
Gráfico 8 - Resultados obtidos para a Cromaticidade em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	59
Gráfico 9 - Índice de escurecimento em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	61
Gráfico 10 - Efeito das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de escurecimento no 15° dia de armazenamento	62
Gráfico 11 - Índice de amarelecimento em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	64

Gráfico 12 - Efeito das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de amarelecimento no 10º dia de armazenamento	65
Gráfico 13 - Firmeza (Kgf) em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais características de batatas das variedades Asterix, Bintje, Monalisa, Mondial, Atlantic e Ágata.....	24
Quadro 2 - Classificações da pesquisa adotadas neste trabalho	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos químicos com níveis codificados e não codificados nas variáveis independentes.....	37
Tabela 2 - Resultados obtidos para os parâmetros de controle de qualidade avaliados em batatas processadas tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento	43

LISTA DE SIGLAS

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, do inglês, *Food and Agriculture Organization of United Nations*

FDA - Administração de Alimentos e Medicamentos, do inglês, *Food and Drug Administration*

HAF - Hidroxiacetilfurfural

HMF - Hidroximetilfurfural

MBS – Metabissulfito de sódio

OMS - Organização Mundial da Saúde

POD - Peroxidase

PPO - Polifenoloxidase

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2 OBJETIVO GERAL	17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 VEGETAIS PROCESSADOS.....	19
2.2 BATATA (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	22
2.2.1 Batata Processada Industrialmente	24
2.3 ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO	26
2.4 ESCURECIMENTO NÃO ENZIMÁTICO	28
2.5 METABISSULFITO DE SÓDIO (MBS)	29
2.6 ÁCIDOS ORGÂNICOS	31
3 METODOLOGIA	34
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	34
3.2 MATÉRIA-PRIMA	35
3.3 PROCESSAMENTO.....	35
3.4 CONTROLE DE QUALIDADE	37
3.4.1 Sólidos Solúveis Totais.....	38
3.4.2 pH.....	38
3.4.3 Acidez Total Titulável.....	38
3.4.4 Cor Instrumental	39
3.4.5 Índice de Escurecimento	39
3.4.6 Índice de Amarelecimento	40
3.4.7 Firmeza Instrumental	40
3.4.8 Concentração de Dióxido de Enxofre (SO ₂) Residual.....	40
3.4.9 Análise Estatística	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 SÓLIDOS SOLUVEIS TOTAIS.....	45
4.2 pH.....	48
4.3 ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL.....	50

4.4 COR INSTRUMENTAL.....	SUMÁRIO	52
4.4.1 Luminosidade (L*).....		52
4.4.2 Parâmetro de Cor a*.....		54
4.4.3 Parâmetro de Cor b*.....		56
4.4.4 Cromaticidade (C*).....		59
4.5 ÍNDICE DE ESCURECIMENTO.....		60
4.6 ÍNDICE DE AMARELECIMENTO.....		63
4.7 FIRMEZA INSTRUMENTAL.....		66
4.8 CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂) RESIDUAL.....		67
5 CONCLUSÕES.....		68
REFERÊNCIAS.....		69

1 INTRODUÇÃO

No âmbito da Engenharia de Produção, esta dissertação está inserida na grande área de Engenharia da Qualidade, a qual se refere ao planejamento, projeto e o controle de sistemas de gestão da qualidade, incluindo o gerenciamento de processos produtivos. Desta forma, a presente pesquisa tem a intenção de contribuir para o aprimoramento dos processos produtivos de batatas processadas, abordando parâmetros de controle de qualidade para encontrar os melhores resultados.

Os produtos vegetais prontos para consumo que podem ser armazenados por um longo período têm conquistado lugar de destaque no mercado consumidor nas últimas décadas, em função da demanda por praticidade e conveniência. Conseqüentemente, os consumidores estão mais exigentes com a qualidade e com os métodos empregados para prolongar a vida útil desses produtos. Desta forma, as indústrias alimentícias têm se aprimorado para atender as exigências do mercado consumidor, ofertando novas categorias de produtos vegetais prontos para consumo, bem como aperfeiçoando métodos de conservação para garantir o maior tempo de vida útil, ao mesmo tempo em que mantém a qualidade do produto final.

Nesse segmento, encontram-se as batatas processadas (descascadas, cozidas a vapor, esterilizadas e embaladas a vácuo) prontas para o consumo. O descascamento e o processamento térmico inerentes nesse processo, podem interferir na qualidade final do produto devido às reações de escurecimento, tanto enzimático quanto não enzimático, além da contaminação microbiológica. Para controlar tais interferências, as indústrias alimentícias utilizam o metabissulfito de sódio (MBS) como inibidor de ambas as reações de escurecimento, em função de seu baixo custo, facilidade na aplicação e efetividade do tratamento.

No entanto, apesar da eficácia do MBS, alguns efeitos adversos à saúde humana têm sido relacionados à sua ingestão, tais como, dores de cabeça, diarreias, confusões mentais, hipotensão, dores abdominais, entre outros. Dessa forma, torna-se relevante que as indústrias alimentícias minimizem o uso desse conservante durante o processamento, visto que além das reações alérgicas mencionadas, pode conferir sabor residual ao produto final e não é bem visto pelos consumidores, cada vez mais conscientes sobre uso de conservantes em alimentos. Adicionalmente, a solução de MBS, utilizada no processamento de batatas geralmente é descartada,

fato que pode inibir os microrganismos de degradação durante o tratamento dos efluentes industriais, devido a sua capacidade de inibir o desenvolvimento microbiológico.

Portanto, fazem-se necessárias inovações tecnológicas, visando a redução de aditivos químicos em batatas processadas, focando no controle de qualidade para evitar o escurecimento no produto final. Uma das principais tecnologias alternativas emergentes neste segmento é a aplicação de aditivos naturais combinados com os compostos sulfurados.

O interesse de uma agroindústria localizada no Estado do Paraná, em diminuir a quantidade de MBS utilizado no processamento de batatas (descascadas e cozidas a vapor) prontas para o consumo, suscitou esta pesquisa.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante da crescente expansão do mercado de vegetais prontos para o consumo, os consumidores estão se tornando mais exigentes quanto a qualidade do produto final, principalmente quanto ao uso de conservantes. Frente a este cenário, as agroindústrias pretendem investir em pesquisas e inovações tecnológicas que permitam a redução da quantidade de aditivos presente nos vegetais processados.

A indústria de batata processada pronta para o consumo, utiliza o metabissulfito de sódio, como antioxidante para inibir as reações de escurecimento, tanto enzimático quanto não enzimático ocasionados pelo descascamento e processamento térmico. Portanto, essa pesquisa pretende responder a seguinte pergunta: Como minimizar a concentração de metabissulfito de sódio utilizada no processamento de batatas, evitando o escurecimento no produto final?

1.2 OBJETIVO GERAL

Minimizar a concentração de metabissulfito de sódio utilizado no processamento de batatas (descascadas, cozidas a vapor, esterilizadas e embaladas a vácuo), visando um produto final de qualidade.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito de diferentes concentrações de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico, isoladamente e combinados, na qualidade final de batatas processadas;

Realizar o controle de qualidade das batatas processadas durante o armazenamento por 15 dias em temperatura ambiente;

Verificar a influência da concentração de metabissulfito de sódio e de ácido ascórbico nas variáveis de respostas sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, cor instrumental, índice de escurecimento, índice de amarelecimento e firmeza, por meio de planejamento experimental 2^2 com três pontos centrais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VEGETAIS PROCESSADOS

As mudanças ocorridas na sociedade, relacionadas ao fenômeno da globalização, têm mudado profundamente os hábitos alimentares (SANTOS et al., 2012). A importância de uma alimentação nutricionalmente equilibrada, rica em vegetais é reconhecida mundialmente, uma vez que o consumo regular de frutas, verduras, grãos integrais e outros alimentos de origem vegetal tem sido correlacionado à redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas (LIU, 2013). A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2003) estabelece que o consumo diário de frutas e vegetais deve ser de no mínimo 400 g. No entanto, esses alimentos deterioram-se facilmente, havendo a necessidade de empregar métodos de conservação para prolongar o seu tempo de armazenamento. Além disso, há uma crescente tendência de consumo de vegetais prontos, devido à ascensão das mulheres no mercado de trabalho, à necessidade de se alimentar fora do domicílio, ao maior número de pessoas morando sozinhas, bem como a demanda por praticidade e conveniência.

Dessa maneira, a busca por uma alimentação saudável, contrapondo –se com a limitada vida útil dos alimentos vegetais, aliada ao interesse do mercado consumidor por alimentos que proporcionem praticidade e economia de tempo no preparo têm despertado o interesse das indústrias alimentícias em encontrar métodos e processos para ofertar novas categorias de produtos a partir dos alimentos vegetais. Exemplos disso têm sido a produção de farinhas, conservas, desidratados e minimamente processados (SILLANI; NASSIVERA, 2015).

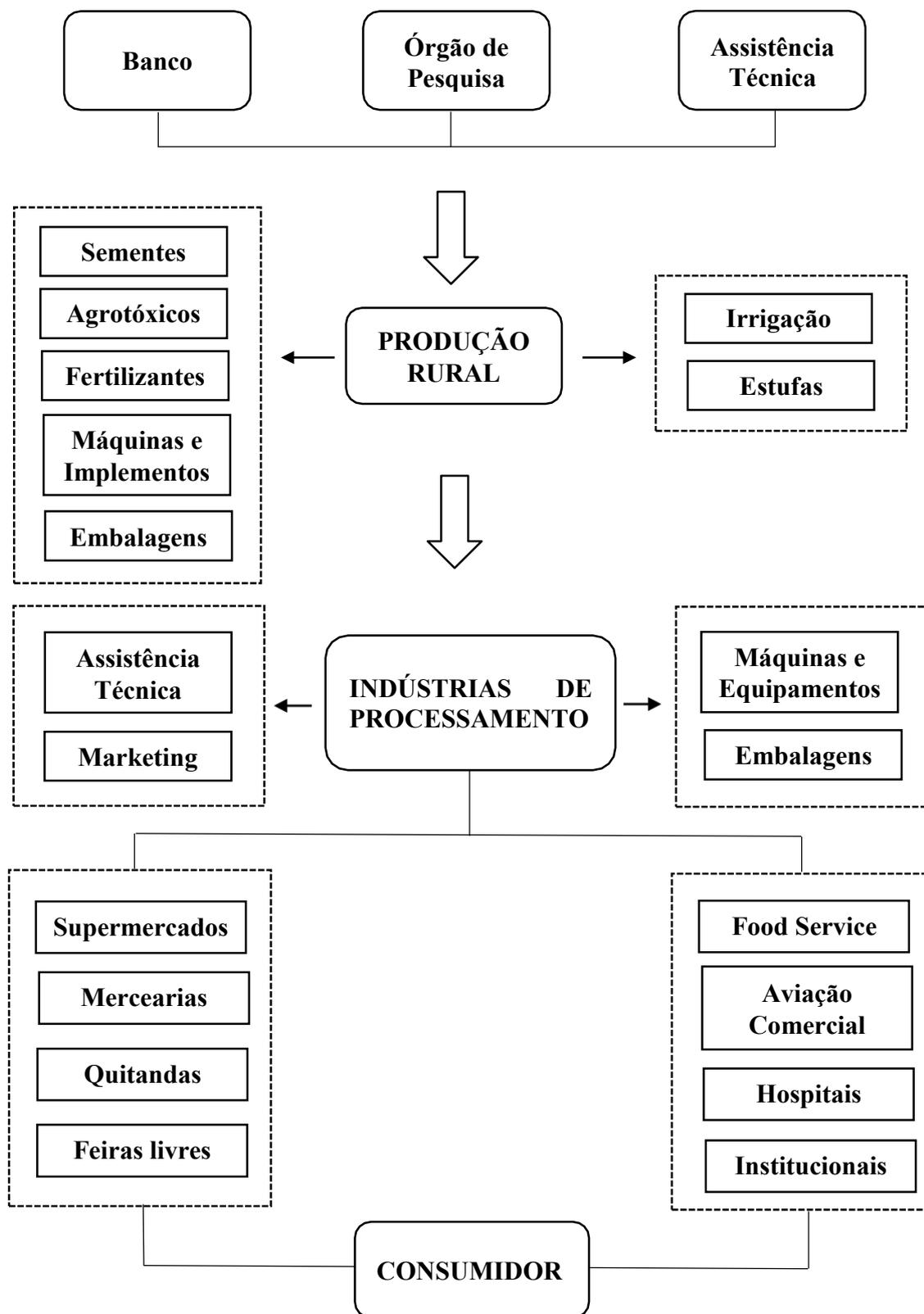
Segundo Vilas Boas et al. (2012), frutas e hortaliças minimamente processadas são aquelas submetidas a alterações físicas, sendo descascadas e/ou picadas, e/ou raladas, dentre outros processos, posteriormente acondicionadas em embalagens que mantenham suas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais. Tais procedimentos alteram a integridade destes produtos, tornando-os mais perecíveis do que as matérias-primas originais. Entre os fatores que interferem na qualidade e vida útil dos produtos processados podem ser destacados o

escurecimento enzimático, a deterioração microbiana, a senescência causada pelo etileno e respiração do produto, a perda de valor nutricional (CENCI, 2011), a qualidade inicial dos vegetais, a tecnologia de produção e o número de processos empregados (RAMOS et al., 2013).

O processamento de frutas e hortaliças é um segmento da indústria de horticultura que vem apresentando crescente participação no mercado de produtos frescos desde a sua introdução nos Estados Unidos, há trinta anos, e no mercado francês no início dos anos 80. No mercado brasileiro, esse tipo de processamento vem evoluindo há aproximadamente vinte anos, destacando-se no incremento de vendas, principalmente pela expansão dos serviços de comida rápida e a nível doméstico (CENCI, 2011). Nos Estados Unidos, o consumo de vegetais minimamente processados representa cerca de 48% do mercado (PATRIGNANI et al., 2015). Na Itália, até ao final de 2012, as compras de produtos hortícolas minimamente processados mostraram uma tendência ascendente constante, com aumento do consumo em 380% em dez anos (SILLANI; NASSIVERA, 2015).

Com este crescimento, a cadeia produtiva de vegetais processados tem se amplificado, envolvendo um conjunto de relações comerciais, financeiras e institucionais que determinam um fluxo contínuo de produção, desde a entrada de insumos até o produto final que chega ao consumidor (NANTES; LEONELLI, 2000). Na Figura 1, está apresentada a estrutura da cadeia produtiva dos vegetais processados. Observa-se que, no topo desta cadeia produtiva, estão os órgãos de apoio financeiro e de desenvolvimento de pesquisas, suportes fundamentais para iniciar a produção rural dos vegetais. Durante a produção, há a entrada de insumos, equipamentos e processos necessários para o cultivo da plantação, posteriormente colhida e destinada às indústrias de processamento. Por fim, o produto final é distribuído no mercado, chegando ao consumidor.

Figura 1 - Fluxograma da cadeia produtiva dos vegetais processados



Fonte: NANTES; LEONELLI (2000)

Segundo Ragaert et al. (2004), a motivação mais importante para compra de vegetais processados diz respeito à conveniência e velocidade, especialmente para os consumidores que adquirem o produto durante finais de semana. Amorim e Nascimento (2011), ao caracterizarem o perfil dos consumidores de alimentos minimamente processados da região Sul Fluminense, no Rio de Janeiro relataram que 75% eram do gênero feminino, com idades entre 24 e 45 anos. A maioria, 83% dos consumidores, trabalhavam fora, sendo que 42% dividiam a moradia com duas a três pessoas, além de apresentarem nível de escolaridade e poder aquisitivo mais elevado.

Tais características estimulam a procura por vegetais processados prontos para o consumo (NASCIMENTO et al., 2014), tais como alface, couve, repolho, cenoura, couve-flor e saladas em geral, que podem ser consumidos na forma crua, não necessitando de qualquer tratamento adicional antes do consumo (MAFFEI, 2016). Neste segmento, uma nova tendência de mercado que têm evoluído rapidamente é de vegetais processados prontos para o consumo, que passam por cozimento e esterilização em autoclave, procedimento que prolonga a vida útil do vegetal além de facilitar o preparo, tais como, a beterraba, a mandioca, o milho e a batata.

2.2 BATATA (*Solanum tuberosum* L.)

As batatas (*Solanum tuberosum* L.) são tubérculos pertencentes a família *Solanaceae* (LUIS et al., 2011), com caules aéreos herbáceos, denominados de hastes primárias, que surgem do tubérculo-semente. As ramificações emitidas das hastes primárias formam as hastes secundárias, que juntas dão origem as raízes, na qual cada haste se tornará uma planta independente (GARCIA, 2013). Esse tubérculo, originário dos Andes peruanos e bolivianos há mais de 7 mil anos, foi introduzido na Europa antes de 1520 e com a colonização realizada pelos países europeus se difundiu nos demais continentes (AMARAL, 2015).

A batata é um dos alimentos mais consumidos pela humanidade, cultivada em muitos países, sendo que em 2014 foram produzidas aproximadamente 382 milhões de toneladas de batata no mundo, ocupando a quarta posição neste ranking, atrás do

milho, do arroz e do trigo (FAO, 2015). Com essa representatividade, essa hortaliça torna-se além de uma importante fonte alimentícia, uma importante fonte de emprego rural (QUADROS, 2007). Um dos fatores que tornou a batata tão apreciada e consumida no mundo foi sua facilidade e versatilidade de preparo, podendo ser cozida na água, na gordura, no vapor ou no forno, para ser instantaneamente consumida (HAASE, 2008).

As batatas recém colhidas contêm aproximadamente 80% de água e 20% de matéria seca, constituída em 60-80% por amido. Além disso, possuem baixo teor de gordura, sendo ricas em vários micronutrientes, especialmente a vitamina C e são fonte de vitaminas B1, B3, B6, folato, ácido pantotênico e riboflavina (MURNIECE et al., 2011). Possuem ainda minerais, tais como potássio, fósforo, cálcio, ferro e magnésio e componentes bioativos, como carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos (SHIN; BAIK; KIM, 2015). A composição nutricional, bem como o tamanho, cor, textura e sabor desses tubérculos varia de acordo com o cultivar (ANDRE et al., 2007).

O plantio da batata, vem se expandindo mundialmente, devido ao seu elevado consumo, tradição e por razões econômicas. Além disso, é uma cultura de fácil cultivo, pois se adapta a diferentes solos e condições climáticas, até as mais extremas (LUIS et al., 2011). No Brasil, os cultivares mais plantados são: Asterix, Bintje, Monalisa, Jatte Bintje, Mondial, Atlantic e Ágata, derivadas de países de clima temperado (FELTRAN, 2002). A principal razão pela predominância destes cultivares é o baixo índice de aceitação de cultivares mais rústicos, em função das exigências do mercado brasileiro por tubérculos de coloração clara após a lavagem e com o mínimo de defeitos externos (AMARAL, 2015). Demais cultivares estão sendo inseridas e adaptadas de acordo com as condições climáticas das regiões do Brasil, com a finalidade de suprir a demanda do mercado consumidor, entre os quais estão: Snowden, BRS Ana, Harley Beckhell, Pirassu, Marlen, Marcy, Colorado e Beacon Chipper (GARCIA, 2013). Garcia et al. (2015), ao avaliarem a potencialidade de processamento industrial de cultivares de batatas, mostraram que as cultivares Marcy e Colorado apresentam características importantes para o cozimento; as cultivares Marlen e Pirassu oferecem os atributos requeridos para o processamento na forma de chips e/ou palha e a cultivar BRS Ana para a forma de palitos pré-fritos.

Segundo Cabezas-Serrano et al. (2009), o genótipo é um dos fatores mais importantes a ser avaliado a fim de selecionar cultivares ideais para o processamento,

uma vez que variam em sua composição genética, forma, cor, resistência a pragas, capacidade de processamento e formas adequadas de preparo, como pode-se observar no quadro 1.

Para batatas processadas comercializadas cozidas, todos os cultivares listados no quadro 1 podem ser utilizados; no entanto, para a batata frita congelada os cultivares ideais são Asterix, Bintje e Atlantic. Isso ocorre porque as características das batatas, principalmente o teor de matéria seca, influenciam diretamente na absorção de óleo em diferentes taxas e quantidades durante o processo de fritura (TRINDADE; CAMLOFSKI; FREITAS, 2012).

Quadro 1 - Principais características de batatas das variedades Asterix, Bintje, Monalisa, Mondial, Atlantic e Ágata

Cultivares	Formato	Cor da pele	Cor da polpa	Forma de Preparo
Asterix	Oval alongado	Vermelha	Amarela clara	Cozinhar e fritar
Bintje	Alongado	Amarela	Amarela clara	Cozinhar, assar e fritar
Monalisa	Oval alongado	Amarela clara	Amarela clara	Cozinhar e assar
Mondial	Alongado	Amarela	Amarela clara	Cozinhar e assar
Atlantic	Oval alongado	Branca	Branca	Fritar
Ágata	Oval	Amarela	Amarela clara	Cozinhar e assar

Fonte: Associação Brasileira da Batata (ABBA, 2017)

2.2.1 Batata Processada Industrialmente

No Brasil, a maior parte da produção de batatas é destinada ao consumo *in natura*; no entanto, a industrialização vem crescendo assim como em todo o mundo, sendo os produtos processados um segmento forte e competitivo. De acordo com Vitti et al. (2010), o processamento industrial tem sido uma das alternativas para agregar valor à batata produzida no Brasil, vindo a reduzir a importação do produto congelado. Segundo Garcia (2013), nos últimos anos, têm-se notado em muitos países, inclusive no Brasil, um aumento do consumo de batata processada industrialmente, sobretudo na forma de fritura e paralelamente uma redução na aquisição da batata *in natura* para processamento doméstico.

Um dos mercados em grande expansão é o de batatas descascadas, cozidas a vapor, embaladas a vácuo e dentro da embalagem, esterilizadas em autoclave, por serem produtos com alto valor agregado, que satisfazem uma necessidade dos

consumidores, com reduzido tempo de preparação e longa vida de prateleira (LOVATTO et al., 2012; ZORZELLA et al., 2003).

O tecido celular desses vegetais apresenta diferentes respostas às condições de processamento, visto que o descascamento remove as barreiras intracelulares, bem como expõe a superfície do alimento ao oxigênio (FONSECA, 2007). Segundo Moretti (2007), o processamento de um vegetal acarreta a síntese de compostos fenólicos para a cicatrização dos tecidos. Além disso, ocasiona o extravasamento de substratos fenólicos que entram em contato com as enzimas catalisadoras das reações de oxidação dos polifenóis, sendo a mais importante a polifenoloxidase (PPO). Contudo, também pode haver a participação da peroxidase (POD), levando à oxidação de orto-difenóis para quinonas na presença de oxigênio, acarretando na formação de pigmentos escuros, que resultam no escurecimento (ALENCAR; KOBLITZ, 2008; FONSECA, 2007; SCHULBACH et al., 2013). Ou seja, como resultado das operações de processamento industrial, produtos intracelulares, tais como enzimas podem ser liberadas, causando impacto negativo na qualidade do produto final (CHIUMARELLI et al., 2011). Outro problema no processamento de batatas que passam por tratamento térmico é o escurecimento não enzimático, ocasionado devido aos altos níveis de açúcares redutores nos tubérculos (COELHO; VILELA; CHAGAS, 1999).

Esses fatores interferem na intenção de compra dos consumidores, uma vez que as batatas são principalmente adquiridas com base na sua aparência física (RIBEIRO et al., 2016). Os primeiros atributos avaliados pelos consumidores são a cor e a consistência (firmeza), portanto, relevantes componentes de qualidade para aceitação no mercado (WU; SUN, 2013).

Para evitar tais interferências, compostos sulfurados são largamente empregados, com ação preservativa e antioxidante, como o MBS (JUNIOR et al., 2010), o agente mais empregado na industrialização de batatas. No entanto, esse composto, da mesma forma que os outros sulfitos, pode causar alguns efeitos adversos à saúde humana, apresentando assim algumas restrições reguladoras para a sua utilização em produtos processados. Contudo para as batatas processadas o MBS é autorizado, porque precisam ser cozidas antes do consumo e o dióxido de enxofre (SO₂) é perdido por evaporação durante este processo (PETRI et al., 2008). Segundo a RDC N° 8, de 06 de março de 2013 (BRASIL, 2013) o limite máximo permitido desse aditivo em batata é 100 ppm de SO₂ residual. Apesar do uso do MBS

ser permitido por legislação, as indústrias alimentícias almejam extinguir ou minimizar o uso desse conservante no seu processamento, em razão das exigências do mercado consumidor.

Grande parte das táticas usadas para evitar o processo de escurecimento enzimático em batatas processadas são baseados na inibição da atividade da PPO, através dos ácidos orgânicos (ZHOU et al., 2016) ou conversão de quinonas em materiais incolores. Um estudo conduzido por Sukhonthara, Kaewka e Theerakulkait (2016), revelou a eficácia do extrato de farelo de arroz, em inibir a atividade enzimática da PPO e conseqüentemente o escurecimento enzimático, durante o armazenamento por até 6 h. Indicaram também que o ácido felúrico e o ácido p-cumárico desempenharam papel importante na inibição do escurecimento enzimático em batatas. Ali et al. (2016) concluíram que alguns aminoácidos em determinadas concentrações como a valina em (0,1 m mol L⁻¹) e cisteína (1,0 mol L⁻¹) podem reduzir o processo de escurecimento enzimático em batatas.

2.3 ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO

O escurecimento enzimático é um processo bioquímico que ocorre em muitas plantas superiores, responsável por perdas significativas nas indústrias alimentícias. Considera-se o escurecimento enzimático como a segunda maior causa de perda de qualidade em frutas e vegetais (LOANNOU; GHOUL, 2013) e de acordo com Pineli et al. (2005), um dos principais desafios no processamento de batatas. Duas enzimas são relevantes neste processo de degradação oxidativa dos compostos fenólicos: PPO e a POD, entretanto a interferência desta no teor de escurecimento dos alimentos é muito menor do que a da primeira (AMARAL, 2015).

Em batatas as reações de escurecimento enzimático, ocorrem durante a pós-colheita e principalmente no processamento, quando os tecidos estão expostos a condições de estresse (LIN et al., 2010), iniciando-se a oxidação dos compostos fenólicos pela PPO e POD, sendo o produto primitivo desta oxidação a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis denominadas melaninas (ARAÚJO, 2004; MACEDO et al., 2005).

A PPO é uma metalo-enzima com um oligômero local ativo contendo dois íons de cobre, cada um concebido para três resíduos de histidina (CHANG, 2009), às vezes denominada de tirosinase, polifenolase, catecol oxidase e catecolase, dependendo dos substratos utilizados na reação de escurecimento dos tecidos vegetais, sendo encontradas nas plantas, nos animais e em alguns microrganismos (ZHOU et al., 2016)

De acordo com Belitz e Grosch (1997), o mecanismo de ação da PPO incide na mudança de valência dos íons cobre (Cu^+ para Cu^{++}) provocando a formação de complexo enzima-substrato, no qual a ligação O-O fica tão polarizada que ocorre a hidroxilação de monofenóis, seguida da formação de um o-difenol. Este, em presença de oxigênio passa a o-quinona, que rapidamente se condensa formando pigmentos escuros insolúveis, denominado melanina. Além do escurecimento a o-quinona formada também pode interagir com grupos amina e tiol, reduzindo a disponibilidade da lisina, metionina, tiamina e de outros nutrientes essenciais (ARAÚJO, 2010), carreando desta forma a deterioração da qualidade nutricional, bem como a redução do valor de mercado (ZHOU et al., 2016).

Os fatores negativos associados a reação de escurecimento enzimático levam à necessidade de inibir a atividade enzimática da PPO em alimentos. Schulbach et al. (2013) descreveram o potencial da hipotaurina, um líquido extraído do mexilhão azul (*Mytilus edulis*) em inibir a atividade enzimática da PPO, referindo resultados positivos para a maçã, batata e cogumelo. Alguns ácidos orgânicos também têm sido amplamente estudados para tal finalidade, entre eles ácido cinâmico, ácido cítrico, ácido málico e ácido ascórbico (HU et al., 2014; LANDI et al., 2013; ZHOU et al., 2016). Amiour e Hambaba (2016) mostraram que o pH e temperaturas extremas, do mesmo modo que os ácidos orgânicos influenciam na atividade da PPO.

A POD pertence à classe das oxidoredutases, enzimas que oxidam uma ampla variedade de substratos orgânicos e inorgânicos, estando presente em animais, plantas e microrganismos. Nas plantas, essa enzima tem a finalidade de reduzir a concentração de peróxido de hidrogênio na célula, auxiliando no metabolismo da parede celular e na cicatrização de ferimentos (HU et al., 2012). A POD, do mesmo modo que a PPO, apresenta atividade típica na reação de oxidação de compostos fenólicos em presença de peróxido de hidrogênio, levando a formação de quinonas, que são instáveis e polimerizam-se formando as melaninas (SILVA; ROSA; VILA

BOAS, 2009). Tais reações são responsáveis pela deterioração dos vegetais, quando processados, afetando as suas propriedades sensoriais (HU et al., 2012).

2.4 ESCURECIMENTO NÃO ENZIMÁTICO

As reações de escurecimento não enzimático ocorrem nos alimentos durante o processamento térmico e/ou armazenamento prolongado, produzindo pigmentos escuros sem a atividade de enzimas (BHARATE; BHARATE, 2014). No processamento industrial de batatas prontas para o consumo ocorre especificamente durante o cozimento e esterilização em autoclave, onde a elevada temperatura de processamento associada aos altos níveis de açúcares redutores presente nos tubérculos, levam a formação de compostos escuros, denominados melanoidinas (COELHO; VILELA; CHAGAS, 1999).

A intensidade das reações de escurecimento não enzimático em alimentos depende da quantidade e do tipo de carboidratos presente e, em menor extensão, de proteínas e aminoácidos. A reação de Maillard juntamente com a reação de caramelização constituem as duas principais reações de escurecimento não enzimático, responsáveis pelo desenvolvimento da cor escura em batatas processadas termicamente (KARANGWA et al., 2015).

A reação de Maillard ocorre entre o grupo carbonila de um açúcar redutor (aldeído ou cetona) e o grupo amina livre de uma proteína ou aminoácido (NASCIMENTO et al., 2015). Os lipídios também podem participar da reação, desde que haja a presença de açúcares redutores. Os grupos carbonilas dos lipídios formados na oxidação de ácidos graxos insaturados podem interagir com o grupo amina dos aminoácidos e das proteínas (ARAÚJO, 2004).

Inicialmente, ocorre a condensação da carbonila de um açúcar redutor com um grupo amina. O composto formado se desidrata levando à formação da base de Schiff, insaturada e instável, ocorrendo então o rearranjo para a forma cíclica levando a formação de glicosil N-substituída. A segunda etapa consiste no Rearranjo de Amadori, na qual a isomerização resultará nas cetosaminas. Por conseguinte, ocorre uma série de reações simultâneas, resultando na formação das melanoidinas,

compostos de coloração marrom e alta massa molar (BHARATE; BHARATE, 2014; SHIBAO; BASTOS, 2011).

Segundo Gava, Silva e Frias (2009) a velocidade da reação de Maillard é afetada por diversos fatores entre eles: a temperatura, duplicada a cada 10 °C entre 40 °C e 70 °C; o pH, que em meio ácido retarda a reação e próximo da neutralidade acelera a reação; a atividade de água (a_w), diminuindo quando está acima de 0,9; a natureza do carboidrato, superior nos monossacarídeos do que nos dissacarídeos; a natureza dos aminoácidos, maior na lisina; os catalisadores (fosfatos, citratos, entre outros), que aceleram a reação e os sulfitos, que inibem a reação.

A influência desta reação sobre os atributos de qualidade dos alimentos como cor, sabor e valor nutricional, podem ser desejáveis como em pães, café e produtos lácteos, nos quais a reação de Maillard produz a cor e o sabor característicos, exigidos pelos consumidores (JAEGER; JANOSITZ; KNORR, 2010). Também, pode apresentar efeitos indesejáveis, visto que reduz a digestibilidade da proteína, inibe a ação das enzimas digestivas, destrói nutrientes, como aminoácidos essenciais (lisina e arginina) e ácido ascórbico e interfere no metabolismo de minerais mediante a complexação com metais (ARAÚJO, 2004).

Já, a caramelização ocorre quando os açúcares são aquecidos acima do seu ponto de fusão (GOLDFEIN; SLAVIN, 2015). Durante esse processo, os hidratos de carbono redutores sofrem desidratação, levando a formação de compostos complexos de diferentes pesos molecular, tais como hidroximetilfurfural (HMF), hidroxiacetilfurfural (HAF), furfural, entre outros (GOLON; KUHNERT, 2012). Esses compostos intermediários sofrem polimerização originando as melanoidinas, responsáveis pela coloração característica do caramelo (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009). As características de caramelo dependem do tipo e concentração de açúcar, bem como das condições de preparo, tais como a temperatura de aquecimento, tempo e pH (ZHANG; CHEN; WANG, 2013).

2.5 METABISSULFITO DE SÓDIO (MBS)

O MBS, representado quimicamente pela fórmula $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ e codificado pelo Sistema Internacional de Numeração (INS) com o número 223 é um pó branco e

cristalino, com odor pungente, amplamente utilizado na indústria de alimentos, devido a sua capacidade de impedir o escurecimento enzimático e não enzimático, além de controlar o desenvolvimento microbiológico, atuando como agente branqueador, antioxidante, conservante e redutor (FAVERO; RIBEIRO; AQUINO, 2011).

Esse produto previne o escurecimento enzimático pela inativação da PPO, em situações que a quinona ainda não foi formada; caso contrário, atua através da redução das o-quinonas para o-difenóis, compostos menos escuros; ou ainda pela complexação com produtos da reação enzimática formando compostos incolores (OLIVEIRA et al., 2008). As reações de escurecimento não enzimático mais importantes são a reação de Maillard e a caramelização, das quais resultam múltiplos compostos intermediários. Neste caso, o MBS, devido à sua elevada reatividade, pode reagir com todos esses intermediários, impedindo a formação de pigmentos marrons (LÜCK; JAGER, 1997; MACHADO; TOLEDO; VICENTE, 2006). A ação antimicrobiana está relacionada ao poder redutor do MBS, que causa uma diminuição no nível de oxigênio, inibindo a proliferação de microrganismos aeróbios, além da possibilidade de causar danos à membrana celular dos microrganismos, através da liberação de SO₂, impedindo sua multiplicação (FAVERO; RIBEIRO; AQUINO, 2011; JAY, 2005).

Pretendendo encontrar um composto tão eficiente quanto o MBS, Mosneaguta (2012) relatou em suas pesquisas que combinações de sulfato de sódio, ácido cítrico e ácido málico; sulfato de sódio, ácido cítrico e eritorbato de sódio também são eficazes contra o escurecimento enzimático, bem como contra o desenvolvimento microbiano. Contudo, nada foi mencionado sobre as reações de escurecimento não enzimático.

Contra-pondo-se à eficiência do MBS, estão os efeitos adversos que esse aditivo pode causar à saúde de indivíduos com intolerância, dentre os quais podem ser citados: crises de asma, reações cutâneas, dores de cabeça, diarreias, confusões mentais, hipotensão, choque anafilático, dores abdominais, náuseas, tonturas, entre outros efeitos (GARCIA-GAVÍN; PARENTE; GOOSSENS, 2012). Um homem de 41 anos desenvolveu dermatite de contato alérgica nas pernas devido a presença de MBS (20 mg/kg) em calça jeans (AERTS et al., 2014). Garcia-Gavín, Parente e Goossens, (2012) ao investigarem sobre as reações alérgicas causada por MBS, descreveram que 124 pacientes que usaram curativos com este composto apresentaram reações alérgicas, além de que seis pacientes também relataram

sintomas sistêmicos. O MBS foi o único alergênico encontrado em 76 casos (61,3%), sendo que reações foram consideradas relevantes em 80 casos (64,5%).

Além disso, a solução de MBS, utilizada no processamento de batatas geralmente é descartada, fato que pode inibir os microrganismos de degradação durante o tratamento dos efluentes industriais, devido a sua capacidade de inibir o desenvolvimento microbiológico (FAVERO; RIBEIRO; AQUINO, 2011). Desta forma acarretará danos ao meio ambiente, já que os efluentes que retornarão à natureza podem estar inapropriados, em função do tratamento ineficiente.

Embora a *Food and Drug Administration* (FDA) tenha proibido o uso de sulfitos em frutas e legumes frescos como conservante, esses aditivos ainda podem ser encontrados em alimentos cozidos e processados, e ocorrem naturalmente em cervejas e vinhos (STOHS; MILLER, 2014). Desta maneira o consumidor deve ficar ciente da presença desse aditivo nos produtos comercializados. Segundo a FDA, qualquer alimento que contém um agente sulfitante ou combinação de agentes sulfitantes em sua composição deve declarar em seu rótulo quando a quantidade adicionada estiver igual ou superior a 10 ppm no produto final (FDA, 2015).

2.6 ÁCIDOS ORGÂNICOS

Os ácidos orgânicos são compostos naturais, geralmente reconhecidos como seguros (HUANG; CHEN, 2011), vastamente utilizados na indústria de alimentos para inibir a atividade da PPO, evitando o escurecimento enzimático, bem como para impedir o crescimento de microrganismos. Tal efeito deve-se ao fato dos ácidos diminuírem o pH do alimento, uma vez que o pH ótimo para a atividade da PPO na maioria das frutas e vegetais é entre 6,0-6,5, enquanto que a atividade mínima é detectada em pH abaixo 4,5 e em pH abaixo de 3 não há atividade enzimática (AYALA-ZAVALA, et al., 2011). Entre os ácidos orgânicos mais utilizados estão o ácido ascórbico e o cítrico (ZHOU et al., 2016), comumente usados em conjunto com outros tratamentos, pois reduzir o escurecimento controlando apenas o pH é difícil (AYALA-ZAVALA, et al., 2011).

O ácido ascórbico (Vitamina C) é um composto hidrossolúvel, que desempenha vários papéis na saúde humana, entre os quais, cofator para várias

reações enzimáticas, incluindo a hidroxilação de prolina e lisina, essencial para a síntese de colágeno e indispensável no combate aos radicais livres (ASHOR, et al., 2014). É um importante antioxidante encontrado em tecidos vegetais e animais, previne danos celulares induzidos por oxidação, devido a sua capacidade de eliminar radicais livres e regenerar tocoferóis (ULUATA; MCCLEMENTS; DECKER, 2015).

A capacidade antioxidante do ácido ascórbico torna-o aliado das indústrias alimentícias, visto que o grupo enediol presente nos carbonos 2 e 3 permite sua oxidação, através da transferência de um ou dois elétrons em ácido dehidroascórbico, com pH abaixo de 4 (BARCIA et al., 2010; ULUATA; MCCLEMENTS; DECKER, 2015). Além disso, o ácido ascórbico atua como agente redutor, convertendo rapidamente Cu^{++} em Cu^+ (MIN; GAO; MATYJASZEWSK, 2007), atrasando a mudança de valência dos íons cobre, necessária para PPO iniciar o processo de escurecimento enzimático. Adicionalmente, esse composto pode reduzir as o-quinonas, produzidas pela oxidação catalisada pela PPO de volta a difenol, retardando a formação da melanina (JANG; MOON, 2011). Assim, o efeito do ácido ascórbico é temporário, sendo necessária sua combinação com outros agentes e/ou métodos para evitar o escurecimento enzimático durante o armazenamento dos alimentos.

O ácido ascórbico e seus sais neutros são reconhecidos como os principais antioxidantes para o uso em frutas e hortaliças, além de retardar o escurecimento enzimático, sendo totalmente seguro para consumo humano na quantidade necessária para obter o efeito tecnológico desejado desde que não altere a identidade e a genuinidade do produto (BRASIL, 2013), de baixo custo, bem aceito pelos consumidores e ainda pode aumentar o teor de vitamina C (FONTES et al., 2009; PRÉSTAMO; MANZANO, 1993). Ali et al. (2015), ao avaliarem o efeito dos compostos cisteína, ácido ascórbico e ácido cítrico como inibidores da PPO, relataram que todos reduziram significativamente tanto o processo de escurecimento enzimático quanto a atividade da PPO. Ojeda, Sgroppo e Zaritzki (2014) estudaram a aplicação de revestimento comestível de amido de mandioca, juntamente com ácido ascórbico para minimamente processados de batata doce da variedade Blanca Correntina. As amostras foram armazenadas a 4 °C durante 16 dias, e verificou-se um efeito positivo, evitando o escurecimento quando comparado com a amostra não tratada.

O ácido cítrico é um ácido tricarboxílico, incolor, facilmente solúvel em água com peso molecular de 210,14 gmol^{-1} , metabólito de plantas e animais, presente na maioria das frutas e hortaliças, sobretudo nas cítricas como o limão e a laranja

(ANGUMEENAL; VENKAPPAYYA, 2013). Está entre os agentes acidulantes mais comumente empregado na indústria de processamento de alimentos, em razão da sua capacidade de impedir a atividade da enzima tirosinase por intermédio da sua ação quelante e da redução do pH, desta forma prevenindo o escurecimento enzimático. Além disso, reduz a contaminação microbiana, sendo sensorialmente aceito pelo mercado consumidor quando empregado em pequenas quantidades (AMARAL, 2015). A sua aplicação em produtos minimamente processados aliado a outros tratamentos têm sido amplamente estudada, apresentando efeitos eficazes no controle de qualidade desses alimentos. Sgroppo, Vergara e Tenev (2010) estudaram os efeitos da aplicação de uma mistura de aditivos (MBS e ácido cítrico) em cortes de batata-doce fresca, concluindo que essa combinação foi eficaz na preservação de batata-doce armazenada em temperatura de refrigeração. Goyeneche et al. (2014) relataram em seu estudo que a combinação de tratamento térmico ($50\text{ }^{\circ}\text{Cmin}^{-1}$) com ácido cítrico (0,3% m/v), melhorou significativamente a retenção da cor natural típica de rabanetes minimamente processados. Fernandes et al. (2014) ao investigarem o efeito de antioxidantes sobre o escurecimento de batatas Baroa minimamente processadas, mencionaram que o tratamento 3% m/v ácido ascórbico combinado com 3% m/v ácido cítrico, resultou menor perda da coloração amarela ao final de 8 dias de armazenamento.

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa foi realizado de acordo com as classificações propostas por Gil (2008); o Quadro 2, apresenta o enquadramento desta pesquisa em relação a cada classificação.

Quadro 2 - Classificações da pesquisa adotadas neste trabalho

Classificação	Característica desta Pesquisa
Do ponto de vista do objeto	De campo
Do ponto de vista da sua natureza	Aplicada
Do ponto de vista da forma de abordagem do problema	Quantitativa
Do ponto de vista de seus objetivos	Explicativa
Do ponto de vista dos procedimentos técnicos	Experimental

Fonte: **Autoria Própria (2017)**

Do ponto de vista do objeto o presente estudo classifica –se como pesquisa de campo, visto que envolveu a aplicação de tratamentos químicos em um processo produtivo específico (*in loco*).

Quanto à sua natureza esta pesquisa classifica –se como aplicada, uma vez que tem o propósito de gerar conhecimentos para aplicação prática no processo produtivo de uma empresa de processamento de alimentos, em função de interesses locais.

Com relação à forma de abordagem do problema este estudo se enquadra como quantitativo, visto que os resultados do controle de qualidade são obtidos numericamente, a fim de comparar estatisticamente os dados com a amostra padrão para avaliar a efetividade dos tratamentos.

Com referência aos seus objetivos, assume o perfil de pesquisa explicativa, uma vez que busca explicar a causa do problema para propor soluções com o auxílio de métodos experimentais.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, enquadra - se como experimental, visto que se refere a uma pesquisa empírica, com finalidade de manipular as diferentes variáveis em função do objetivo geral.

3.2 MATÉRIA-PRIMA

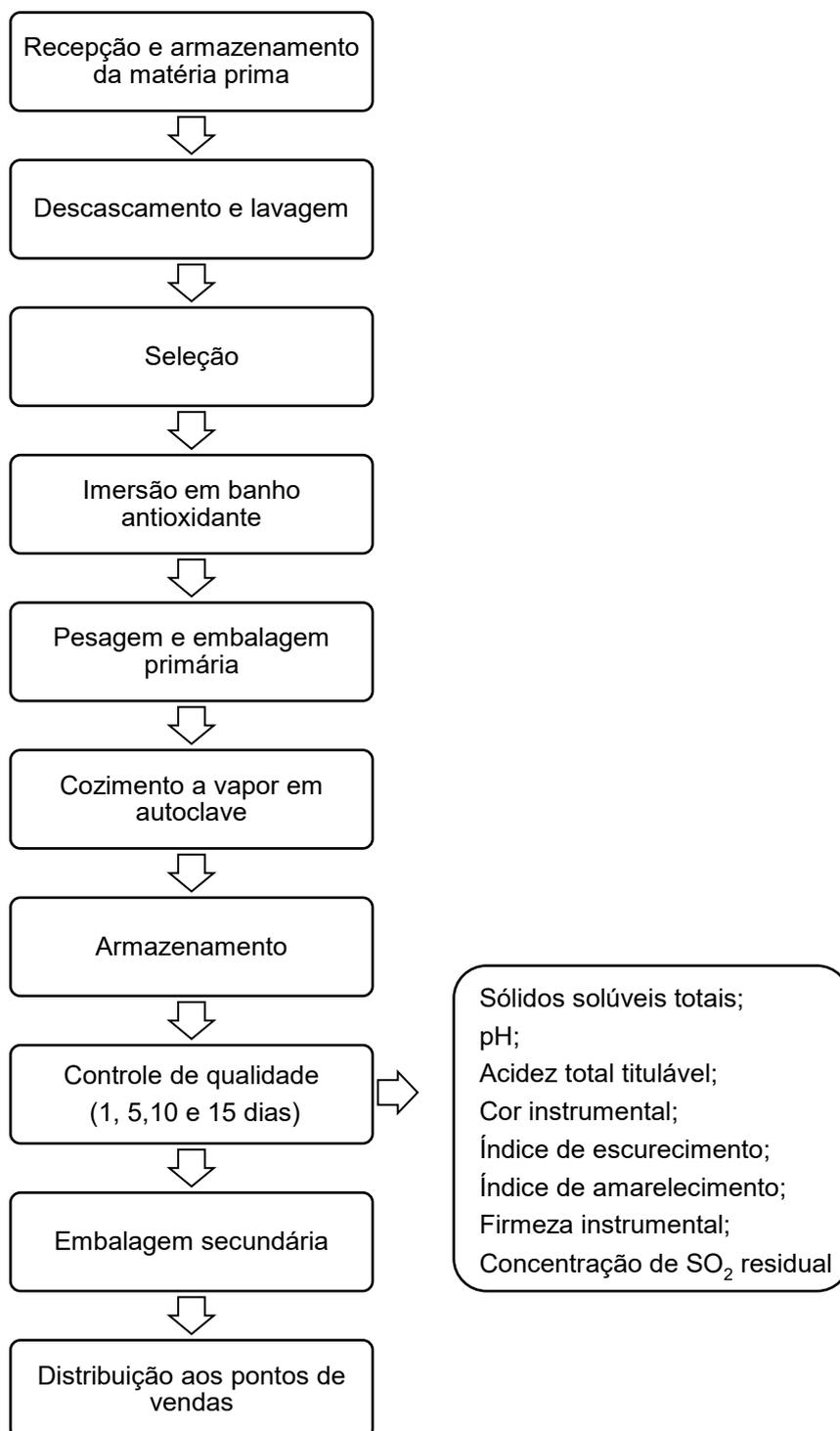
Este trabalho de pesquisa foi realizado em uma agroindústria de processamento de vegetais, localizada no Estado do Paraná, que processa cerca de 20 tipos de vegetais. A agroindústria em questão tem interesse em diminuir a quantidade de MBS utilizado no processamento de batatas prontas para o consumo.

A batata foi escolhida para compor esse estudo em função da sua representatividade econômica para a agroindústria, como principal produto comercializado pela empresa e, dentre os vegetais processados, o mais susceptível ao escurecimento enzimático e não enzimático.

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas batatas do cultivar Ágata do mesmo lote, adquiridas e armazenadas na agroindústria.

3.3 PROCESSAMENTO

Para o processamento industrial, as batatas seguiram o protocolo da linha de produção da agroindústria, conforme diagrama apresentado na Figura 2. As informações quantitativas inerentes ao processo, marca e modelo dos equipamentos, bem como detalhes do processamento industrial, tais como tempo e temperatura de cada etapa do processo, foram mantidas sob termo de confidencialidade e sigilo. Portanto, não foram mencionados nesta pesquisa.

Figura 2 – Linha de produção industrial de batata processada

Fonte: Autoria Própria (2017)

As batatas armazenadas seguem por uma esteira para um cilindro rotativo que realiza o descascamento a vapor seguido da lavagem dos tubérculos. Esses foram selecionados manualmente a fim de eliminar aqueles com danos e deformações, bem como para garantir a uniformidade de tamanhos, visto que são

comercializados inteiros. O processamento prosseguiu com a imersão das batatas por 30 min (exceto tratamento 6), nos tratamentos químicos, apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos químicos com níveis codificados e não codificados nas variáveis independentes

Tratamento	Níveis codificados		Níveis não codificados	
	Metabissulfito de Sódio	Ácido Ascórbico	Metabissulfito de Sódio (% m/v)	Ácido Ascórbico (% m/v)
T1	-1	-1	Redução de 100%*	0
T2	-1	+1	Redução de 100%*	0,5
T3	+1	-1	Redução de 50%*	0
T4	+1	+1	Redução de 50%*	0,5
T5	0	0	Redução de 75%*	0,25
T6	Padrão industrial	-	Padrão industrial*	-

* A concentração do padrão industrial para metabissulfito de sódio está sob termo de sigilo e confidencialidade; por isso, os demais tratamentos foram mencionados como % de redução.
Fonte: Autoria Própria (2017)

Após o tratamento químico, as batatas foram pesadas em porções de 500 g em balança digital, embaladas a vácuo em seladora industrial e submetidas ao cozimento e esterilização a vapor em autoclave industrial.

Para fins de pesquisa após o cozimento as batatas foram transportadas até o laboratório de bioquímica C004 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa sendo armazenadas por 15 dias em temperatura ambiente.

3.4 CONTROLE DE QUALIDADE

Para o controle de qualidade dos produtos foram avaliados o teor de sólidos solúveis totais, o pH, a acidez total titulável, a cor instrumental, o índice de escurecimento, o índice de amarelecimento, a firmeza instrumental e a concentração de SO₂ residual. As determinações desses parâmetros (exceto a concentração de SO₂ residual) foram realizadas em triplicatas, iniciando 24 horas após o processamento e repetidas em 5, 10 e 15 dias de armazenamento. Cada unidade amostral foi constituída por 500 g do produto embalado a vácuo.

3.4.1 Sólidos Solúveis Totais

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado por refratometria, segundo a metodologia padronizada pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). As amostras foram previamente trituradas em centrífuga de alimentos (Walita), seguindo-se a leitura direta no líquido sobre o prisma de um refratômetro (Digit). Os resultados foram expressos em °Brix.

3.4.2 pH

O valor do pH foi determinado por potenciometria, utilizando-se um pHmetro digital (Kasvi) previamente calibrado. O preparo da amostra foi realizado de acordo com a metodologia padronizada conforme método padronizado pelo IAL (2008), no qual 10 g de cada amostra previamente triturada em centrífuga de alimentos (Walita) foi diluída em 100 mL de água destilada e agitada até as partículas ficarem uniformemente suspensas.

3.4.3 Acidez Total Titulável

A acidez total titulável foi determinada por titulometria, conforme método padronizado pelo IAL (2008). Para a análise aproximadamente 1 g de cada amostra previamente triturada em centrífuga de alimentos (Walita) foi transferida para um frasco Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água destilada. Posteriormente foram adicionadas 3 gotas de solução fenolftaleína $0,1 \text{ molL}^{-1}$ e titulou-se com solução de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ molL}^{-1}$ até coloração rósea claro.

Para o cálculo empregou-se a equação 1 e resultados foram expressos em % de acidez em solução m/v.

$$\frac{Vxfx100}{Pxc} \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:

V = nº de mL da solução de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ gasto na titulação

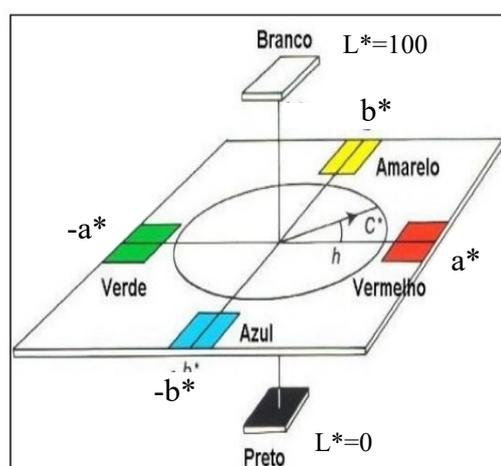
f = 0,1 (fator da solução de NaOH)

$P = n^{\circ}$ de g da amostra usado na titulação
 $c = 10$ (fator de correção para solução de NaOH)

3.4.4 Cor Instrumental

A avaliação da cor instrumental foi realizada na superfície da batata, em colorímetro (Hunter Lab). Avaliaram-se as coordenadas do espaço de cores do sistema CIE $L^* a^* b^*$ (Figura 3). A interpretação dos valores obtidos por meio da leitura indica se a amostra é mais clara ou escura (L^*), com tendência a verde ou vermelho (a^*) e a azul ou amarelo (b^*) (CHAICOUSKI et al., 2014). O índice da saturação cromática (C^*) define a intensidade da cor e o ângulo hue (h^*) define a tonalidade da cor (FERNANDES, 2013).

Figura 3 - Espaço de cores CIE $L^*a^*b^*$, índice de saturação cromática (C^*) e ângulo hue (h^*)



Fonte: HUNTERLAB (1978)

3.4.5 Índice de Escurecimento

O índice de escurecimento foi obtido segundo o método descrito por Tan, Alkarkhi e Easa (2012), em que 1g da amostra foi diluída em 100 mL de água destilada a temperatura ambiente, após 24h de repouso a solução foi transferida para uma célula de quartzo óptico de 10 mm e absorvância foi determinada em um comprimento de onda de 420 nm utilizando um espectrofotômetro 800 XI (Fento). A absorvância no

comprimento de onda 550 nm também foi registrada para corrigir qualquer turvação na amostra. O índice de escurecimento foi definido com base na equação 2.

$$Abs420 - Abs550 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Abs420 = absorbância a 420 nm

Abs550 = absorbância a 550 nm

3.4.6 Índice de Amarelecimento

O índice de amarelecimento foi determinado pela metodologia descrita na ASTM D (1925), citada por Andraday e Torikai (1999), conforme a equação 3.

$$\frac{100x(0,72xa^* + 1,79xb^*)}{L^*} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

a* = parâmetro de cor a*

b* = parâmetro de cor b*

L* = Luminosidade (L*)

3.4.7 Firmeza Instrumental

Para a determinação da firmeza foi utilizado o método instrumental, através do texturômetro TA CT3 (Brookfield), no qual as batatas foram colocadas em uma plataforma e perfuradas utilizando probe TA 10. A taxa de deformação estabelecida foi de 20 mm, com velocidade de 10mm s⁻¹. Os resultados foram expressos em Kgf.

3.4.8 Concentração de Dióxido de Enxofre (SO₂) Residual

A concentração de SO₂ residual foi determinada apenas nas amostras referentes aos tratamentos selecionados como possíveis substitutos do tratamento padrão industrial. O método utilizado foi o de Monier-Williams (adaptado), tendo como referência o descrito no IAL (2008). No procedimento técnico, uma amostra de 50 g

foi homogeneizada em 500 mL de água em um balão volumétrico, neste adicionou-se 60 mL de ácido clorídrico (HCL) acoplado em um bloco digestor (Figura 4). Em um tubo de ensaio adicionou-se 8 mL de peróxido de hidrogênio 3% v/v juntamente com o indicador azul de bromofenol, o qual também foi acoplado ao equipamento (Figura 4). Após abrir a água que passa pelo condensador e a válvula do gás nitrogênio, ligou-se o aparelho à temperatura 200 °C por aproximadamente 2 h. Após o termino do processo a solução contendo a amostra foi titulada com NaOH 0,05 mol L⁻¹ até o ponto de viragem. Paralelamente foi realizado o branco. Os resultados foram expressos em ppm de acordo com a equação 4, descrita por Nagato et al. (2013).

Figura 4 - Equipamento usado para determinação da concentração de dióxido de enxofre residual



Fonte: Autoria Própria (2017)

$$SO_2\text{residual (ppm)} = \frac{[(V_a - V_b) * M * f * 32,03 * 1000]}{m} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

V_a = nº de mL da solução de NaOH 0,05 mol L⁻¹ gasto na titulação da amostra

V_b = nº de mL da solução de NaOH 0,05 mol L⁻¹ gasto na titulação do branco

M = 0,05 (fator da solução de NaOH)

f = fator de correção para solução de NaOH

m= peso da amostra em g

3.4.9 Análise Estatística

Para as análises dos dados foi realizado um planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais, considerando duas variáveis independentes, concentração (% m/v) de MBS e concentração (% m/v) de ácido ascórbico. O planejamento constituiu-se em sete ensaios experimentais, dos quais três são referentes ao ponto central (T5). Os níveis codificados do planejamento fatorial encontram-se apresentados na Tabela 1 (p. 37).

A partir dos resultados obtidos no planejamento fatorial foi realizada a análise de variância (ANOVA) univariada, seguida do teste Post Hoc de Tukey para diferenciação de grupos, quando aplicável, ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Foi avaliada a diferença estatística entre os tratamentos químicos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) e entre os períodos de armazenamento (1, 5, 10 e 15 dias), em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os testes estatísticos foram realizados através dos *softwares* IBM SPSS Statistics v.23 (Software Package Used for Statistical Analysis) e SASM-Agri (Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas). Os resultados foram expressos como médias das triplicatas. Posteriormente foi realizada a análise de variância multivariada, a fim de estudar os efeitos das variáveis independentes sobre a eficiência do processamento industrial de batatas, avaliando sete variáveis dependentes diferentes (sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, cor instrumental, índice de escurecimento, índice de amarelecimento e firmeza). Para o desenvolvimento do planejamento experimental e realização da análise de variância multivariada foi utilizado o *software* Statistic for Windows versão 7.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo industrial, após o cozimento, as batatas são armazenadas por 10-15 dias em temperatura ambiente para controle de qualidade. Se não houver redução significativa no pH nas amostras representativas do lote, os produtos são liberados para o envase nas embalagens secundárias e em seguida são distribuídos nos pontos de comercialização. No entanto, durante a pesquisa, após o cozimento as batatas foram transportadas até o laboratório C004 de Bioquímica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa para realização do controle de qualidade. A tabela 2, apresenta os resultados encontrados para sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, cor instrumental (L^* , a^* , b^* e C^*), índice de escurecimento, índice de amarelecimento e firmeza nas amostras de batatas processadas submetidas a seis diferentes tratamentos antioxidantes, bem como a variação durante o armazenamento por quinze dias.

Tabela 2 - Resultados obtidos para os parâmetros de controle de qualidade avaliados em batatas processadas tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento

(Continua)

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	5	10	15
	Sólidos solúveis totais (°Brix)			
T1	11,67±0,57bB	12,06±0,11bA	11,93±0,11bB	14,4±0,53aA
T2	12,67±0,58aAB	12,67±0,57aA	12,60±0,53aAB	14,06±0,90aAB
T3	13,67±0,57aA	13±0,12aA	13,67±0,57aA	12,33±0,57aB
T4	11,67±0,58aB	11,77±0,66aA	12,13±0,11aB	12,67±0,58aAB
T5	11,63±0,58aB	11,33±0,57aA	11,73±0,64aB	12,33±0,34aB
T6	11,67±0,58bB	11,8±0,35bA	11,67±0,57bB	13,73±0,64aAB
	pH			
T1	6,45±0,03aA	6,45±0,09aA	6,32±0,05aAB	5,5±0,05bB
T2	6,32±0,02aB	6,28±0,04aAB	6,34±0,04aA	6,28±0,06aA
T3	6,3±0,02aB	6,22±0,04aB	6,28±0,02aAB	6,26±0,04aA
T4	6,16±0,01aC	6,23±0,04aB	6,23±0,03aAB	6,20±0,03aA
T5	6,17±0,02aC	6,25±0,03aAB	6,21±0,04aB	6,24±0,02aA
T6	6,18±0,02aC	6,25±0,02aAB	6,28±0,03aAB	6,25±0,05aA
	Acidez total titulável (%)			
T1	0,224±0,03aA	0,232±0,03aA	0,225±0,01aA	0,243±0,02aA
T2	0,224±0,01aA	0,236±0,01aA	0,221±0,02aA	0,237±0,01aA
T3	0,230±0,03aA	0,231±0,02aA	0,225±0,01aA	0,230±0,01aA
T4	0,249±0,06aA	0,246±0,03aA	0,245±0,01aA	0,248±0,01aA
T5	0,247±0,03aA	0,251±0,01aA	0,250±0,02aA	254±0,03aA
T6	0,228±0,01aA	0,231±0,01aA	0,222±0,02aA	0,231±0,01aA

Tabela 2 - Resultados obtidos para os parâmetros de controle de qualidade avaliados em batatas processadas tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento

(continua)

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	5	10	15
Luminosidade (L*)				
T1	58,08±2,18aB	56,96±0,25aC	55,95±1,54aB	57,15±0,52aB
T2	59,24±1,12aB	58,25±1,22aBC	54,71±0,99bB	57,90±1,50abB
T3	60,16±1,38aAB	61,23±0,22aA	61,48±2,01aA	61,63±2,03aA
T4	60,47±0,87aAB	60,02±0,75aAB	59,75±1,65aA	60,92±3,52aA
T5	65,10±3,12aA	60,89±0,76aA	60,15±0,55aA	60,88±0,71aA
T6	60,32±1,25aAB	61,06±0,76aA	60,93±1,96aA	61,27±1,81aA
Parâmetro de cor a*				
T1	-3,64±0,39aA	-3,48±0,29aA	-4,51±0,12bAB	-3,06±0,12aA
T2	-3,93±0,39aA	-3,77±0,13aA	-4,07±0,05aA	-3,57±0,13aA
T3	-5,44±0,30bB	-4,80±0,14aB	-4,85±0,36abB	-5,08±0,06abB
T4	-5,72±0,14bB	-4,83±0,61abB	-4,44±0,09aAB	-4,37±0,54aB
T5	-5,61±0,29bB	-4,77±0,08aB	-4,78±0,16aB	-4,83±0,29abB
T6	-4,97±0,21aB	-5,22±0,36aB	-4,90±0,39aB	-4,70±0,16aB
Parâmetro de cor b*				
T1	4,99±0,17cB	5,15±0,15bcB	12,14±0,93aA	8,17±0,15bB
T2	11,37±1,75aA	8,64±1,47abAB	7,78±0,22bB	11,24±1,50abA
T3	8,24±0,54bAB	11,24±0,17aA	3,56±0,51cD	3,40±0,69cC
T4	8,70±0,85aAB	7,79±0,66aAB	3,47±0,05aD	6,42±0,09aB
T5	11,01±0,49aA	7,09±0,25bAB	5,45±0,44bC	5,86±0,34bBC
T6	6,44±0,49abB	8,39±1,48aAB	5,04±0,08bcCD	3,48±0,26cC
Cromaticidade (C*)				
T1	6,29±0,62bcB	6,22±0,04cB	12,96±0,91aA	8,73±0,25bB
T2	12,04±1,71aA	9,44±1,35aAB	9,08±0,57aB	11,79±1,46aA
T3	9,87±0,57bAB	12,22±0,19aA	5,68±0,63cCD	6,13±0,43cC
T4	10,41±0,79aA	9,29±0,31aAB	5,31±0,63bD	7,91±0,18bBC
T5	12,40±2,22aA	8,54±0,25bAB	7,25±0,43bC	7,62±0,21bBC
T6	10,47±0,76aA	9,89±1,44aAB	7,07±0,70bCD	5,85±0,25bC
Índice de escurecimento				
T1	0,236±0,010aA	0,235±0,018aA	0,237±0,003aA	0,260±0,009aA
T2	0,224±0,001aA	0,226±0,012aAB	0,229±0,014aAB	0,227±0,001aB
T3	0,203±0,002aB	0,202±0,008aAB	0,206±0,002aC	0,196±0,005aCD
T4	0,192±0,008aB	0,194±0,005aB	0,191±0,004aC	0,190±0,004aD
T5	0,193±0,007aB	0,207±0,004aAB	0,207±0,012aBC	0,205±0,002aC
T6	0,198±0,004aB	0,199±0,018aB	0,195±0,006aC	0,196±0,003aCD
Índice de amarelecimento				
T1	10,74±0,72cC	11,79±0,86cA	33,03±2,35aA	21,73±0,64bB
T2	29,62±1,33aA	21,85±1,1a7A	20,07±0,49aB	30,27±0,15aA
T3	18,01±1,54bABC	27,21±0,51aA	4,67±0,96cD	3,90±0,83cE
T4	18,93±1,05aABC	17,35±0,88aA	5,05±0,35aD	13,71±0,68aC
T5	24,07±0,96aAB	15,18±0,56abA	10,49±1,01bC	11,53±0,61bCD
T6	13,15±1,19abBC	18,49±0,17aA	8,99±0,31bcCD	4,65±0,56cDE

Tabela 2 - Resultados obtidos para os parâmetros de controle de qualidade avaliados em batatas processadas tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento

(Conclusão)

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	5	10	15
	Firmeza Instrumental (kgf)			
T1	1,595±0,19aA	1,758±0,16aA	1,850±0,13aA	1,678±0,22aA
T2	1,650±0,17aA	1,710±0,21aA	1,930±0,16aA	1,815±0,21aA
T3	1,782±0,07aA	1,840±0,07aA	1,738±0,19aA	1,945±0,07aA
T4	1,888±0,19aA	1,945±0,22aA	1,600±0,08aA	1,825±0,19aA
T5	1,843±0,14aA	1,870±0,18aA	1,748±0,21aA	1,618±0,05aA
T6	1,643±0,16aA	1,930±0,19aA	1,745±0,12aA	1,795±0,23aA

Letras minúsculas diferentes na mesma linha, bem como letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria Própria (2017)

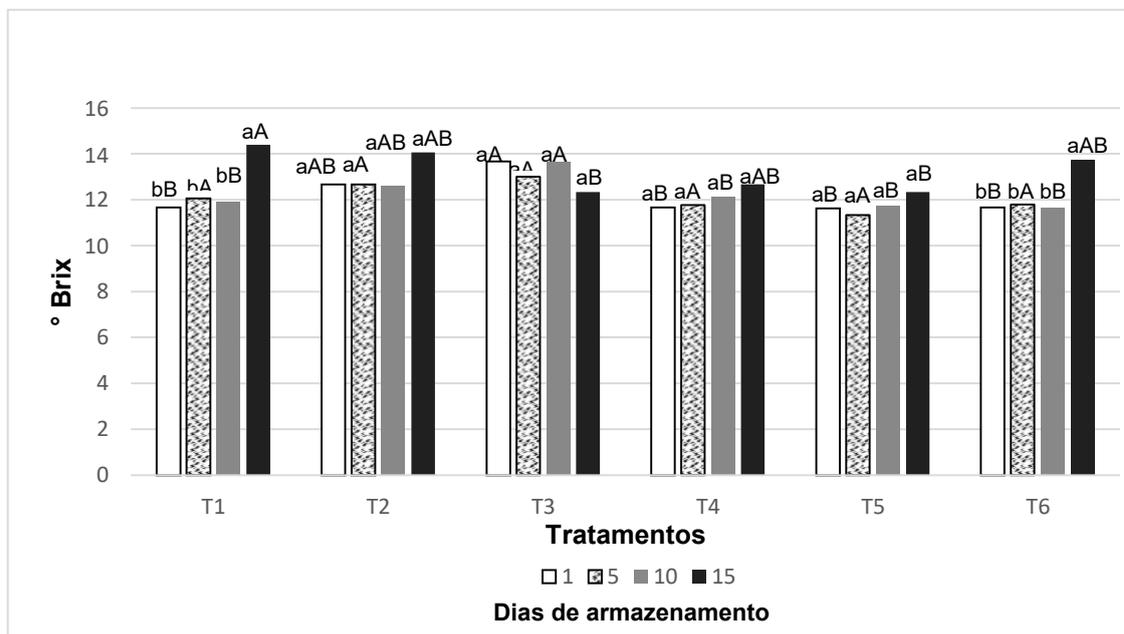
4.1 SÓLIDOS SOLUVEIS TOTAIS

O teor de sólidos solúveis totais é um índice refratométrico que indica a proporção de sólidos (açúcares, ácidos, fenóis, aminoácidos, pectinas solúveis, ácido ascórbico e minerais) dissolvidos em uma solução, portanto, reflete diretamente o conteúdo de matéria seca (BECKLES, 2012). Os açúcares representam de 65 a 85% do conteúdo de sólidos solúveis totais dissolvidos em uma solução, desse modo a determinação desse parâmetro de qualidade é um método indireto para se quantificar o teor de açúcares (NASCIMENTO, 2015).

O teor de sólidos solúveis totais é considerado um importante parâmetro de controle de qualidade no processamento industrial de batatas, pois altos níveis de açúcares redutores interferem, na coloração e firmeza do produto durante a cocção, em função das reações de escurecimento não enzimático e perda de água, respectivamente (FERNANDES et al., 2010).

O gráfico 1 apresenta os valores encontrados para sólidos solúveis totais nas amostras de batatas processadas, submetidas a seis diferentes tratamentos, bem como a variação durante o armazenamento por quinze dias.

Gráfico 1 - Resultados obtidos para sólidos solúveis totais (°Brix) em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria Própria (2017)

O teor médio de sólidos solúveis totais encontrado nas batatas cozidas do cultivar Ágata nesse trabalho foi de aproximadamente 12 °Brix. Furlaneto et al. (2014) e Fernandes et al. (2010), encontraram teores médios de 6,83 °Brix e 4,32 °Brix respectivamente para batatas cruas do mesmo cultivar. O teor de sólidos solúveis totais superior em batatas processadas pode ser consequência da temperatura elevada de esterilização e tempo do processo aos quais as batatas nesse estudo foram submetidas, fatores que alteram a estrutura da parede celular promovendo maior perda de água e maior acúmulo de açúcares. É relevante mencionar também que a baixa temperatura de armazenamento das batatas antes do processamento pode ter contribuído para elevar o teor de sólidos solúveis totais, uma vez que, segundo Marangoni (2017) o armazenamento desse tubérculo abaixo de 8 °C induz à quebra do amido, resultando no acúmulo de açúcares, fenômeno conhecido por "adoçamento a frio". Um estudo realizado por Pineli et al. (2006), revelou que batatas minimamente processadas do cultivar Ágata e Monalisa armazenadas por 9 dias a 5

°C apresentaram maiores teores de açúcares solúveis comparadas às armazenadas a 15 °C.

Observa-se que as batatas submetidas ao tratamento T1 (controle) e ao T6 (padrão industrial) tiveram aumento significativo no teor de sólidos solúveis totais no 15º dia de armazenamento. Normalmente esse parâmetro de qualidade aumenta durante o armazenamento devido a transformação do amido em açúcares (FERNANDES, 2013), além de que as plantas tipicamente acumulam açúcares como um mecanismo de resposta a condições anaeróbias de armazenamento (MARANGONI, 2017), fator relevante neste trabalho levando-se em conta que as batatas foram embaladas a vácuo. No entanto, as batatas submetidas ao tratamento T2, T3, T4 e T5 não apresentaram variações significativas durante o armazenamento. Remorini et al. (2015) ao estudarem o efeito do dióxido de cloro e do ácido ascórbico no escurecimento enzimático e na vida de prateleira de cortes frescos de maçãs durante o armazenamento por 4 dias a 4 °C, relatou aumento significativo do teor de sólidos solúveis totais naquelas tratadas com dióxido de cloro (100 mg L^{-1}) ao final do armazenamento, enquanto que as tratadas com dióxido de cloro (100 mg L^{-1}) e ácido ascórbico (3% m/v) não apresentaram variação significativa, comparando o primeiro e último dia de armazenamento.

Verificou-se que os teores de sólidos solúveis totais não foram afetados significativamente pelos tratamentos. Comparando os demais tratamentos com o T6 (padrão industrial) observa-se que no 1º e 10º dia de armazenamento apenas as amostras submetidas ao tratamento T3 apresentaram teores de sólidos solúveis totais significativamente superior ao padrão. Porém no último dia de armazenamento não houve diferença estatística entre o T6 e os demais tratamentos. Desta forma, analisando apenas este parâmetro de qualidade todos os tratamentos estudados poderiam ser utilizados para substituir o padrão industrial, reduzindo o teor de MBS no processamento industrial de batatas, mantendo a mesma qualidade. Resultados diferentes foram descritos em um estudo desenvolvido por Fonseca (2007), indicando que o teor de sólidos solúveis totais de batatas minimamente processadas do cultivar “Monalisa” embaladas sob vácuo parcial foi significativamente afetado pelos tratamentos contendo diferentes concentrações de MBS e ácido cítrico.

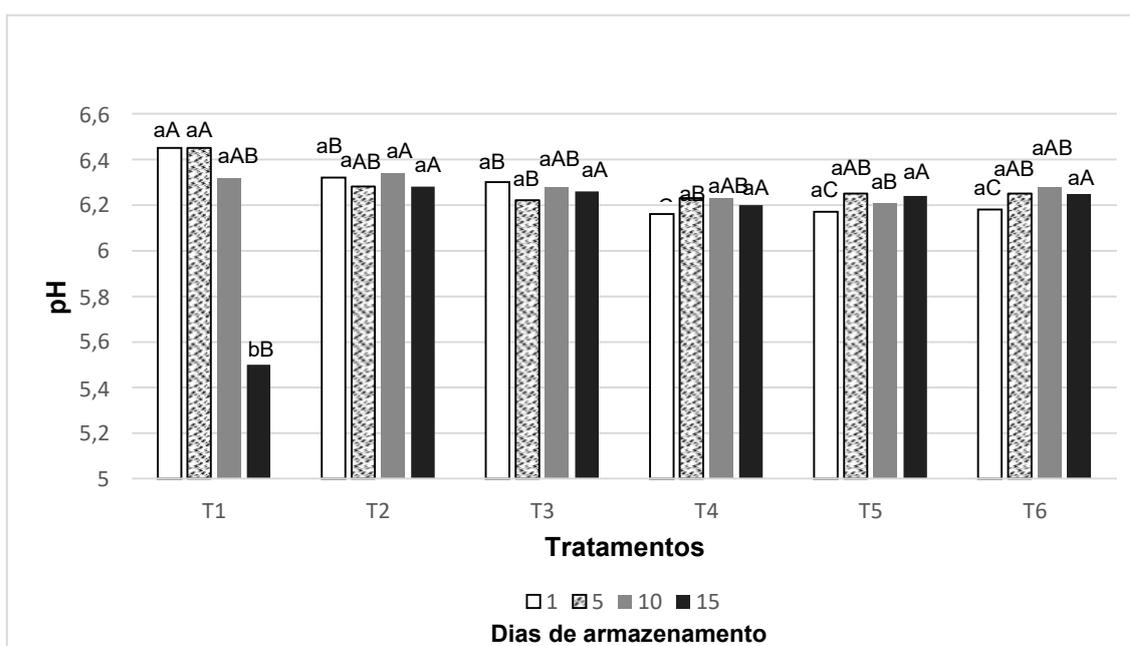
Na análise de variância multivariada, com os objetivos de observar a existência de interação entre os fatores (MBS e ácido ascórbico) nas variáveis respostas e a magnitude da influência desses fatores, não foram obtidos valores

significativos a nível de 5% de significância ($p < 0,05$) para o teor de sólidos solúveis totais, indicando que a concentração de MBS, bem como de ácido ascórbico não influenciaram os resultados desse parâmetro de qualidade.

4.2 pH

No Gráfico 2, pode-se notar os resultados encontrados para o pH nas amostras de batata processada e o seu comportamento em função do tempo de armazenamento e dos diferentes tratamentos.

Gráfico 2 - Resultados obtidos para pH em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Aatoria Própria (2017)

O pH é o principal parâmetro de controle de qualidade das batatas processadas adotado pela empresa objeto de estudo, além da cor visual. O valor de pH mínimo no produto final aceitável pela empresa é 5,0, dado que valores inferiores podem indicar falhas no processamento, tais como esterilização ineficiente, falha no

processo de selagem industrial da embalagem a vácuo ou ainda danos na embalagem permitindo a entrada de oxigênio. Esses fatores contribuem para a proliferação microbiana e conseqüentemente para processo de fermentação, levando a redução do pH.

Os produtos finais nesse estudo apresentaram pH médio em torno de 6,24. Resultados semelhantes foram mencionado por Virmond et al. (2014), que referiram pH médio de 6,10 e 6,15 para batatas minimamente processadas do cultivar Ágata e Atlantic respectivamente. Houve redução significativa no pH (5,5) dos tubérculos processados do tratamento controle (T1) em função do tempo de armazenamento (15° dia), enquanto que os tratamentos contendo MBS e/ou ácido ascórbico permaneceram estáveis. Contudo, todas amostras apresentaram-se dentro do aceitável pela empresa objeto de estudo. Vasconcelos et al. (2015), do mesmo modo que nesse trabalho, não encontraram variações significativas nos valores de pH de Yacon minimamente processados submetidos a tratamentos com MBS (0,5% m/v) ou com ácido ascórbico (3% m/v) durante o armazenamento por 18 dias a 5 °C. O contrário foi relatado por Lovatto et al. (2012), ao estudarem o efeito dos tratamentos com MBS (0,1% m/v e 0,2% m/v), MBS (0,1% m/v) combinado com ácido ascórbico (1% m/v) na qualidade de tubérculos de batata minimamente processada de baixo valor comercial, nas quais o pH apresentou uma leve redução em função do armazenamento, cujas diferenças foram detectadas a partir do 10° dia, porém com manutenção do pH entre 5,0 e 7,0.

Nota-se que no 1° dia de armazenamento, as amostras controle (T1) apresentaram pH estatisticamente superior ao demais tratamentos, já esperado visto que o ácido ascórbico promove a redução do pH do meio através da sua oxidação em ácido dehidroascórbico, com pH abaixo de 4 (BARCIA et al., 2010; ULUATA; MCCLEMENTS; DECKER, 2015). O MBS desencadeia o mesmo efeito, em função de que quando é dissolvido em água sofre hidrólise, levando a formação dos íons hidrogenossulfito (HSO_3^-) que se dissociam em íons sulfito (SO_3^{2-}) e hidrogênio (H^+), que causam a redução do pH (ALBUQUERQUE, 2005). Corroborando estas afirmações, observa-se que quando empregado MBS em conjunto com ácido ascórbico (T4 e T5), ou ainda com maiores concentrações de MBS (T6), foram obtidos os menores valores de pH. Chaethong e Pongsawatmanit (2015), ao avaliarem a influência do MBS e do ácido cítrico na qualidade de pimentões secos, referiram valores de pH 4,9 para o tratamento controle e de 4,76 e 4,74 para os tratamentos

contendo ácido cítrico (1% m/v) e MBS (0,15% m/v) em conjunto com ácido cítrico (1% m/v) respectivamente.

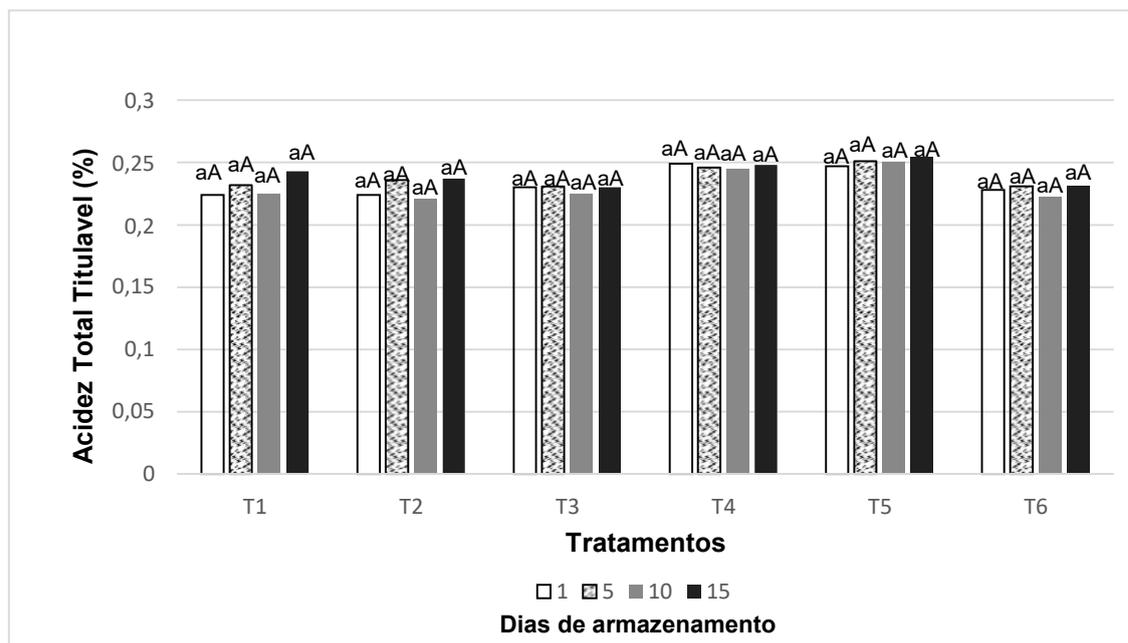
Embora o pH das batatas minimamente processadas tenham sido afetadas significativamente pelos tratamentos durante o 1° dia de armazenamento percebe-se que essa diferenciação foi se atenuando ao longo desse período, posto que no 5° e 10° dia de armazenamento nenhum dos tratamentos diferiu estatisticamente do tratamento padrão industrial (T6) e no 15° dia apenas o tratamento controle (T1) apresentou variação significativa em relação ao T6. Desta forma, considerando o pH como parâmetro de controle de qualidade quase todos os tratamentos poderiam substituir o padrão industrial, exceto o tratamento controle (T1), para reduzir a concentração de MBS no processamento industrial de batatas.

A análise de variância multivariada revelou que no 1° e 5° dia de armazenamento houve influência significativa ($p < 0,05$) da concentração de MBS e ácido ascórbico na variável de resposta pH, porém não houve interação significativa entre os dois compostos, ou seja, usar os compostos isolados ou combinados não interferem na variável resposta. O efeito estimado encontrado para o MBS no 1° dia de armazenamento foi -6,35 e para o ácido ascórbico foi -5,43. No 5° dia de armazenamento o efeito estimado encontrado para o MBS foi -4,91 e para o ácido ascórbico foi -2,71. Desta forma, os valores negativos do efeito linear indicam que o aumento da concentração das variáveis independentes reduziu os valores de pH.

4.3 ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Além do pH, existe outro parâmetro avaliado no controle de qualidade de alimentos que se refere a acidez, denominado a acidez total titulável. Esse parâmetro relaciona-se com a medição da concentração total de ácido contida no alimento, sendo melhor preditor do impacto do ácido sobre o sabor do que o pH (SADLER; MURPHY, 2010). No gráfico 3, estão apresentados os resultados encontrados para acidez total titulável nas amostras de batatas processadas do presente estudo.

Gráfico 3 - Resultados obtidos para acidez total titulável (% m/v) em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância (p<0,05). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância (p<0,05).

Fonte: Autoria Própria (2017)

A acidez total titulável nas batatas estudadas apresentou-se entre 0,221-0,254% m/v, estando de acordo com Sgroppo, Vergara e Tenev (2010), ao afirmarem que em vegetais a acidez total titulável é de 0,2 a 0,4%. Resultados similares foram expressos por Fernandes et al. (2010), 0,2% de acidez total titulável em batatas Ágata, Atlantic, Markies e Mondial.

O teor de acidez total titulável não diferiu significativamente entre os diferentes tratamentos e nem para cada tratamento durante todo o período de armazenamento. É importante ressaltar que tanto o MBS, como o ácido ascórbico não afetaram a acidez total do alimento, visto que nenhum tratamento diferiu estatisticamente do tratamento controle (T1). Sgroppo, Vergara e Tenev (2010), ao estudarem os efeitos do MBS e ácido cítrico na vida útil de cortes frescos de batatas doces, relataram que a acidez total titulável mostrou um ligeiro aumento após o tratamento e depois permaneceu quase constante até ao final do armazenamento, permanecendo entre 0,08-0,015%. Resultados distintos foram mencionados por Fonseca (2007), visto que em seu estudo a acidez total titulável das batatas minimamente processadas apresentou

comportamento diferenciado nos diversos tratamentos empregados, sendo que o tratamento controle foi significativamente inferior ao tratamento contendo ácido cítrico (2% m/v) e MBS (0,01% m/v).

Considerando a similaridade estatística entre o tratamento padrão industrial (T6) e os demais tratamentos, pode-se inferir que segundo este parâmetro de qualidade, todos os tratamentos estudados poderiam ser utilizados para substituir o padrão, minimizando a concentração de MBS no processamento industrial de batata. Do mesmo modo que na análise de variância univariada, na análise multivariada, não foi encontrado valores significativos a nível de 5% de significância ($p < 0,05$) para a acidez total titulável, indicando que a concentração de MBS, bem como de ácido ascórbico não influenciaram os resultados desse parâmetro de qualidade.

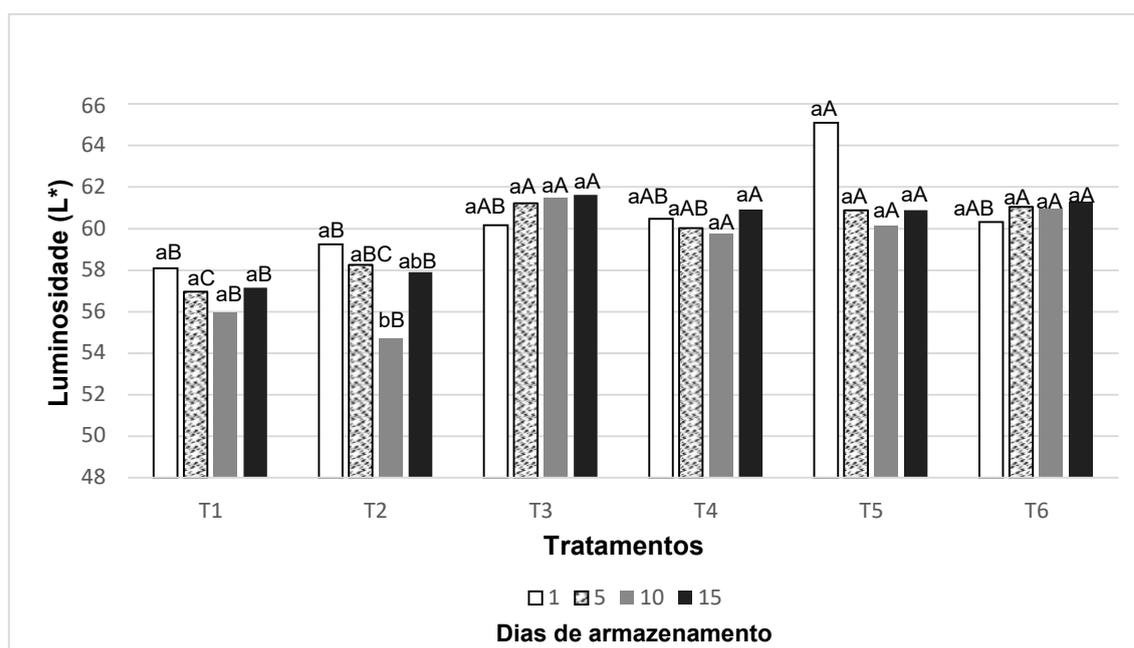
4.4 COR INSTRUMENTAL

Ao longo da cadeia de produção, armazenamento e comercialização a cor é o principal meio de avaliar a qualidade de unidades individuais do produto, principalmente quando se trata de alimentos suscetíveis as reações de escurecimento (WU; SUN, 2013). Os resultados encontrados para cada coordenada do espaço de cores, estão expostos na Gráfico 4, 5, 6 e 8.

4.4.1 Luminosidade (L^*)

No espaço de cores CIE $L^* a^* b^*$, o valor L^* representa a luminosidade do estímulo de cor. Um estímulo que não reflete nenhuma radiação com comprimento de onda visível tem um valor L^* de zero (preto), enquanto o refletor perfeitamente difusor tem um valor L^* de 100 (branco) (BUCKLEY; GIORGIANNI, 2015). No Gráfico 4, observa-se os resultados encontrados para L^* em batata processada tratadas por métodos isolados ou combinados de MBS e ácido ascórbico durante o armazenamento.

Gráfico 4 - Resultados obtidos para Luminosidade em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria Própria (2017)

Avaliando os resultados encontrados para L^* das batatas submetidas a cada tratamento no decorrer no período de armazenamento, é possível observar que apesar das amostras submetidas ao tratamento T2 apresentarem significativo escurecimento no 10º dia de armazenamento, no 15º dia não diferiu dos demais períodos analisados. Desta maneira pode-se considerar que independente do tratamento, todas as amostras permaneceram estáveis, não havendo escurecimento durante o armazenamento. A partir disso, infere-se que o escurecimento das batatas processadas ocorre exclusivamente durante o processamento, ou seja, a coloração que o produto apresentar após o cozimento e esterilização a vapor em autoclave industrial, permanecerá inalterado. Do mesmo modo Vasconcelos (2014) relatou em seu estudo sobre o efeito da combinação de ácidos ascórbico, cítrico e tartárico na qualidade de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) minimamente processado, ausência de variação do valor da L^* , pois ao final de 17 dias de armazenamento esta medida de cor manteve-se próxima àquela logo após o processamento.

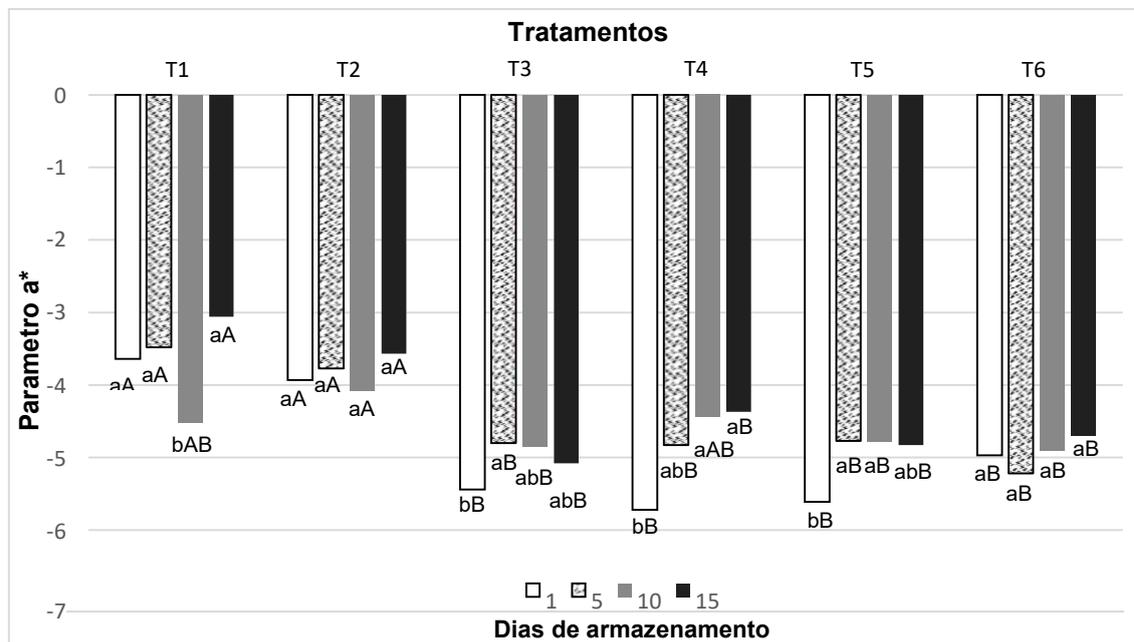
Comparando a eficiência dos tratamentos para evitar as reações de escurecimento enzimático e não enzimático, percebe-se que durante o armazenamento as batatas submetidas aos tratamentos que continham alguma concentração de MBS (T3, T4, T5 e T6) não diferiram estatisticamente entre si, apresentando-se significativamente mais claras do que as submetidas aos tratamentos sem aditivos (T1) ou com apenas ácido ascórbico (T2). Tais resultados estão de acordo com o esperado, uma vez que as batatas submetidas ao tratamento T1 estavam propensas ao escurecimento enzimático e não enzimático, enquanto que as submetidas ao tratamento T2 ao escurecimento não enzimático, devido ao ácido ascórbico ser eficaz apenas para inibir atividade da PPO (AYALA-ZAVALA, et al., 2011). Em contrapartida o MBS pode inibir ambas as reações de escurecimento (FAVERO; RIBEIRO; AQUINO, 2011). Resultados semelhantes aos revelados no presente trabalho foram encontrados por Chaethong e Pongsawatmanit (2015), nos quais o valor de L^* de pimentões secos imersos em soluções contendo alguma concentração de MBS atingiram valores significativamente mais elevados do que aqueles submetidos ao tratamento controle ou ao tratamento que continha apenas ácido cítrico.

A análise estatística multivariada mostrou que a concentração de MBS influenciou significativamente os valores de L^* no 10° e 15° dia de armazenamento e que não houve interação significativa entre o MBS e ácido ascórbico nesta variável de resposta. O efeito estimado encontrado para o MBS no 10° dia de armazenamento foi 9,61 e no 15° dia de armazenamento foi de 5,26. Portanto, o valor positivo do efeito linear indica que o aumento da concentração de MBS aumentou os valores de L^* , deixando as amostras de batatas mais claras.

4.4.2 Parâmetro de Cor a^*

O Gráfico 5 apresenta os resultados para o parâmetro de cor a^* , que no espaço de cores CIE $L^* a^* b^*$ varia do verde (-60) ao vermelho (+60) (BUCKLEY; GIORGIANNI, 2015).

Gráfico 5 - Resultados obtidos para o parâmetro a^* em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS + 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Aatoria Própria (2017)

É possível notar que todas as amostras apresentaram tendência ao verde. A coloração verde das batatas é resultante principalmente da síntese de clorofila, sendo afetada por diversos fatores, tais como, fermentos, exposição à luz, temperatura de armazenamento e condições de iluminação, bem como o cultivar (FERNANDES et al., 2011; GRUNENFELDER; HILLER; KNOWLES, 2006).

Durante o armazenamento houve variações significativas no parâmetro a^* das batatas processadas. No 10º dia, a amostra controle (T1) apresentou-se em torno de 29% mais verde do que os demais períodos de armazenamento. Nas amostras submetidas ao tratamento T3 observou-se redução da cor verde no 5º dia, no entanto no 10º e 15º dia os valores encontrados para a^* não diferiram estaticamente do 1º dia de armazenamento. As amostras submetidas ao tratamento T4 no 10º e 15º dia reduziram em aproximadamente 20% e 10% a coloração verde comparando com o 1º e 5º dia de armazenamento, respectivamente.

Independentemente de tais alterações, do mesmo modo que para o valor de L^* , as amostras que continuam alguma concentração de MBS (T3, T4, T5 e T6) não

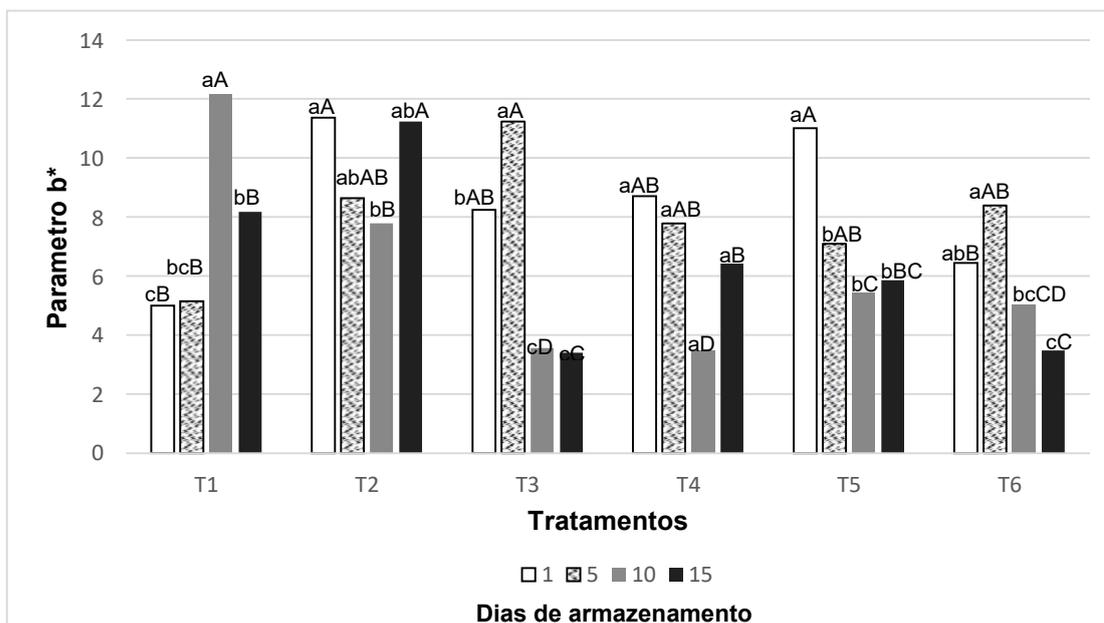
diferiram estatisticamente entre si, e apresentaram-se significativamente mais esverdeadas do que as submetidas aos tratamentos controle (T1) e ao com apenas ácido ascórbico (T2). Tais resultados comprovam que as batatas imersas em MBS permaneceram mais claras do que as demais, em função da ocorrência do escurecimento ter início com a coloração avermelhada (LOVATTO et al., 2012). Corroborando esta afirmação, Nunes, Boas e Xistos (2011) ao avaliarem o uso de antioxidantes na qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada, observaram valores a^* com maior tendência ao verde para os tratamentos mais efetivos em retardar o escurecimento.

Na análise de variância multivariada foi encontrado resultados significativos apenas para o MBS no 1°, 5° e 15° dia de armazenamento, não havendo interação significativa entre os fatores (MBS e ácido ascórbico) na variável de resposta a^* . O efeito estimado encontrado para o MBS no 1° dia de armazenamento foi -6,05, no 5° dia de armazenamento -13,95 e no 15° dia de armazenamento -4,87. Desta forma, o valor negativo do efeito linear indica que ao aumentar a concentração de MBS as amostras de batatas inclinaram-se para a cor verde, reduzindo a propensão ao escurecimento.

4.4.3 Parâmetro de Cor b^*

O Gráfico 6 apresenta os resultados para o parâmetro de cor b^* , que no espaço de cores CIE $L^* a^* b^*$ varia do azul (-60) ao amarelo (+60) (BUCKLEY; GIORGIANNI, 2015). A cor amarela clara da polpa após a cocção é uma característica intrínseca das batatas do cultivar Ágata (NUNES, 2017), no entanto, pode ser afetada pelas reações de escurecimento durante o processamento industrial, bem como pela degradação da clorofila durante o armazenamento (FERNANDES, 2013).

Gráfico 6 - Resultados obtidos para o parâmetro b* em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p<0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p<0,05$).

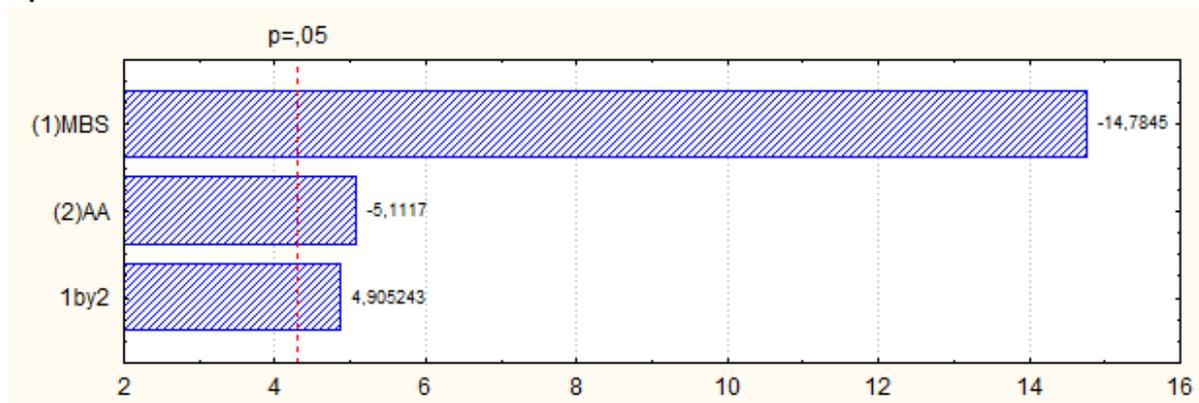
Fonte: Autoria Própria (2017)

Nota-se que durante o armazenamento a amostra controle (T1) aumentou significativamente a coloração amarela, enquanto que as batatas submetidas aos demais tratamentos mantiveram-se estáveis (T2 e T4) ou reduziram a tonalidade da cor (T3, T5 e T6). De acordo com Goyeneche et al. (2014), o acréscimo do valor de b* está relacionado com as reações de escurecimento. Os mesmos mencionaram em seu estudo que rabanetes minimamente processados submetidos ao tratamento controle aumentaram significativamente o valor de b* durante 10 dias de armazenamento. Comparando a eficiência dos tratamentos estudados, no 10º e 15º dia de armazenamento apenas a amostra controle (T1) e a amostra submetida à imersão em ácido ascórbico (T2) diferiu estatisticamente da amostra padrão industrial (T6), apresentando maiores valores de b*, ou seja, mais amarelas, em relação às demais batatas.

Na análise de variância multivariada observa-se no gráfico de Pareto (Gráfico 7) que no 10º dia de armazenamento o MBS e o ácido ascórbico influenciaram significativamente a variável de resposta b*, havendo interação significativa e positiva entre os fatores (MBS e ácido ascórbico). O efeito estimado encontrado para o MBS

foi - 14,78 e para o ácido ascórbico foi -5,11. Portanto, os valores negativos do efeito linear indicam que o aumento da concentração das variáveis independentes reduziu os valores de b^* , em que as batatas processadas tenderam a ficar mais distantes da cor amarela.

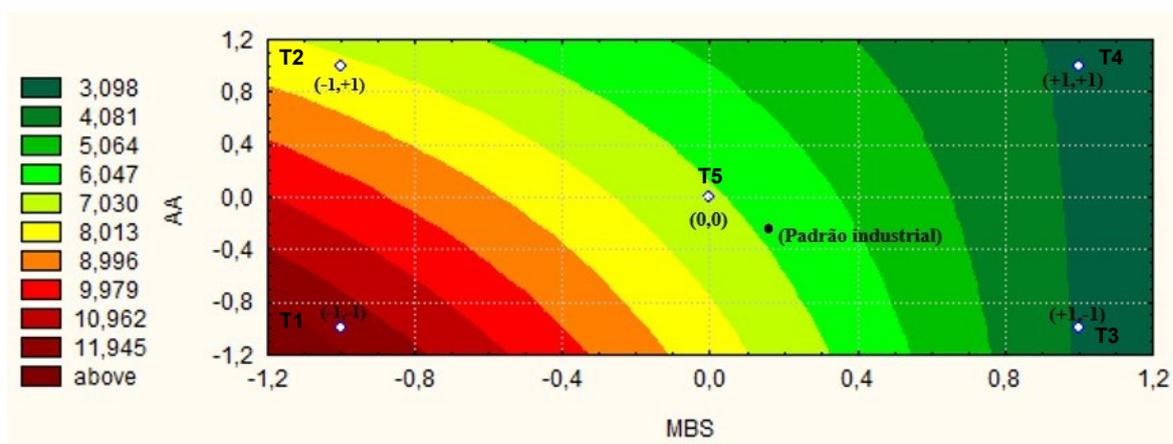
Gráfico 7 - Efeito das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta b^* no 10º dia de armazenamento



MBS: metabissulfito de sódio; AA: ácido ascórbico; 1by2: interação
Fonte: Autoria Própria (2017)

Na Figura 5, está apresentado a imagem da superfície de resposta gerada pelo *software* utilizado para o planejamento fatorial, observa-se que os resultados encontrados para amostra padrão industrial (ponto preto) apresentou-se mais próximo do ponto central (0,0). Desta forma, considerando o parâmetro de cor b^* o tratamento correspondente ao ponto central, seria o mais adequado para substituir o padrão, reduzindo a concentração de MBS no processamento de batatas.

Figura 5 - Superfície de resposta das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta b^* no 10º dia de armazenamento

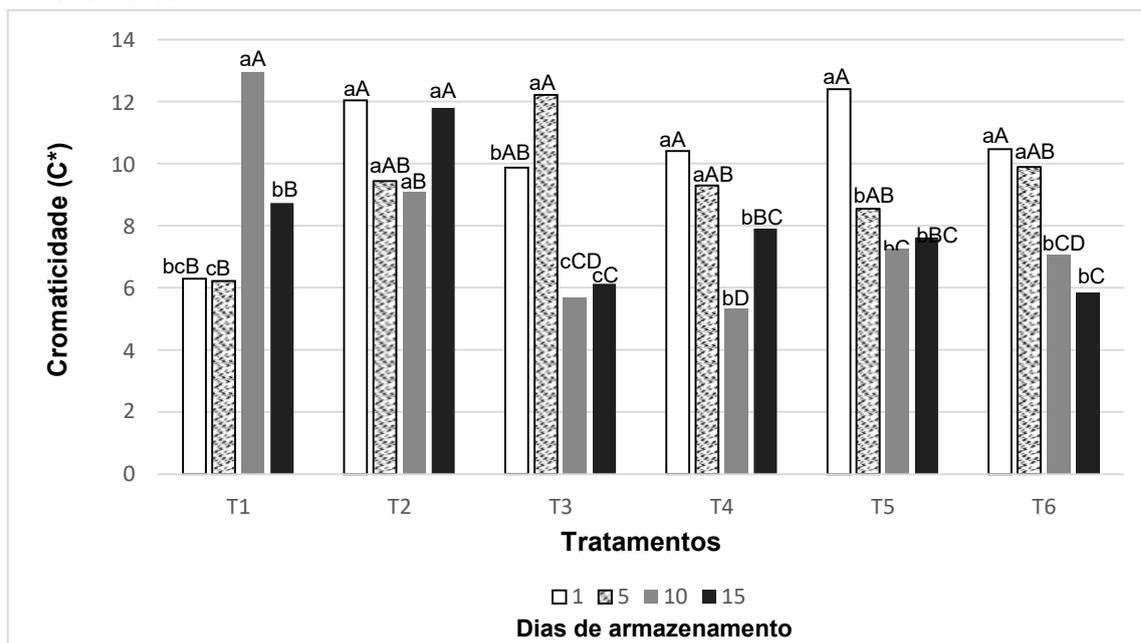


MBS: metabissulfito de sódio; AA: ácido ascórbico
Fonte: Autoria Própria (2017)

4.4.4 Cromaticidade (C*)

O Gráfico 8 apresenta os resultados obtidos para C*, referente a intensidade da coloração, por isso, quanto maior o valor de C* mais intensa é a cor (VASCONCELOS et al., 2015).

Gráfico 8 - Resultados obtidos para a Cromaticidade em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria Própria (2017)

As batatas submetidas aos tratamentos T3, T4, T5 e T6 apresentaram os menores valores de C* no 10° e 15° dia de armazenamento comparando – os com os tratamentos T1 e T2 no mesmo período. Desta forma, pode-se inferir que há menos pigmentação em batatas tratadas com MBS, em função da sua propriedade descolorante e branqueador (VANIÉR et al., 2015). Trata-se de outra evidência da eficácia destes tratamentos em inibir ou retardar as reações de escurecimento. Resultados semelhantes foram relatados por Kim e Hung (2014) ao estudaram diferentes combinações de soluções no escurecimento enzimáticos de maçãs,

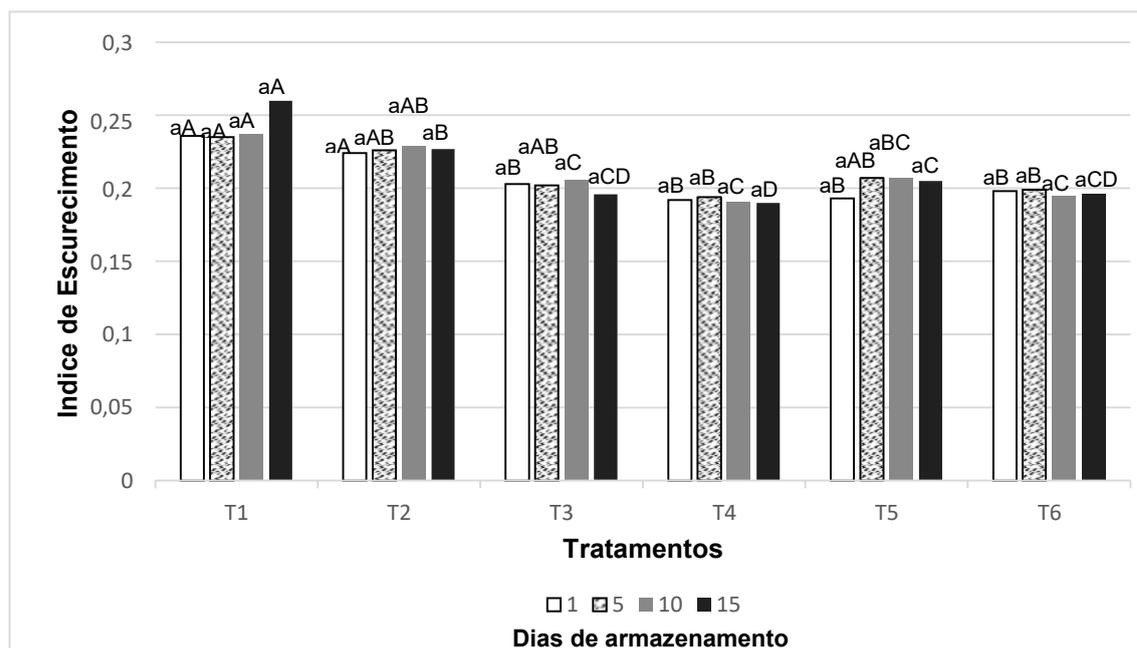
mostrando que os tratamentos que continham MBS resultaram em maçãs com menores valores de C*.

A análise de variância multivariada revelou que no 10º dia de armazenamento houve influência significativa ($p < 0,05$) do teor de MBS e ácido ascórbico na variável de resposta C*, porém não houve interação significativa entre os dois compostos. O efeito estimado encontrado para o MBS foi -12,71 e para o ácido ascórbico foi -4,89. Desta maneira, os valores negativos do efeito linear indicam que o aumento da concentração das variáveis independentes reduziu os valores de C*, ou seja, a intensidade da coloração em batatas processadas industrialmente.

4.5 ÍNDICE DE ESCURECIMENTO

Aliado a cor, o índice de escurecimento é um segundo parâmetro de qualidade para mensurar o efeito dos tratamentos químicos em alimentos suscetíveis as reações de escurecimento. O efeito dos tratamentos estudados no índice de escurecimento das batatas processadas está demonstrado no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Índice de escurecimento em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabisulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS + 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria Própria (2017)

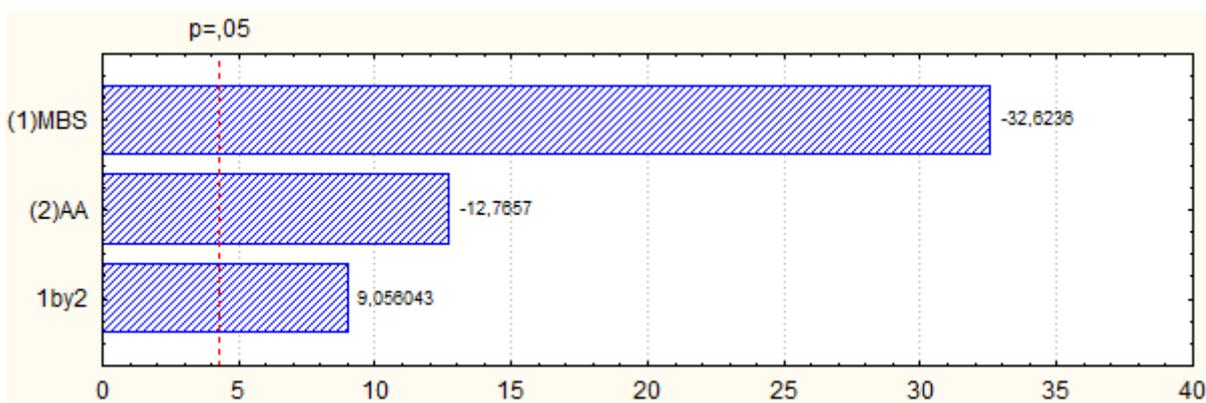
Corroborando com os valores encontrados para L^* , nota-se que independente do tratamento empregado não houve variação no índice de escurecimento das batatas durante o período de armazenamento. Trata-se de uma segunda indicação de que o escurecimento das batatas processadas ocorre especificamente durante o processamento. Resultados opostos foram descritos por Javdani, Ghasemnezhad e Zare (2013) ao avaliarem o efeito do tratamento térmico ($50\text{ }^{\circ}\text{C } 2\text{ min}^{-1}$) e do ácido ascórbico (1% m/v) no controle do escurecimento enzimático em cortes frescos de maçã, em que o índice de escurecimento aumentou gradualmente ao longo de 12 dias de armazenamento. Jiang et al. (2016), do mesmo modo relataram aumento significativo no índice de escurecimento de suco de pêra tratados com diferentes concentrações de ácido ascórbico, durante 24 h de armazenamento.

As batatas submetidas ao tratamento controle (T1) apresentaram os maiores índices de escurecimento durante todo o armazenamento, sendo significativamente superior ao padrão industrial (T6). As amostras tratadas com apenas ácido ascórbico (T2) somente foram similares ao padrão industrial (T6) no 5º dia de armazenamento. No entanto, as batatas que foram imersas em solução contendo alguma concentração

de MBS (T3, T4 e T5) apresentaram índices de escurecimento estatisticamente similares ao padrão industrial (T6) durante o período de armazenamento. Desta forma, tais tratamentos poderiam ser utilizados para reduzir a concentração de MBS no processamento industrial de batatas. Resultados equivalentes foram encontrados por Tan et al. (2015) ao avaliarem a eficácia do ácido ascórbico e do MBS na redução do escurecimento em água de coco verde submetida a um processamento térmico elevado, observaram que o índice de escurecimento foi significativamente menor nas amostras tratadas com MBS. Da mesma forma, Egwim, Gajere e Bello (2013) demonstraram que inhame tratado por imersão em solução contendo MBS, possuíam menor índice de escurecimento do que aqueles tratados com apenas ácido ascórbico.

Observou-se, ao realizar a análise estatística multivariada que no 1º e 5º dia de armazenamento o MBS atuou significativamente no índice de escurecimento, bem como não houve interação significativa entre os fatores. No 1º dia de armazenamento o efeito estimado encontrado para o MBS foi -4,58 e no 5º dia foi -7,81. No 15º dia de armazenamento verificou-se que tanto o MBS quanto o ácido ascórbico influenciaram a variável de resposta índice de escurecimento, tal como a interação entre os fatores (MBS e ácido ascórbico). No gráfico de Pareto (Gráfico 10), percebe-se que o efeito estimado encontrado para o MBS foi -32,62 e para o ácido ascórbico foi -12,76. Deste modo, os valores negativos do efeito linear indicam que o aumento da concentração das variáveis independentes reduziu o índice de escurecimento das batatas processadas.

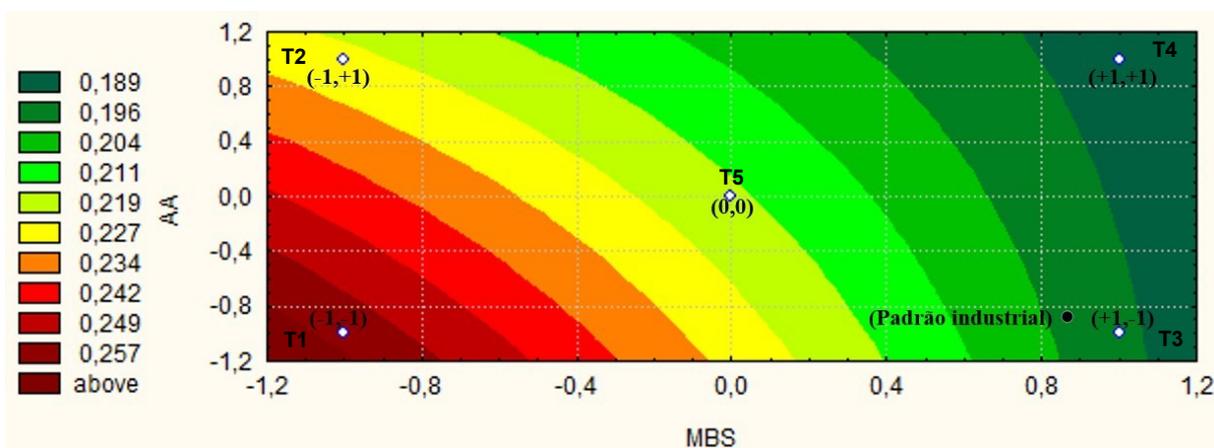
Gráfico 10 - Efeito das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de escurecimento no 15º dia de armazenamento



MBS: metabissulfito de sódio; AA: ácido ascórbico; 1by2: interação
 Fonte: Autoria Própria (2017)

Ao se analisar a superfície de resposta gerada para as variáveis MBS e ácido ascórbico em função da variável de resposta índice de escurecimento (Figura 6), é possível identificar que os resultados obtidos para as amostras padrão industrial (ponto preto) apresentou-se mais próximo do ponto +1,-1, assim sendo, considerando o índice de escurecimento como parâmetro de qualidade o tratamento correspondente ao referido ponto (+1,-1), seria o mais indicado para reduzir a concentração de MBS no processamento industrial de batatas.

Figura 6 - - Superfície de resposta das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de escurecimento no 15º dia de armazenamento



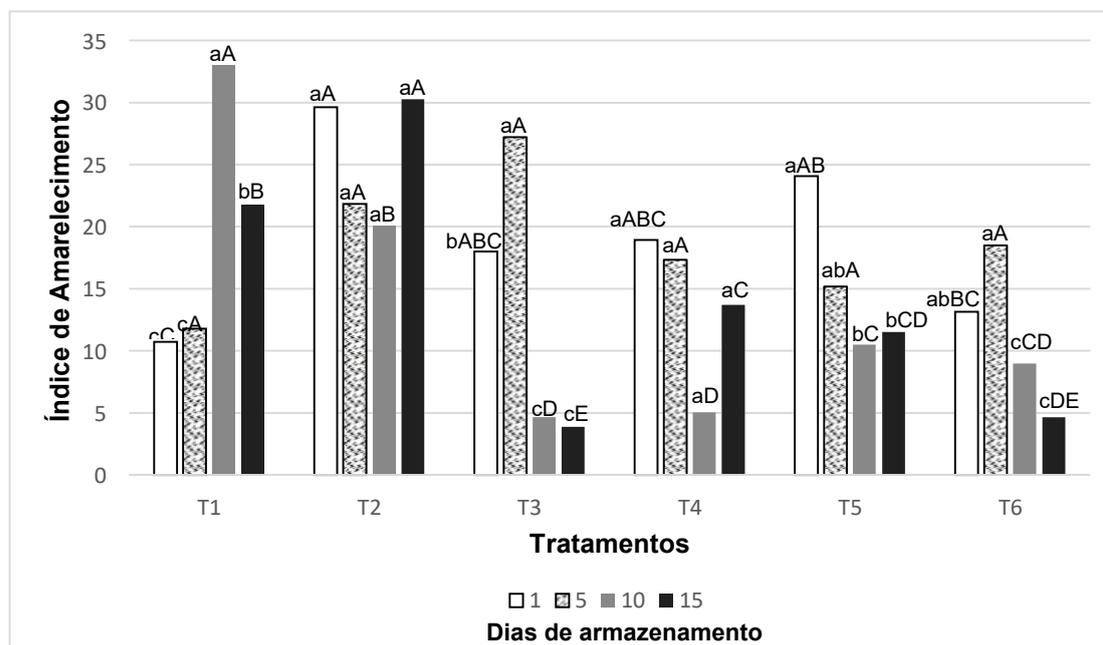
MBS: metabissulfito de sódio; AA: ácido ascórbico

Fonte: Autoria Própria (2017)

4.6 ÍNDICE DE AMARELECIMENTO

Outro parâmetro de qualidade associado com as reações de escurecimento é o índice de amarelecimento, apresentado no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Índice de amarelecimento em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabisulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS + 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

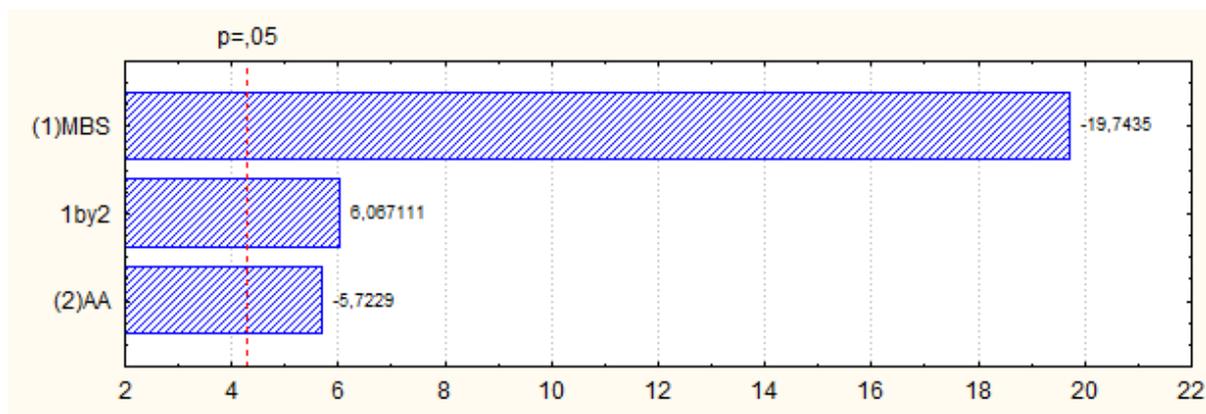
Fonte: Autoria Própria (2017)

Assim como a coordenada de b^* , durante o armazenamento apenas as batatas submetidas ao tratamento controle (T1) tiveram acréscimo significativo no índice de amarelecimento, as submetidas aos tratamentos T2 e T4 mantiveram-se estáveis e as submetidas aos tratamentos T3, T5 e T6 apresentaram comportamento decrescente. Fernandes et al. (2014), observaram declínio significativo no índice de amarelecimento de batatas minimamente processadas tratadas com ácido ascórbico e cítrico ao longo do período de 8 dias de armazenamento. No 10º e 15º dia de armazenamento a amostra controle (T1) e a submetida à imersão em ácido ascórbico (T2) tiveram índice de amarelecimento estatisticamente superior a amostra padrão industrial (T6), tornando esses tratamentos inadequados para reduzir a concentração de MBS no processamento industrial de batatas, visto que ao utiliza-los reduziria também a qualidade do produto final.

Na análise de variância multivariada encontrou-se resultados significativos para ambos os fatores estudados (MBS e ácido ascórbico), bem como para interação entre eles, no 10º dia de armazenamento. No gráfico de Pareto (Gráfico 12), temos

que o efeito estimado encontrado para o MBS foi de -17,74 e para o ácido ascórbico foi -5,72. Deste modo, os valores negativos do efeito linear indicam que o aumento da concentração das variáveis independentes reduziu o índice de amarelecimento das batatas processadas.

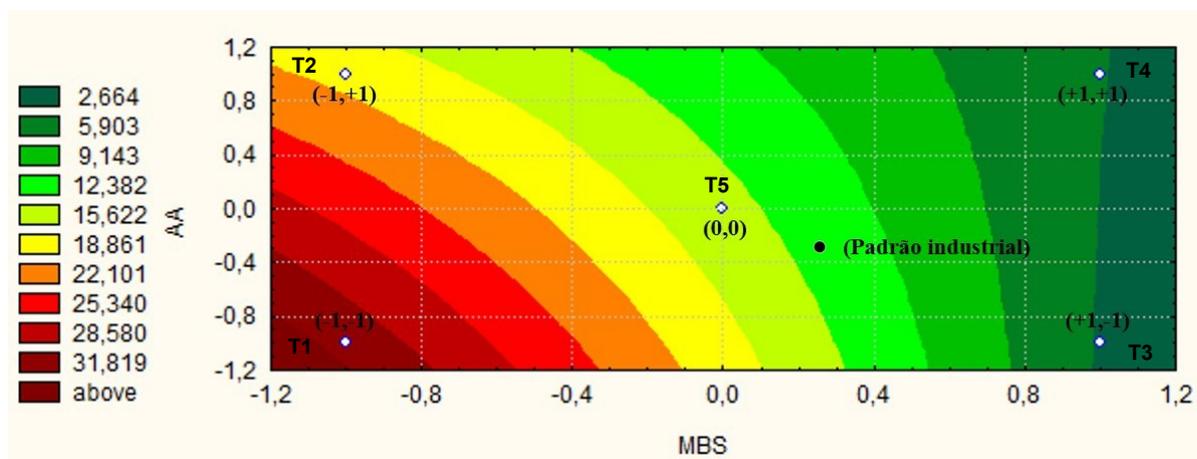
Gráfico 12 - Efeito das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de amarelecimento no 10º dia de armazenamento



MBS: metabissulfito de sódio; AA: ácido ascórbico; 1by2: interação
Fonte: Autoria Própria (2017)

Na superfície de resposta gerada (Figura 7), observa-se que a amostra padrão industrial (ponto preto) apresentou-se mais próximo do ponto central (0,0). Desta forma considerando o parâmetro de qualidade índice de amarelecimento o tratamento corresponde ao ponto central, seria o mais adequado para substituir o padrão, reduzindo a concentração de MBS no processamento de batatas.

Figura 7 - Superfície de resposta das variáveis metabissulfito de sódio e ácido ascórbico na variável de resposta índice de amarelecimento no 10º dia de armazenamento

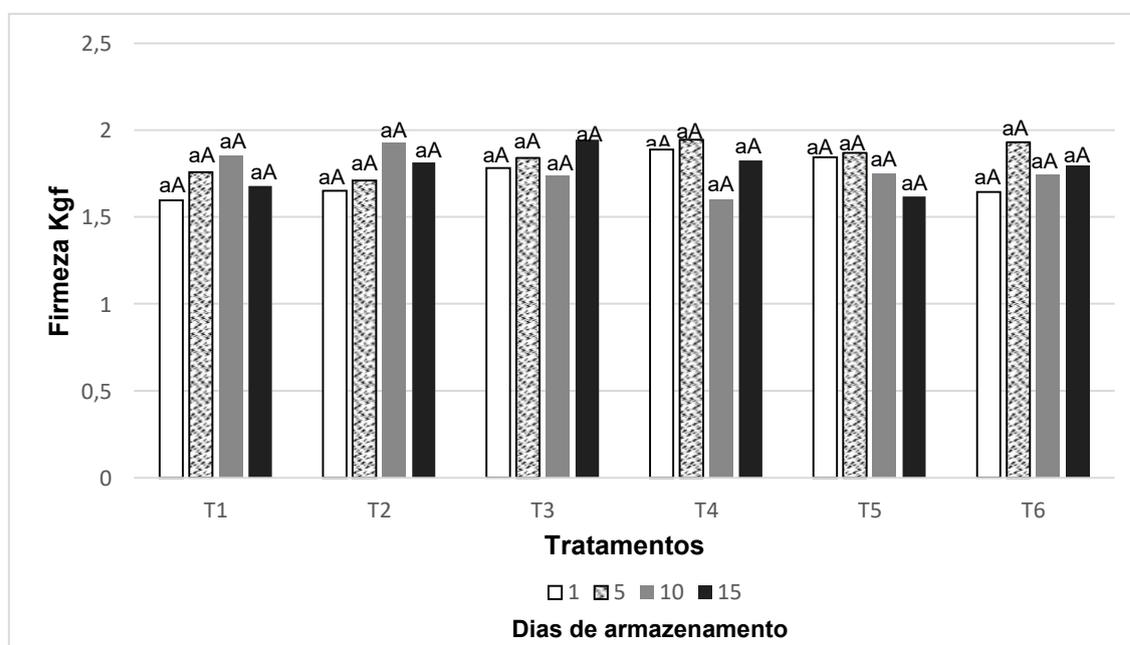


MBS: metabissulfito de sódio; AA: ácido ascórbico
Fonte: Autoria Própria (2017)

4.7 FIRMEZA INSTRUMENTAL

Similarmente ao parâmetro de cor, a firmeza dos alimentos fornece informações importantes sobre a qualidade do produto final (ZHANG et al., 2016), uma vez que refere-se a resistência de penetração com ruptura, sendo indicativo de dureza ao mastigar e resistência mecânica durante o transporte e comercialização (LUCAS, 2014). Os resultados para este parâmetro de qualidade nas batatas processadas encontram-se no Gráfico 13

Gráfico 13 - Firmeza (Kgf) em batata processada tratadas por métodos isolados e combinados de metabisulfito de sódio e ácido ascórbico durante o armazenamento



T1: -100% de MBS; T2: -100% de MBS + 0,5% ácido ascórbico; T3: -50% de MBS; T4: -50% de MBS+ 0,5% de ácido ascórbico; T5: -75% de MBS + 0,25% de ácido ascórbico; T6: Padrão industrial. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para o mesmo tratamento durante o armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria Própria (2017)

A Firmeza das batatas processadas nesse estudo não foi afetada significativamente pelos antioxidantes MBS e ácido ascórbico, já que os tratamentos que os continham (T2, T3, T4, T5 e T6), não diferiram estatisticamente do tratamento controle (T1), bem como não foi afetada pelo período de armazenamento. De maneira similar, Fonseca (2007), relatou em seu estudo que a firmeza de cubos de batatas não

foi afetada pelos tratamentos contendo diferentes concentrações de MBS e ácido cítrico e nem pelo tempo de armazenamento.

A estabilidade da firmeza nas batatas processadas durante o armazenamento pode estar associada ao uso da embalagem a vácuo, dado que segundo Pineli et al. (2005) batatas sob vácuo parcial apresentam menor tensão de oxigênio na embalagem e não apresentaram variações na firmeza. Característica importante, visto que a redução desse parâmetro de qualidade pode estar associada a contaminações microbiológicas, degradação do amido, perda de turgescência e danos mecânicos, fatores que limitam a vida útil do produto (LUCAS, 2014).

Do mesmo modo que na análise de variância univariada, na análise multivariada, não foram encontrados valores significativos a nível de 5% de significância ($p < 0,05$) para a firmeza, indicando que a concentração de MBS, bem como de ácido ascórbico não influenciaram os resultados desse parâmetro de qualidade.

4.8 CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂) RESIDUAL

Avaliando conjuntamente a análise estatística univariada com a multivariada para todas as variáveis de resposta (sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, cor instrumental, índice de escurecimento, índice de amarelecimento e firmeza instrumental) conclui-se que o tratamento T3 (+1, -1) e T5 (0,0) foram os potenciais substitutos do tratamento T6 (padrão industrial), visando a redução da concentração de MBS no processamento industrial de batatas. O tratamento T5 apresentou 56,9 ppm de SO₂ residual e o T3 96,5 ppm de SO₂ residual, possibilitando a redução de 74% e 57% da concentração SO₂ residual na produção de batatas, respectivamente. Ambos os tratamentos (T3 e T5) apresentaram concentração de SO₂ residual dentro do limite máximo (100 ppm) permitido em batatas segundo a RDC N° 8, de 06 de março de 2013 (BRASIL, 2013).

Considerando que o tratamento T5 (0,0) referiu-se ao maior percentual de redução de MBS no processamento industrial de batatas, este foi selecionado como potencial substituto do tratamento padrão.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo minimizar a concentração de MBS utilizado no processamento de batatas (descascadas, cozidas a vapor, esterilizadas e embaladas a vácuo), visando um produto final de qualidade e com menor quantidade de conservantes.

Ao se avaliar o efeito das diferentes concentrações de MBS e ácido ascórbico na qualidade final das batatas processadas industrialmente, concluiu-se que tais antioxidantes não afetaram o teor de sólidos solúveis totais, a acidez total titulável e a firmeza do alimento; no entanto, influenciaram significativamente o pH, a cor, o índice de escurecimento e o índice de amarelecimento das batatas.

A partir dos resultados referidos para cada variável de resposta para ambos os tratamentos estatísticos concluiu-se que o tratamento T5 (0,0) foi o potencial substituto do tratamento T6 (padrão industrial), possibilitando a redução de 74% da concentração SO_2 residual na produção industrial de batatas.

O estudo desenvolvido, trouxe contribuições positivas para o meio acadêmico e industrial, possibilitando o trabalho em conjunto das duas organizações em prol da necessidade de reduzir a concentração de MBS no processamento de batata, minimizando desta forma, os problemas que afetam diretamente a sociedade. Para o meio acadêmico, este trabalho deixa a oportunidade do desenvolvimento de trabalhos sucessivos uma vez que, a partir das informações geradas no planejamento fatorial, foi possível ajustar a faixa de trabalho dos antioxidantes estudados, permitindo estudos de para otimização das respostas. Para a indústria os resultados encontrados foram considerados excelentes, devido à possibilidade de reduzir a concentração de SO_2 residual. No entanto, a substituição do tratamento de imersão na linha de produção só ocorrerá se as batatas submetidas aos tratamentos estudados apresentarem vida útil de no mínimo seis meses.

REFERÊNCIAS

- AERTS, O.; et al. Sodium metabisulfite in blue jeans: an unexpected cause of textile contact dermatites. **Contact Dermatitis**, v. 70, n. 3, p. 183–192, 2014.
- ALBUQUERQUE, L. F. **Estudo da oxidação do metabissulfito de sódio contido no efluente da carcinicultura**. 2005. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2005.
- ALENCAR, S. M.; KOBLITZ, M. G. B. Oxirredutases. In: KOBLITZ, M. G. B. (coord). **Bioquímica de Alimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 125-152 p.
- ALI, H. M.; et al. Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 6, p. 3651-3659, 2015.
- ALI, H. M.; et al. The role of various amino acids in enzymatic browning process in potato tubers, and identifying the browning products. **Food Chemistry**, v. 192, n. 1, p. 879-885, 2016.
- AMARAL, R. D. A. **Efeito de inibidores de escurecimento na qualidade de batatas minimamente processadas**. 2015. 184 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.
- AMIOUR, S. D.; HAMBABA, L. Effect of pH, temperature and some chemicals on polyphenoloxidase and peroxidase activities in harvested Deglet Nour and Ghars dates. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, n. 1, p. 77-82, 2016.
- AMORIM, A. M.; NASCIMENTO, K. O. Caracterização do perfil de consumidores de alimentos minimamente processados. **Nutrição Brasil**, v. 10, n. 6, p. 347-353, 2011.
- ANDRADY, A. L.; TORIKAI, A. Photoyellowing of mechanical pulps III. Intensity effects and doseresponse relationships. **Polymer Degradation and Stability**, v. 66, n. 3, p. 317-322, 1999.

ANDRE, C. M.; et al. Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 2, p. 366–378, 2007.

ANGUMEENAL, A. R.; VENKAPPAYYA, D. An overview of citric acid production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 367-370, 2013.

ARAÚJO J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2010. 596 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 478 p.

ASHOR, A. W.; et al. Effect of vitamin C on endothelial function in health and disease: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Atherosclerosis**, v. 235, n. 1, p. 9-20, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA (ABBA). **Batata Brasil: Variedades**. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/variedades.asp>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

AYALA-ZAVALA, J. F.; et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1866–1874, 2011.

BARCIA, M. T.; et al. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 381-390, 2010.

BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 63, n. 1, p. 129-140, 2012.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1997. 119-120 p.

BHARATE, S.; BHARATE, S. B. Non-enzymatic browning in citrus juice: chemical markers, their detection and ways to improve product quality. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2271–2288, 2014.

BRASIL, **Resolução Da Diretoria Colegiada – RDC ANVISA/MS nº 8, de 06 de**

março de 2013. Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó. Disponível em: <http://www.ivegetal.com.br/cvegetal/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Marca%C3%A7%C3%A3o%20ou%20Rotulagem/_Resolu%C3%A7%C3%A3o%20RDC%20n%C2%BA%208%20de%2006%20de%20mar%C3%A7o%20de%202013.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2017.

BUCKLEY, R. R.; GIORGIANNI, E. J. CIELAB for color image encoding (CIELAB, 8-Bit; Domain and Range, Uses). **Encyclopedia of Color Science and Technology**, v. 14, n.1, p. 1-9, 2015.

CABEZAS-SERRANO, A. B.; et al. Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, n. 3, p. 138-144, 2009.

CANTERI, M. H. G.; et al. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n. 2, p.18-24, 2001.

CENCI, S. A. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. 144 p.

CHAETHONG, K. PONGSAWATMANIT, R. Influence of sodium metabisulfite and citric acid in soaking process after blanching on quality and storage stability of dried chili. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 2161–2170, 2015.

CHAICOUSKI, A.; et al. Análise de cor, atividade de água e sólidos solúveis totais em extratos de erva-mate (*Ilex Paraguariensis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 43-49, 2014.

CHANG, T. S. An updated review of tyrosinase inhibitors. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 10, n. 6, p. 2440–2475. 2009.

CHIUMARELLI, M.; et al. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Food Science and Emerging Technologies**, v. 12, n. 3, p. 381-387, 2011.

COELHO, A. H. R.; VILELA, E. R.; CHAGAS, S. J. de R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e

de amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 4, p. 899-910, 1999.

EGWIM, E. C.; GAJERE, Y.; BELLO, T. Evaluation of ascorbic acid and sodium metabisulphite as inhibitors of browning in yam (*D. Rotundata*) flour processing. **Food Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 247-260, 2013.

ERBAS, M.; et al. Effect of sodium metabisulfite addition and baking temperature on Maillard reaction in bread. **Journal of Food Quality**, v. 35, n. 2, p. 144-151, 2012.

FAVERO, D. M.; RIBEIRO, C. S. G.; AQUINO, A. D. Sulfitos: importância na indústria alimentícia e seus possíveis malefícios à população. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 1, p. 11-20, 2011.

FELTRAN, J. C. **Determinação das características agrônômicas dos distúrbios fisiológico, do estado nutricional da planta e da qualidade dos tubérculos em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2002.

FERNANDES, A. M.; et al. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010.

FERNANDES, A. M.; et al. Produtividade e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata produzidos na safra de inverno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 502-508, 2011.

FERNANDES, L. S. **Caracterização física, físico-química e bioquímica de batata Baroa minimamente processada**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013.

FERNANDES, L. S.; et al. Efeito de antioxidantes sobre o escurecimento de batatas Baroa minimamente processadas. **Engenharia na agricultura**, v. 22, n. 3, p. 195-204, 2014.

FONSECA, R. R. **Determinação das características físico-químicas e de qualidade de batatas minimamente processadas submetidas a tratamentos com ácido cítrico e metabissulfito de sódio**. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Universidade Federal da Bahia.

Salvador, 2007.

FONTES, L. C. B.; et al. Efeito de antioxidantes na prevenção de escurecimento enzimático de batata-doce (*Ipomoea Batatas*) e inhame (*Dioscorea spp*). **Publicatio UEPG**, v. 15, n. 3, p. 167-174, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS – FAO. **Statistical Pocketbook: World food and agriculture**, Rome, 2015. 236 p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. **Code of Federal Regulations Title 21: Seção 130.9 sulfitos em alimentos padronizados**, 24 de março de 1998, revisada em 1 de abril de 2015.

FURLANETO, K. A.; et al. Qualidade de batata cv. Ágata influenciada por diferentes concentrações de adubação potássica. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 15, n. 2, p. 187-192, 2014.

GARCIA, E. L. **Composição dos tubérculos, extração e caracterização de amidos de diferentes cultivares de batata**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2013.

GARCIA, E. L.; et al. Potencialidade de processamento industrial de cultivares de batatas. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1742-1747, 2015.

GARCIA-GAVÍN, J.; PARENTE, J.; GOOSSENS, A. Allergic contact dermatites caused by sodium metabisulfite: a challenging allergen. A caseseries and literature review. **Contact Dermatitis**, v. 67, n. 5, p. 260-269, 2012.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 2009. 511 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

GOLDFEIN, K. R.; SLAVIN, J. L. Why sugar is added to food: food science101. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 5, p. 644-656, 2015.

GOLON, A.; KUHNERT, N. Unraveling the Chemical Composition of Caramel. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 60, p. 3266-3274, 2012.

GOYENECHE, R.; et al. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, n. 1, p. 106-113, 2014.

GRUNENFELDER, L.; HILLER, L. K.; KNOWLES, N. R. Color indices for the assessment of chlorophyll development and greening of fresh market potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, n. 1, p. 73–81, 2006.

HAASE, N. U. Healthy aspects of potatoes as part of the human diet. **Potato Research**, v. 51, n. 3, p. 239-258, 2008.

HUANG, Y.; CHEN, H. Effect of organic acids, hydrogen peroxide and mild heat on inactivation of Escherichia coli O157:H7 on baby spinach. **Food Control**, v. 22, n. 8, p. 1178–1183, 2011.

HUNTERLAB. **Color Measurement of Translucent Materials**. Hunter Associates Laboratory, Incorporated 9529. Lee Highway, Fairfax Va. 22030, USA. 1978.

HU, Y.; et al. Purification and partial characterization of peroxidase from lettuce stems. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 11, p. 2752-2756, 2012.

HU, Y. H.; et al. Inhibitory kinetics of chlorocinnamic acids on mushroom tyrosinase. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 117, n. 2, p. 142-146, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JAEGER, H.; JANOSITZ, A.; KNORR, D. The Maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging Technologies. **Pathologie Biologie**, v. 58, n. 3, p. 207-213, 2010.

JANG, J. H.; MOON, K. D. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 444–449, 2011.

JAVDANI, Z.; GHASEMNEZHAD, M.; ZARE, S. A comparison of heat treatment and ascorbic acid on controlling enzymatic browning of fresh-cuts apple fruit. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 5, n. 3, p. 186-193, 2013.

JAY, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. 6. ed. São Paulo: Artmed, 2005. 711 p.

JIANG, G. H.; et al. Enzymatic browning inhibition and antioxidant activity of pear juice from a new cultivar of Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Sinhwa) with different concentrations of ascorbic acid. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 1, p. 153-158, 2016.

JUNIOR, H. S.; et al. Determinação colorimétrica de metabissulfito. **Eclética Química**, v. 35, n. 3, p. 133-139, 2010.

KARANGWA, E.; et al. Effect of substrate type on sensory characteristics and antioxidant capacity of sunflower Maillard reaction products. **European Food Research and Technology**, v. 240, n. 5, p. 939-960, 2015.

KIM, M. J.; HUNG, Y. C. Effect of alkaline electrolyzed water as an inhibitor of enzymatic browning in red delicious apples. **Journal of Food Biochemistry**, v. 38, n. 6, p. 542-550, 2014.

LANDI, M.; et al. Role of ascorbic acid in the inhibition of polyphenol oxidase and the prevention of browning in different browning-sensitive *Lactuca sativa* var. capitata (L.) and *Eruca sativa* (Mill.) stored as fresh-cut produce. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 93, n. 8, p. 1814-1819, 2013.

LIN, M.; et al. Inhibitory effects of p-alkylbenzoic acids on the activity of polyphenol oxidase from potato (*Solanum tuberosum*). **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 660-663, 2010.

LIU, R. H. Health-Promoting components of fruits and vegetables in the diet. **Advances in Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 3845-3925, 2013.

LOANNOU, I.; GHOUL, M. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. **European Scientific Journal**, v. 9, n. 30, p. 310-341, 2013.

LOVATTO, M. T.; et al. Processamento mínimo de tubérculos de batata de baixo valor comercial. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 258-265, 2012.

LUCAS, H. I. S. **Avaliação química, física e reológica de frutos de genótipos de tomateiro de acessos tradicionais frescos e refrigerados**. 2014. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia alimentar, Instituto Politécnico de Santarém, Santarém, 2014.

LÜCK, E.; JAGER, M. **Sulfur Dioxide**, Chapter 12 in: Antimicrobial Food Additives – characteristics, uses, effects. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1997. 260 p.

LUIS, G.; et al. Comparative study of the mineral composition of several varieties of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from different countries cultivated in Canary Islands (Spain). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 4, p. 774–780, 2011.

MACEDO, G. A.; et al. **Bioquímica experimental de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Varela, 2005. 187 p.

MACHADO, R. M. D.; TOLEDO, M. C. F.; VICENTE, V. Sulfitos em Alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 265-275, 2006.

MAFFEI, D. F. **Vegetais minimamente processados prontos para o consumo: influência da etapa de desinfecção na inativação de *Salmonella Typhimurium*, na ocorrência da contaminação cruzada e na avaliação quantitativa de risco microbiológico em relação a este patógeno**. 2016. 129 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

MARANGONI, A. G. **Low-temperature sweetening in potato tubers**. In: Kinetic Analysis of Food Systems. 1. ed. United States: Springer International Publishing, 2017. 79-89 p.

MIN, K.; GAO, H.; MATYJASZEWSK, K. Use of Ascorbic Acid as Reducing Agent for Synthesis of Well-Defined Polymers by ARGET ATRP. **Macromolecules**, v. 40, n. 6, p. 1789–1791, 2007.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE. 2007. 531 p.

MOSNEAGUTA, R. **The effect of chemical preservatives on inhibition of potato browning, volatile organic compounds profile, and microbial inhibition**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, The Ohio State University. Columbus. 2012.

MURNIECE, I.; et al. Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties depending on traditional cooking methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 4, p. 699–710, 2011.

NAGATO, L. A. F.; et al. Verificação do método Monier-Williams otimizado na determinação de dióxido de enxofre em sucos de frutas, água de coco e cogumelo em conserva. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 72, n. 1, p. 28-40, 2013.

NANTES, J. F. D.; LEONELLI, F. C. V. A estruturação da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados. **Revista FAE**, v. 3, n. 3, p. 61-69, 2000.

NASCIMENTO, A. P. S.; et al. Efeitos da relação tempo/temperatura e concentração/pH na reação de Maillard em diferentes açúcares. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2015.

NASCIMENTO, K. O.; et al. Alimentos minimamente processados: uma tendência de mercado. **Acta Tecnológica**, v.9, n.1, p.48-61, 2014.

NASCIMENTO, P. A. M. **Determinação de sólidos solúveis e firmeza em frutos íntegros de pessegueiro por meio da espectroscopia do infravermelho próximo (NIR)**. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. Araraquara, 2015. .

NUNES, E. E.; BOAS, E. V. B. V.; XISTO, A. L. R. P. Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: Uso de antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 43-50, 2011.

NUNES, J. G. S. **Crescimento, produtividade e qualidade de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) em função da aplicação de reguladores vegetais**. 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2017.

OJEDA, G. A.; SGROPPO, S. C.; ZARITIZKI, N. E. Application of edible coatings in minimally processed sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) to prevent enzymatic browning. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 3, p. 876-883, 2014.

OLIVEIRA, T. M.; et al. Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n.1, p. 117-128, 2008.

PATRIGNANI, F.; et al. Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 46, n. 2, p. 311-319, 2015.

PETRI, E.; et al. Effect of preservative agents on the respiration rate of minimally processed potato (*Solanum tuberosum* cv. Monalisa). **Journal of Food Science**, v. 73, n. 3, p. 122-126, 2008.

PINELI, L. L. O.; et al. Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 10, p. 1035-1041, 2005.

PINELI, L. L. O.; et al. Caracterização química e física de batatas Ágata e Monalisa minimamente processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 127-134, 2006.

PRÉSTAMO, G.; MANZANO, P. Peroxidases of selected fruits and vegetables and the possible use of ascorbic acid as an antioxidant. **HortScience**, v. 28, n. 1, p. 48-50, 1993.

QUADROS, D. A. **Qualidade da batata, *Solanum Tuberosum* L., cultivada sob diferentes doses e fontes de potássio e armazenada em temperatura ambiente**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

RAGAERT, P.; et al. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 3, p. 259–270, 2004.

RAMOS, B.; et al. Fresh fruits and vegetables-An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2013.

REMORINI, D.; et al. Effect of chlorine dioxide and ascorbic acid on enzymatic browning and shelf life of fresh-cut Red Delicious and Granny Smith apples. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 2925–2934, 2015.

RIBEIRO, R. C.; et al. Consumer behavior and the effects of the supply of french cultivars of potatoes. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2, p. 308-318, 2016.

SADLER, G. D.; MURPHY, P. A. **pH and Titratable Acidity**. In: Food Analysis. 1. ed. United States: Springer Science+Business Media, LLC, 2010. 219-238 p.

SANTOS, M. I.; et al. Evaluation of minimally processed salads commercialized in Portugal. **Food Control**, v. 23, n. 1, p. 275-281, 2012.

SCHULBACH, K. F.; et al. Polyphenol Oxidase Inhibitor from Blue Mussel (*Mytilus edulis*) Extract. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 3, p. 425-431, 2013.

SGROPPO, S. C.; VERGARA, L. E.; TENEV, M. D. Effects of sodium metabisulphite and citric acid on the shelf life of fresh cut sweet potatoes. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 3, p. 686-693, 2010.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v. 24 n. 6, p. 895-904, 2011.

SHIN, E. H.; BAIK, M. Y.; KIM, H. S. Comparison of physicochemical properties of starches and parenchyma cells isolated from potatoes cultivated in Korea. **Food Science and Biotechnology**, v. 24, n. 3, p. 955-963, 2015.

SILLANI, S.; NASSIVERA, F. Consumer behavior in choice of minimally processed vegetables and implications for marketing strategies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 46, n. 2, p. 339-345, 2015.

SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009.

STOHS, S. J.; MILLER, M. J. S. A case study involving allergic reactions to sulfur-containing compounds including, sulfite, taurine, acesulfame potassium and sulfonamides. **Food and Chemical Toxicology**, v. 63, n.1, p. 240-243, 2014.

SUKHONTHARA, S.; KAEWKA, K.; THEERAKULKAIT, C. Inhibitory effect of rice bran extracts and its phenolic compounds on polyphenol oxidase activity and browning in potato and apple puree. **Food Chemistry**, v. 190, n. 1, p. 922-927, 2016.

TAN, T. C.; ALKARKHI, A. F. M.; EASA, A. M. Assessment of the ribose-induced maillard reaction as a means of gelatine powder identification and quality control. **Food Chemistry**, v. 134, n. 4. p. 2430-2436, 2012.

TAN, T. C.; et al. Effectiveness of ascorbic acid and sodium metabisulfite as anti-browning agent and antioxidant on green coconut water (*Cocos nucifera*) subjected to elevated thermal processing. **International Food Research Journal**, v. 22, n. 2, p. 631-637, 2015.

TRINDADE, J. L. F.; CAMLOFSKI, A. M. O.; FREITAS, R. J. S. Caracterização de variedades de batata do município de Contenda-PR e indicações quanto ao uso doméstico e tecnológico. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 1, p. 730-738, 2012.

ULUATA, S.; MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. How the multiple antioxidant properties of ascorbic acid affect lipid oxidation in oil-in-water emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 6, p. 1819–1824, 2015.

VANIER, N. L.; et al. Thiamine content and technological quality properties of parboiled rice treated with sodium bisulfite: Benefits and food safety risk. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, n. 1, p. 98-103, 2015.

VASCONCELOS, C. M. **Estratégias para preservação da qualidade de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) minimamente processado e separação de suas fibras**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.

VASCONCELOS, C. M.; et al. Evaluating Strategies to Control Enzymatic Browning of Minimally Processed Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food Bioprocess Technology**, v. 8, n. 9, p. 1982–1994, 2015.

VILAS BOAS, B. M.; et al. Conservação de pimentão verde minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens plásticas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 34-39, 2012.

VIRMOND, E. P.; et al. Características físico-químicas de cultivares de batata sob cultivo orgânico. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p. 31-42, 2014.

VITTI, M. C. D.; et al. Atividade respiratória e aspectos microbiológicos de cultivares de batatas minimamente processadas e armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 208-212, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Report of a joint WHO/FAO expert consultation, who technical. Report series 916. 2003.

WU, D.; SUN, D. W. Colour measurements by computer vision for food quality control – A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, n. 1, p. 5-20, 2013.

ZHANG, X.; CHEN, F.; WANG, M. Impacts of selected dietary polyphenols on caramelization in model systems. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3451-3458, 2013.

ZHANG, Y. V.; et al. The basis of food texture sensation in *Drosophila*. **Neuron**, v. 91, n. 4, p. 863-877, 2016.

ZHOU, L.; et al. Different modes of inhibition for organic acids on polyphenoloxidase. **Food Chemistry**, v. 119, p. 439-446, 2016.

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.