



NATHANE SILVA RESENDE

**QUALIDADE DE HORTALIÇAS NÃO
CONVENCIONAIS MINIMAMENTE
PROCESSADAS**

**LAVRAS – MG
2019**



**QUALIDADE DE HORTALIÇAS NÃO CONVENCIONAIS
MINIMAMENTE PROCESSADAS**

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

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

LAVRAS – MG
2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Resende, Nathane Silva.

Qualidade de hortaliças não convencionais minimamente
processadas / Nathane Silva Resende. - 2018.

150 p. : il.

Orientador(a): Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.
Bibliografia.

1. Minimamente processado. 2. Hortaliças não convencionais.
3. Potencial funcional. I. Boas, Eduardo Valério de Barros Vilas. II.
Título.

NATHANE SILVA RESENDE

**QUALIDADE DE HORTALIÇAS NÃO CONVENCIONAIS MINIMAMENTE
PROCESSADAS
QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED NON CONVENTIONAL
VEGETABLES**

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

APROVADA em 14 de dezembro de 2018.
Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho, UFLA
Dr. José Alberto Vilela Resende, IPB-Campus Sta Apolónia.
Dra. Luciane Vilela Resende, UFLA
Dra. Neide Botrel, Embrapa-DF
Dra. Rafaela Araújo Zambaldi Lima, UFLA



Orientador
Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

LAVRAS –MG
2019

*"Ninguém escapa ao sonho de voar,
de ultrapassar os limites do espaço de onde nasceu,
de ver novos lugares e novas pessoas.
Mas saber ver em cada coisa,
em cada pessoa,
aquele algo que a define como especial, é fundamental.
Navegar é preciso,
reconhecer o valor das coisas e das pessoas, é mais preciso ainda."*

Antoine de Saint-Exupery

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado meu caminho, dando-me forças, paciência e persistência para continuar, mesmo com tantas adversidades.

À minha família, que sempre esteve presente mesmo longe. Pelas orações a cada dificuldade e cada conquista. Mãe, faltam palavras para agradecer todo companheirismo e cumplicidade. Rafael, Anninha e Gabriel muito obrigada pelo incentivo, pelo carinho e por compreender meus momentos de ausência.

Ao William José, por cuidar dos meus bens mais preciosos.

À Universidade Federal de Lavras (Departamento de Ciência dos Alimentos), pela oportunidade de desenvolvimento dos experimentos e capacitação profissional com os conhecimentos adquiridos e experiências vividas.

Ao professor, Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, orientador deste trabalho, pela confiança, atenção, segurança e disponibilidade durante todas as etapas.

À professora Dra. Elisângela Elena Nunes por sempre ser nosso porto seguro, a quem recorremos nas horas mais difíceis. Aos amigos do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças, pelos momentos especiais de amizade e companheirismo, em especial ao Rafael, Mariana e Bia, vocês foram muito especiais durante todos esses anos.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos alimentos, em especial a Lucilene, por toda paciência e dedicação.

A todos os meus amigos e amigas do curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos. Ao melhor grupo já criado no Whatsapp: Amigas do Lab (é maravilhoso saber que vocês estão sempre por perto). E aos melhores amigos do mundo, sem os quais nada disso teria graça (Dani, João, Gabriel, Paula, Kelly, Chris).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Enfim, obrigada a todos que, direta ou indiretamente, se fizeram presentes, torceram pelo meu sucesso e contribuíram para que esta pesquisa se tornasse realidade.

A todos minha sincera gratidão.

MUITO OBRIGADA!

Resumo

As hortaliças não convencionais, em sua maioria, são hortaliças rústicas e de pouco apelo comercial. Apresentam elevado potencial nutricional e funcional, sendo consideradas fontes de vitaminas, minerais, compostos fenólicos e fibras. Devido a urbanização, o mercado de certa forma restringiu o número de espécies disponíveis, dando preferência para hortaliças com cadeia produtiva já estabelecida, assim o consumo de várias espécies caiu em desuso. A inclusão das hortaliças não convencionais na alimentação contribui não somente para a nutrição do indivíduo, mas também garantir a preservação da riqueza gastronômica local e regional. Os produtos minimamente processados têm um mercado em grande expansão e são foco de inúmeras pesquisas, isso porque unem a praticidade sem perder o frescor e qualidade nutricional de frutas e hortaliças. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo estudar a qualidade de três hortaliças não convencionais (azedinha - *Rumex acetosa* L., ora-pro-nóbis - *Pereskia aculeata* Mill. e taioba - *Xanthosoma sagittifolium*) minimamente processadas. Os resultados da pesquisa indicam que o processamento mínimo de hortaliças não convencionais pode ser uma excelente alternativa para inserção deste grupo alimentício na mesa do consumidor, proporcionando assim, um aumento do valor comercial deste produto e conseqüentemente o aumento na renda de agricultores familiares e do comércio local. Além disso, o consumo de hortaliças não convencionais é capaz de suprir uma série de deficiências nutricionais da população em geral, principalmente das populações mais carentes.

Palavras-chave: *Rumex acetosa* L.; *Pereskia aculeata* Mill; *Xanthosoma sagittifolium*

Abstrat

The unconventional vegetables, for the most part, are rustic vegetables with little commercial appeal. They present high nutritional and functional potential, being sources of vitamins, minerals, phenolic compounds and fibers. Due to urbanization, the market has in a way restricted the number of species available, giving preference to vegetables with already established productive chain, so the consumption of several species has fallen into disuse. The inclusion of unconventional vegetables in food contributes not only to the individual's nutrition, but also to ensure the preservation of local and regional gastronomic richness. The minimally processed products have a market in great expansion and are the focus of countless researches, this because they unite the practicality without losing the freshness and nutritional quality of fruits and vegetables. Thus, the present work has the objective of studying the quality of three unconventional vegetables (azedinha - *Rumex acetosa* L., ora-pro-nóbis - *Pereskia aculeata* Mill. And taioba - *Xanthosoma sagittifolium*) minimally processed. The results of the research indicate that the minimum processing of unconventional vegetables can be an excellent alternative for the insertion of this food group in the consumer's table, thus increasing the commercial value of this product and, consequently, increasing the income of family farmers and trade local. In addition, the consumption of unconventional vegetables is capable of supplying a series of nutritional deficiencies of the population in general, mainly of the most needy populations.

Keywords: *Rumex acetosa* L.; *Pereskia aculeata* Mill; *Xanthosoma sagittifolium*

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 Folhas de azedinha (<i>Rumex acetosa</i> L.) antes e após a colheita.....	17
Figura 2 Folhas de Ora-pro-nóbis (<i>Pereskia aculeata</i> Mill) antes e após a colheita.....	19
Figura 3 Folhas de taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) antes e após a colheita.....	23
Figura 4 Principais formas reativas do oxigênio	26
Figura 5 Processos patológicos que podem ocorrer a partir da ação das espécies reativas do oxigênio no organismo	27

CAPÍTULO 2

Figura 1 Valores médios de L* para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	49
Figura 2 Valores médios de C para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.	50
Figura 3 Valores médios de °H para azedinha armazenadas em 3 diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	51
Figura 4 Valores médios de perda de massa (%) para azedinha submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas por 10 dias.....	52
Figura 5 Valores médios de pH para azedinhas armazenadas em 3 diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias por 10 dias	52
Figura 6 Valores médios de sólidos solúveis (%) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	53
Figura 7 Valores médios dos teores de vitamina C (mg AA 100g ⁻¹) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	55
Figura 8 Valores médios da concentração de fenólicos totais (mg EAG 100g ⁻¹) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	56
Figura 9 Valores médios do % proteção determinada por meio a autooxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	60
Figura 9 Valores médios da atividade antioxidante (ABTS) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	61
Figura 10 Valores médios da atividade antioxidante por DPPH (EC 50) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	63

CAPÍTULO 3

Figura 1 Valores médios de L* para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.	72
Figura 2 Valores médios de b* para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.	74
Figura 3 Valores médios de a* para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.	75
Figura 4 Valores médios de C para folhas de ora-pro-nóbis armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias	76
Figura 5 Valores médios de °h para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	77
Figura 6 Valores médios de perda de massa (%) e sólidos solúveis (%) para folhas de ora-pro-nóbis rasgadas e picadas armazenadas por 10 dias	78
Figura 7 Valores médios de pH para folhas de ora-pro-nóbis rasgadas e picadas armazenadas por 10 dias.....	78
Figura 8 Valores médios da concentração de fenólicos totais (mg EAG.100g ⁻¹) para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	80
Figura 9 Valores médios do teor de vitamina C (mg AA.100g ⁻¹) para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	85
Figura 10 Valores médios do % proteção determinada por meio a autoxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico em folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	86
Figura 11 Valores médios da atividade antioxidante (ABTS) para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	88
Figura 12 Valores médios da atividade antioxidante por DPPH (EC50) para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	89

CAPÍTULO 4

Figura 1 Valores médios de L* para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	100
Figura 2 Valores médios de b* para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	101
Figura 3 Valores médios de a* para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	102

Figura 4 Valores médios de C para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	103
Figura 5 Valores médios de °h* para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	104
Figura 6 Valores médios de perda de massa (%) para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	106
Figura 7 Valores médios de pH para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte	107
Figura 8 Valores médios de acidez titulável (%) para taiobas submetidas a diferentes temperaturas de armazenamento por 10 dias	108
Figura 9 Valores médios de sólidos solúveis para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	109
Figura 10 Valores médios de vitamina C (mg AA.100g ⁻¹) para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	111
Figura 11 Valores médios da concentração de fenólicos totais (mg EAG.100g ⁻¹) para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	112
Figura 12 Valores médios do % proteção determinada pela a autoxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.....	117
Figura 13 Valores médios da atividade antioxidante (ABTS) para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	118
Figura 14 Valores médios da atividade antioxidante por DPPH (EC 50) para taiobas submetidas a diferentes tipos de corte e e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias	120

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 Perfil de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) detectados por HPLC em azedinhas rasgadas armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias58

Tabela 2 Perfil de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) detectados por HPLC em azedinhas picadas armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias58

CAPÍTULO 3

Tabela 1 Perfil de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) detectados por HPLC em ora-pro-nóbis rasgadas armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias82

Tabela 2 Perfil de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) detectados por HPLC em ora-pro-nóbis picadas armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias83

CAPÍTULO 4

Tabela 1 Perfil de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) detectados por HPLC em taiobas rasgadas armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias114

Tabela 2 Perfil de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) detectados por HPLC em taiobas picadas armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias115

CAPÍTULO 5

Tabela 1 Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em azedinhas rasgadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias.....134

Tabela 2 Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em azedinhas picadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias.....136

Tabela 3 Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em ora-pro-nóbis rasgadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias140

Tabela 4 Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em ora-pro-nóbis picadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias141

Tabela 5 Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em taiobas rasgadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias.....147

Tabela 6 Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em taiobas picadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias.....149

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – AGREGAÇÃO DE VALOR EM HORTALIÇAS NÃO CONVENCIONAIS POR MEIO DO PORCESSAMENTO MÍNIMO	12
1. Introdução	12
2. Referencial teórico	13
2.1 Hortaliças não convencionais	13
2.1.1 Azedinha - <i>Rumex acetosa</i> L.....	16
2.1.2 Ora-pro-nóbis - <i>Pereskia aculeata</i> Mill.....	18
2.1.3 Taioba - <i>Xanthosoma sagittifolium</i>.....	22
2.2 Compostos bioativos em hortaliças não convencionais.....	25
2.2.1 Radicais livres e atividade antioxidante	26
2.3 Vegetais Minimamente processados.....	29
2.3.1 Alteração Bioquímicas atribuídas ao processamento mínimo	32
2.3.1.1 Aceleração do Metabolismo respiratório	33
2.4 Considerações Finais.....	39
2.5 Referência Bibliograficas.....	39
CAPÍTULO 2 – QUALIDADE E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE AZEDINHA (<i>Rumex acetosa</i> L.) MINIMAMENTE PROCESSADAS EM DIFERENTES TEMPERATURA DE REFRIGERAÇÃO E TIPOS DE CORTE	45
Resumo	45
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	47
Resultados e Discussão.....	49
Conclusão	64
Referencial bibliográfico.....	64
CAPÍTULO 3 – OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ORA-PRO-NÓBIS (<i>PERESKIA ACULEATA</i> MILL) COM ÊNFASE NO TIPO DE CORTE E NA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO	67
Resumo	67
Abstract.....	68
Introdução.....	69
Material e Métodos.....	70
Resultados e Discussão.....	72
Conclusão	90

Referências bibliográficas.....	90
CAPÍTULO 4 - ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE CORTE E TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO PROCESAMENTO MÍNIMO DE TAIOBA (<i>Xanthosoma sagittifolium</i> Schott).....	94
Resumo	94
Abstract.....	95
Introdução.....	96
Material e Métodos.....	97
Resultados e discussão	99
Conclusão	121
Referências bibliográficas.....	121
CAPÍTULO 5 - PERFIL DE VOLÁTIL DE HORTALIÇAS NÃO CONVENCIONAIS MINIMAMENTE PROCESSADAS COM DIFERENTES CORTES E TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO.....	126
Resumo	126
Abstract.....	127
Introdução.....	128
Material e Métodos.....	129
Resultados e Discussão.....	131
Conclusão	150
Referencial Bibliográfico	150

CAPÍTULO 1 – AGREGAÇÃO DE VALOR EM HORTALIÇAS NÃO CONVENCIONAIS POR MEIO DO PORCESSAMENTO MÍNIMO

1. Introdução

O consumo de hortaliças é essencial para o balanço nutricional de um indivíduo, graças às concentrações significativas de vitaminas, minerais, fibras e alguns casos proteínas, tornando-as indispensáveis na alimentação cotidiana. No passado, algumas hortaliças nativas eram amplamente consumidas pela população, porém, com o passar do tempo, perderam espaço para hortaliças convencionais. A oferta de hortaliças modernas e geneticamente melhoradas, tiveram seu cultivo incentivado e seu consumo disseminado em todo o território nacional, fazendo com que hortaliças não convencionais ficassem no passado. No entanto, algumas dessas espécies ainda são consumidas por populações rurais, indígenas e quilombolas (SILVA et al.,2018). Essas hortaliças quando incorporadas na alimentação, além de resgatar os valores e conhecimentos culturais das comunidades tradicionais, trazem enormes benefícios nutricionais, principalmente à população de baixa renda (ROCHA et al., 2008).

As chamadas hortaliças não convencionais estão distribuídas em várias famílias botânicas e estão sendo resgatadas e depositadas em coleções de germoplasma de instituições públicas com o objetivo de preservar a biodiversidade e estudar o provável potencial farmacológico e até mesmo os princípios antinutricionais dessas espécies (SILVA et al.,2018).

A azedinha (*Rumex acetosa L.*), o ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata Mill.*) e a taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) são exemplos de hortaliças não convencionais com alto potencial nutritivo e funcional, porém cultivadas em baixa escala pelos produtores rurais. Além de utilizadas na alimentação humana, já existem relatos na literatura de propriedades farmacêuticas e medicinais (TOMEI et al., 1988; GUARRERA, 2004; GRAEBNER et al.,2004; KINUPP, 2006; ALMEIDA et al., 2014).

O processamento mínimo de frutas e hortaliças inclui, geralmente, as etapas de seleção da matéria-prima, pré-lavagem, processamento (descascamento e corte), sanificação, enxágue, centrifugação e embalagem (SANTOS et al., 2010). A temperatura é um quesito determinante para a qualidade final do produto, uma vez que sua redução é responsável por desacelerar reações bioquímicas que levam à senescência e reduzir a taxa de crescimento microbiano (SILVA e GUERRA, 2003). O tipo de corte é um fator que

pode influenciar na qualidade do produto final, uma vez que o grau de injúria é responsável por aceleração de processos degenerativos diminuindo a vida útil do produto (CHEN et al.,2017).

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi explorar a viabilidade do processamento mínimo de três hortaliças folhosas não convencionais: azedinha (*Rumex acetosa*), ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) e taioba (*Xanthosoma sagittifolium*).

2.Referencial teórico

2.1 Hortaliças não convencionais

A biodiversidade da flora brasileira deveria implicar diretamente na diversidade alimentar, isto porque 1/3 das espécies disponíveis no Brasil apresentam alguma parte comestível, podendo ser usada para alimentação humana (ALTIERI, 2016), porém a maior parte dessa riqueza não é utilizada, seja por falta de conhecimento da população ou falta de incentivo aos produtores. Esses recursos alimentares pouco explorados apresentam enorme potencial nutricional, são fonte de nutrientes como proteínas e fibras, e compostos bioativos como vitaminas, fenólicos e carotenoides (POLESI, 2016).

As hortaliças não convencionais que normalmente associadas a “mato” ou “daninhas”, escondem uma alternativa alimentar de qualidade que já foi bastante apreciada em outras épocas. A perda de interesse nessas hortaliças se deu no primeiro momento pela migração da população rural para as cidades grandes e depois se tornaram esquecidas e desvalorizadas pelas gerações seguintes, que buscavam alimentos prontos ou de rápido preparo (KINUPP e BARROS, 2007).

Durante o desenvolvimento econômico do país, houve maior incentivo a pesquisa para algumas espécies específicas, que prevaleceram como produção agroindustrial no país, ou seja, houve um direcionamento do padrão de cultivo, ficando restrito a poucas espécies que com o passar dos anos foram melhoradas geneticamente para atender a demanda populacional. Em contrapartida observou-se o detrimento do cultivo e consumo de hortaliças não convencionais (SOUZA et al.,2009; LUIZZA et al., 2013).

De acordo com Kinupp (2007) a agrobiodiversidade é responsável por oferecer alimentos com características bem distintas, tanto no sabor, quanto no aspecto nutricional, porém além de conhecê-los é preciso tornar habitual sua presença durante as refeições. A

limitação do consumo de hortaliças em apenas 20 ou 30 espécies comerciais, traz a necessidade urgente do resgate de alimentos que foram negligenciados ao longo dos anos, porém apresentam enorme potencial nutricional e funcional (BARBIERI et al., 2014). A conciliação entre a sustentabilidade na produção de alimentos e sustentabilidade ambiental é característica do contexto agroecológico (STEENBOCK et al., 2013). O desenvolvimento de sistemas agroalimentares devem ser reflexos da trajetória histórica e cultural de um povo e o cultivo de espécies locais está intimamente ligado neste contexto.

Segundo Kinupp e Lorenzi (2014), hortaliças não convencionais são aquelas espécies que serviram para o sustento do homem em épocas mais remotas e que hoje são desconhecidas pela maior parte da população, seu uso é restrito e seu comércio praticamente inexistente. Para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010), são denominadas não convencionais, as hortaliças com distribuição limitada, restrita a determinadas localidades ou regiões, exercendo grande influência na alimentação e na cultura de populações tradicionais, além disso, são espécies que não estão organizadas enquanto cadeia produtiva propriamente dita, não despertando o interesse comercial.

Sendo seu cultivo limitado aos quintais e seu consumo normalmente restrito a própria família, as hortaliças não convencionais não possuem nenhum tipo de apelo comercial e a falta de incentivo para o cultivo, torna sua presença cada vez mais escassa na mesa do consumidor. O cultivo, bem como o hábito de consumo são preocupações que devem ser observadas por instituições de pesquisa e extensão para que ocorra a manutenção e propagação das mesmas (SILVEIRA et al., 2010).

Em função da rusticidade, as hortaliças não convencionais são plantas que não necessitam de grandes quantidades de insumos. Portanto, podem ser utilizadas na agricultura familiar como fonte de renda e de diversificação agrícola, principalmente para populações de baixa renda (ROCHA et al., 2008; BRESSAN et al., 2011). Segundo Souza et al. (2009), além dos benefícios nutricionais atrelado ao consumo de hortaliças não convencionais, é inegável a melhoria do ponto de vista socioeconômico de comunidades de baixa renda por meio do cultivo e comercialização destas hortaliças. Filho (2015)

também relata a importância do cultivo de hortaliças não convencionais para a autonomia de agricultores familiares e ressalta a importância do consumo para alcançar dietas ricas em nutrientes.

A maioria das hortaliças não convencionais é desconhecida pela maior parte da população, e apenas uma pequena parcela apresenta estudos científicos que comprovem de suas propriedades (KINUPP, 2006; NASCIMENTO et al., 2013). Existe uma lacuna enorme a ser preenchida e estudos que disponibilizem dados sobre questões nutricionais e funcionais, bem como o cultivo destas hortaliças são formas mais eficientes de reinseri-las na mesa do consumidor.

Entre as principais limitações na dieta do brasileiro estão proteínas e vitaminas, em especial a A e do complexo B, além de fibras e de minerais como cálcio e ferro (SOUZA et al., 2009). O incentivo às pesquisas que disseminem o cultivo e consumo de hortaliças não convencionais pode contribuir para melhorar carências nutricionais da população, principalmente aquelas em vulnerabilidade socioeconômica. A vitamina A, por exemplo, já foi reportada em hortaliças como taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), bertalha (*Basella alba*) o caruru (*Amaranthus viridis*) (KHATOUNIAN, 1994). O ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill), possui entre 17 e 25% de proteínas e 1,15% de lisina (SOUZA et al., 2009). Outra hortaliça que vem chamando atenção por pesquisadores é a azedinha (*Rumex acetosa* L.), devido suas propriedades nutricionais e medicinais; folhas e raízes demonstraram excelente potencial antioxidante (FRANZENER et al., 2013), além de elevado teor de ácidos graxos, minerais e vitaminas (REDZIC, 2006).

Os teores de minerais em algumas hortaliças não convencionais também são significativamente maiores que em hortaliças disponíveis no mercado (BOOTH et al., 1992; GUERRERO et al., 1998). Além dos minerais, a presença de compostos com capacidade antioxidante chama a atenção de pesquisadores (SCHMEDA-HIRSCHMANN et al., 2005; Filho 2015; POLES, 2016). Compostos com função antioxidante possuem substâncias capazes de inibir a oxidação e reduzir a concentração de radicais livres no organismo, auxiliando na prevenção de diversas patologias (SAHIDI et al., 2007). Entre os antioxidantes encontrados em hortaliças não convencionais estão vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E (tocoferol), os carotenoides e os flavonóides. (LOZIENE et al., 2007).

Visto os benefícios atribuídos ao cultivo e consumo de hortaliças não convencionais o objetivo é que essas hortaliças num futuro próximo sejam incluídas na diversificação da produção e na mesa do consumidor (SOUZA et al., 2009), para alcançar esse objetivo é crucial o desenvolvimento de pesquisas que abordem o potencial de hortaliças não convencionais e formas de reintroduzi-las a mesa do consumidor, bem como políticas governamentais que incentivem o cultivo. O processamento mínimo de hortaliças não convencionais contribui para a inserção de um novo produto no mercado, gerando uma cadeia de produção e consumo, bem como giro de capital e a exploração econômica da espécie.

Estimular os agricultores a resgatar o cultivo e incentivar o consumo de variedades locais por meio do conhecimento científico adquirido é fundamental para a riqueza e diversidade da dieta da população, visando perpetuar bons hábitos alimentares e valorizar o patrimônio cultural.

Portanto, o resgate do cultivo de hortaliças não convencionais, não se limita apenas no resgate da cultura culinária de uma determinada região. As hortaliças em questão podem ser utilizadas como fontes complementares na dieta, apresentando concentrações significativa de proteínas, minerais, fibra e compostos bioativos. Além do benefício nutricional, funcional e cultural, as mesmas são capazes de estimular a renda de agricultores familiares e a diversificação da produção agrícola por apresentarem, em princípio, baixa exigência em insumos agroindustriais. (POLESI, 2016).

2.1.1 Azedinha - *Rumex acetosa* L.

Pertencente à família Polygonaceae atinge de 25 a 55 cm de altura e forma touceiras com dezenas de propágulos (KINUPP e LORENZI, 2014). Normalmente é encontrada em estado silvestre em regiões de clima ameno da Europa e Ásia sendo, no Brasil, cultivada do Rio Grande do Sul a Minas Gerais; contudo, raramente floresce nas condições climáticas brasileiras (PEDROSA et al., 2012). Suas folhas podem ser consumidas *in natura* ou cozidas, embora apresente alto teor de oxalato de cálcio, fator antinutricional, que limita o consumo para pessoas que sofrem de problemas renais (SILVEIRA et al., 2010). Na figura 1 podem ser observadas folhas de azedinha ainda na planta e após a colheita.



Figura 1 Folhas de azedinha (*Rumex acetosa* L.) antes e após a colheita
Fonte: do autor (2018).

O efeito tóxico do ácido oxálico deve-se à formação de cristais de oxalato de cálcio e sua precipitação no organismo, diminuindo a disponibilidade para realização de numerosos processos fisiológicos (DELVECHIO et al., 2005). A ação térmica excedente é degradante para antinutricionais (MECHI et al., 2005), portanto o cozimento das folhas de azedinha seria a forma mais adequada de consumo.

A azedinha apresenta bom potencial de mercado e pode contribuir para o enriquecimento da dieta alimentar humana. Pesquisas sobre a azedinha indicam que suas folhas possuem propriedades nutricionais como anti-escorbuto, diurética, levemente laxante, refrescante (CORSI E PAGNI, 1979; TOMEI et al., 1996; GUARRERA, 2004), tônico, antitérmico e atua contra gengivite e estomatite (LEPORATTI e IVANCHEVA, 2003). Silva et al. (2013) encontraram valores consideráveis de proteína (15,88%) e fibras (36,95%), em amostra seca de azedinha. Quanto ao conteúdo mineral, destacou-se o teor de ferro das amostras (258mg/kg).

Em sua constituição bioquímica, a mesma apresenta oxalatos, taninos, derivados do antraceno, quinoides, flavonoides e fenilpropanóides (KEMPER, 1999). Existem aplicações medicinais relacionadas ao teor de fenólicos presente no combate ao tratamento de diarreia, infecções virais, herpes, influenza vírus, irritações na pele e no tratamento de infecções agudas e crônicas do sistema respiratório superior (BICKER et

al., 2009; SCHMUCH et al., 2015).

As informações científicas disponíveis são encontradas em um restrito número de trabalho, o que enfatiza a necessidade de estudos que explorem o potencial nutricional e funcional da azedinha, já que os resultados encontrados são extremamente promissores (SILVA et al., 2013; SILVA, 2015; TORRES et al., 2015). O estudo de formas de valorização das folhas de azedinha são tão necessárias quanto o estudo das propriedades nutricionais e funcionais, assim o processamento mínimo, como forma de inserção desta hortaliça no mercado deve ser incentivado.

2.1.2 Ora-pro-nóbis - *Pereskia aculeata* Mill

A *Pereskia aculeata* Mill é uma planta originária dos trópicos, nativa da flora brasileira, com características de trepadeira, podendo atingir até 10 metros de altura. Apresenta caule fino, ramos longos, com poucos e pequenos acúleos. Em seus ramos, se inserem folhas largas e suculentas, podendo surgir no final de seus ramos flores terminais (DUARTE e HAYASHI, 2005; TOFANELLI e RESENDE, 2011). De suas flores provém os frutos que, quando maduros, são carnosos e adquirem cor amarelo-alaranjada (ROSA e SOUZA, 2003).

Na figura 2, podem ser observadas folhas de ora-pro-nóbis na planta e após a colheita.



Figura 2 Folhas de Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill) antes e após a colheita
Fonte: do autor, (2018).

A ora-pro-nóbis, que em latim significa “rogai por nós”, pertence ao reino Plantae, classe Magnoliopsida, ordem Caryophyllales, família Cactaceae e gênero *Pereskia*. Deste grupo de 17 espécies, as folhas de *Pereskia aculeata* Mill se destacam pelo alto teor de proteínas, fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos bioativos (ALMEIDA et al., 2014; TAKEITI et al., 2009).

A ora-pro-nóbis possui folhas suculentas, de alto teor proteico e com ausência de toxicidade, portanto seguras para o consumo humano, tornando-se uma boa opção no preparo de farinhas, saladas, refogados, pães, tortas e massas alimentícias (ROCHA et al., 2008; ALMEIDA et al., 2014).

Barbalho et al. (2016), investigaram o uso de farinha de folhas de ora-pro-nóbis no perfil metabólico de ratos. Os resultados demonstraram que a farinha dessa planta foi efetiva na redução do percentual de ganho de peso, gordura visceral, triglicerídeos, colesterol total, VLDL e LDL. Em estudo experimental, uma massa alimentícia foi fortificada com 2% da farinha de ora-pro-nóbis desidratada em sua composição. O produto apresentou boa aceitabilidade e maiores teores de proteínas, fibras alimentares e cinzas em relação à massa de macarrão convencional (ROCHA et al., 2008).

Além da alimentação, a planta pode ser utilizada como ornamental e melífera, pois apresenta floração rica em pólen e néctar (BRASIL, 2010). Na medicina popular as folhas também são utilizadas como anti-inflamatório, emoliente, expectorante e antissifilítico (SARTOR et al., 2010).

Estudos relacionados à espécie *Pereskia aculeata* Mill são, em sua maioria, descritivos quanto a sua composição físico-química. A concentração, expresso em massa seca, de proteínas (28,4 g.100g⁻¹) e de triptofano (5,52 g.100g⁻¹) nas folhas de ora-pro-nóbis é elevada quando comparada a alimentos como o arroz e feijão, com 7,6 g.100g⁻¹ e 18,2 g.100g⁻¹ de proteínas e 0,84 g.100g⁻¹ e 0,27 g.100g⁻¹ de triptofano, respectivamente. Nutricionalmente o consumo desse aminoácido é essencial para síntese de serotonina, hormônio regulador do sono e do humor (WRIGHT et al., 2002; TAKEITI et al., 2009).

No estudo de Almeida et al. (2014), realizado em Minas Gerais, os autores encontraram teor de 28,99g/100g de proteínas totais na farinha das folhas de *Pereskia aculeata*, teor superior aos já publicados em outros estudos, sugerindo seu consumo para grupos populacionais que apresentam acesso limitado às proteínas animais, contribuindo para prevenção ou tratamento de carências nutricionais relacionadas às

proteínas. A partir da avaliação da digestibilidade proteica *in vitro*, pôde-se relacionar que o tratamento térmico suave aplicado em proteínas pode aumentar sua digestibilidade, devido à desnaturação parcial das cadeias de peptídeos, que se tornam mais suscetíveis à ataques enzimáticos (TAKEITI et al., 2009)

Ainda, ressalta-se o elevado conteúdo de minerais, principalmente, ferro (14,2 mg.100g⁻¹ de massa fresca), cálcio (3420 mg.100g⁻¹ de massa fresca) e zinco (26,7 mg.100g⁻¹ de massa fresca). O conteúdo de ferro presente na ora-pro-nóbis é 4 vezes maior do que no espinafre, vegetal conhecido pelo elevado teor desse mineral. Já o cálcio, presente em 100 g de folhas frescas de é 27 vezes maior do que o conteúdo em 100 mL de leite. Em relação ao zinco, 100 g de folhas frescas de ora-pro-nóbis fornecem três vezes mais desse nutriente do que 100 g de carne bovina. Entretanto, cabe salientar que a biodisponibilidade desses nutrientes no ora-pro-nóbis carece de avaliação (TACO, 2006; TAKEITI et al., 2009).

As folhas de ora-pro-nóbis também apresentam elevadas concentrações de vitaminas, com destaque para a vitamina C (185,8 mg.100g⁻¹ de massa fresca) e ácido fólico (19,3 mg.100g⁻¹ de massa fresca). Ou seja, 50g de folhas de ora-pro-nóbis são suficientes para suprir as necessidades diárias de um adulto de ambas as vitaminas (TAKEITI et al., 2009; USDA, 2015).

Vieira et al., (2010) estudando folhas secas de ora-pro-nóbis, encontraram compostos fenólicos na concentração de 1693 mg EAG.100g⁻¹ em extrato metanólico (80%) e 940 mg EAG.100g⁻¹ em extrato etanólico (80%). Pinto et al. (2015) constataram intensa atividade anti-inflamatória em extrato metanólico de folhas de ora-pro-nóbis ofertadas a camundongos.

Almeida et al. (2014) evidenciaram a presença de substâncias antinutricionais em folhas desidratadas de ora-pro-nóbis, dentre elas: ácido oxálico, nitratos, saponinas e inibidor da tripsina. A concentração encontrada para ácido oxálico foi de 41,8 mg.100g⁻¹, valor bastante inferior ao encontrado em espinafre e carambola (180-730 mg.100g⁻¹) (BENEVIDES et al., 2011). O valor de nitrato encontrado por Almeida et al. (2014) foi de 16,2 mg.100g⁻¹, segundo a Organização Mundial da Saúde a ingestão diária aceitável é de até 3,7 mg.kg⁻¹ de peso corpóreo (WHO, 2003). Já as saponinas apresentaram concentração de 0,29 mg.100 g⁻¹. Lásztity, Hidvégi e Bata (1998) relataram que a dose de 50 a 100 mg.kg⁻¹ de peso corporal de saponinas pode ser considerada de baixa

toxicidade em animais de sangue quente. Por último, Almeida et al. (2014) relatou que a concentração de inibidor da tripsina foi de 1,82 unidades de tripsina inibida (UTI).mg⁻¹, valores bem inferiores aos encontrados por Carvalho et al. (2002) em duas variedades de soja 46 UTI.mg⁻¹ e 95 UTI.mg⁻¹.

Com o propósito de promover a nível nacional o cultivo e consumo de ora-pro-nóbis são necessários estudos que elucidem seu potencial nutricional e funcional, bem como a biodisponibilidade dos compostos bioativos, além de introduzir essa hortaliça em receitas cotidianas do consumidor. Assim, o estudo do potencial exploratório do ora-pro-nóbis minimamente processado se faz necessário do ponto de vista nutricional e socioeconômico, sendo considerada uma alternativa viável para aumentar a renda de produtores familiares.

2.1.3 Taioba - *Xanthosoma sagittifolium*

Pertencente à família das Aráceas, é comumente cultivada em regiões tropicais do centro-sul americano e em alguns países da África. É utilizada como parte da dieta local, constituindo por vezes importante fonte de subsistência em populações mais carentes da África, Ásia e América (ONWUEME, 1978).

No Brasil, a taioba é muito apreciada em Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro, sendo e utilizada em diversos pratos típicos regionais (MANGAN et al., 2008). Porém, o cultivo dessa planta no país ainda é pouco explorado e seu consumo pouco difundido. O baixo custo, a simplicidade de sua produção e o clima favorável deveriam ser fatores de incentivo ao amplo cultivo da taioba; sua comercialização pode ser uma importante alternativa para a agricultura familiar, auxiliado na inclusão social e na melhoria do estado nutricional de populações mais carentes (SOUZA, 2008).

A taioba também é importante do ponto de vista estratégico, pois pode garantir a segurança alimentar durante períodos de carência sazonal das culturas comerciais e pode crescer e produzir em ambiente sombreado e possível de se desenvolver em áreas de reflorestamento (MORAIS et al., 2006). Na figura 3 é possível observar folhas de taioba antes e após a colheita.



Figura 3 Folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) antes e após a colheita
Fonte: do autor (2018).

As folhas de taioba são facilmente cultivadas em clima quente, sob temperaturas elevadas, cessando a produção em temperaturas muito baixas. Isso dificulta ou até mesmo impossibilita seu cultivo em regiões de elevada altitude. Requerem solo sempre úmido e do tipo argiloso-arenoso, rico em húmus, de pH variando entre 5,5-6,5; podem ainda tolerar solos salinos. No Brasil, seu ciclo completo (plantio à colheita) leva cerca de 4 a 5 meses (ABRAMO, 1990; PINTO, 2001).

A folha, ou porção aérea da planta, pode ser valiosa fonte de nutrientes na alimentação humana, porém tem seu consumo restrito as populações rurais (SOUZA, 2008). Suas folhas são grandes ou até mesmo gigantescas em algumas variedades, em geral com 80 centímetros de comprimento e 60 de largura, de forma sagitada, largo-ovóide ou triangular. Possui nervuras em número de 4 a 10, divergentes da nervura central (ABRAMO, 1990). Por ser uma hortaliça não usual, ainda são escassos os dados na literatura sobre esse alimento, tornando-se importante a caracterização de sua composição química e seu possível impacto na saúde.

A importância da taioba como componente da dieta humana está no fato de seu total aproveitamento (folhas e tubérculos), além do baixo custo de produção, facilidade

de plantio e resistência à ação de pragas e doenças, o que facilita a obtenção dessa hortaliça em muitas regiões brasileiras, sendo considerada cultura típica de subsistência (GOMES et al., 2014).

A composição centesimal de folhas de taioba varia principalmente de acordo com a maturidade da folha (folha jovem ou madura): umidade: 86,10 a 90,10 g/100g, proteínas: 23,10 a 24,40 g/100g, carboidratos 19,70 a 24,90 g/100g, lipídios 8,0 a 9,70 g/100g, fibras totais 12,40 a 13,0 g/100g, cinzas 11,50 a 13,90 g/100g (LETERME et al., 2005). As folhas de taioba merecem destaque em relação ao potencial nutricional e funcional; suas folhas são fontes de vitamina A e C, além dos minerais cálcio, ferro, fósforo, magnésio, manganês, cobre, zinco e potássio. Alguns destes nutrientes aparecem frequentemente na lista de deficiências alimentares da população brasileira (MORAIS et al., 2006; CAMILI et al., 2013).

No estudo realizado por Oliveira et al. (2013), a respeito do conteúdo mineral de hortaliças não-convencionais, a taioba se destacou como boa fonte de cálcio, boro, cobre e manganês. Pinto et al. (2001) encontraram valores de 2,78% de proteína em material fresco de taioba. Apontaram ainda a hortaliça como boa fonte de fibras (1,56% na matéria fresca), ferro (2,38mg/100g) e cálcio (220mg/100g). Estudos relativos ao processamento mínimo de taioba não estão disponíveis na literatura.

Assim como outros vegetais folhosos, a folha de taioba é rica em carotenóides e outras substâncias de potencial antioxidante. Graebner et al. (2004) avaliaram a biodisponibilidade de carotenóides em vegetais folhosos nativos do Brasil e observaram que a folha de taioba apresentou maior teor de α -caroteno em comparação a outras hortaliças analisadas e que a biodisponibilidade relativa do β -caroteno na folha de taioba foi de 9%. Os autores concluíram que a taiobas pode constituir boa fonte alternativa de vitamina A. Arruda, Siqueira e Souza (2004) relataram que folhas de taioba, quando oferecida em dieta para animais, apresentaram um efeito protetor contra o *stress* oxidativo causado pela deficiência de vitamina A e foi capaz de reduzir a peroxidação lipídica tal como o β -caroteno isolado oferecido aos animais do grupo controle.

Dentre os motivos que contribuem para o baixo consumo da taioba está associação ao taro (*Colocasia esculenta*), cuja parte aérea não é consumida ou com a taioba-brava (*Colocasia antiquorum* Schott), pertencente a mesma classe botânica do taro; essa relação errônea é feita porque ambas apresentam folhas similares a taioba comum, porém na taioba-brava a colocação é mais escura e apresenta algumas propriedades tóxicas

(GOMES et al., 2014). Apesar de muitas publicações afirmarem que as folhas de taioba podem ser consumidas, desde que passada por processo de cozimento, há também informações populares, sem fundamento científico, que afirmam o contrário, o que leva a uma divergência de informações (LIMA e KRUPEK, 2016).

Diante da falta de conhecimento tanto de suas propriedades nutricionais e funcionais quanto de suas características morfológicas é de extrema importância o resgate dessa hortaliça não convencional e o processamento mínimo é uma das formas de modernizar o consumo de taioba e trazê-la de volta para a mesa do consumidor.

2.2 Compostos bioativos em hortaliças não convencionais

O termo “funcional” pode ser atribuído à alimentos ou a partes desse alimento que de alguma forma contribua com a promoção da saúde e bem-estar do consumidor, dentre os benéficos estão a prevenção ou tratamento de doenças, podendo abranger desde os nutrientes isolados até os produtos oriundos deste alimento que apresentam atividade biológica (ROBERFROID, 2002).

Alguns compostos estruturas que desempenham papel importante nos vegetais como proteínas, compostos fenólicos, vitaminas, também estão relacionadas ao retardamento do envelhecimento e à prevenção de algumas doenças. Tal capacidade é atribuída a reação natural contra radicais livres presentes no organismo humano, assim podem ser denominadas antioxidantes naturais (RODRIGUES et al., 2007; TAPIERO et al., 2002).

2.2.1 Radicais livres e atividade antioxidante

Os radicais livres são moléculas ou fragmento de moléculas que contém um ou mais elétrons desemparelhados, portanto são compostos bastante instáveis e com alta reatividade. Esta valência livre é responsável por tornar a molécula extremamente reativa e paramagnética (WOJTOWICZ et al., 2017). São produzidos de forma contínua durante processos metabólicos naturais, exercendo papel fundamental nas reações fisiológicas/bioquímicas do corpo humano, no entanto quando acontece uma produção excessiva destes radicais durante processos patofisiológicos ou fatores adversos, e culminando com a não existência de antioxidantes disponíveis in vivo, podem ocorrer grandes danos nos tecidos e células humanas, como por exemplo: o desenvolvimento de

células cancerígenas e/ou o aceleração do envelhecimento (OLIVEIRA, 2010).

O processo de formação dos radicais livres envolve, em parte, os mecanismos de oxidação de lipídios como, por exemplo, a peroxidação lipídica. Essa peroxidação acontece quando um lipídio sofre alteração de sua estrutura molecular por ter sido atacado por um oxigênio, podendo gerar problemas na conservação de alimentos ricos nesses compostos (SANTOS, 2013).

Entre as principais formas reativas de oxigênio (Figura 4) o $O_2^{\cdot-}$ apresenta uma baixa capacidade de oxidação, o OH^{\cdot} mostra uma pequena capacidade de difusão e é o mais reativo na indução de lesões nas moléculas celulares. O H_2O_2 não é considerado um radical livre verdadeiro, mas é capaz de atravessar a membrana nuclear e induzir danos na molécula de DNA por meio de reações enzimáticas (ANDERSON, 1996; ADEGOKE et al., 1998).

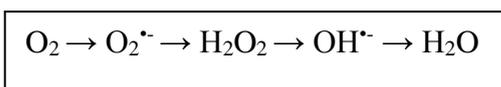


Figura 4 Principais formas reativas do oxigênio

O excesso dos radicais livres no organismo pode causar efeitos indesejáveis, como pode ser observado na figura 5, causando alterações nas estruturas e funções celulares (SAHIDI, 2007).

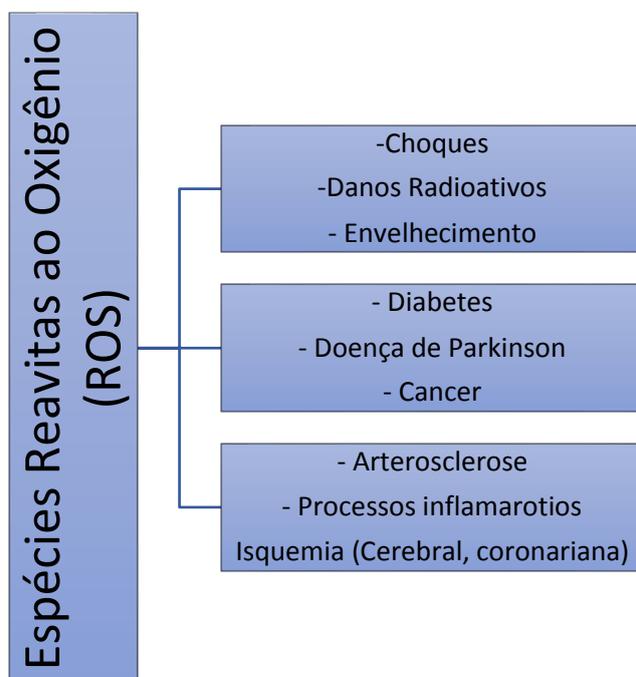


Figura 5 Processos patológicos que podem ocorrer a partir da ação das espécies reativas do oxigênio no organismo

Para minimizar os efeitos negativos causados pelo excesso de radicais livres, as

células do organismo desenvolveram um processo de defesa com o intuito de combater possíveis danos provenientes da ação das espécies reativas do oxigênio (CERQUEIRA, 2007).

A chamada defesa antioxidante é composto por sistemas enzimáticos que envolvem, por exemplo, superóxido dismutase, catalase, NADPH-quinona oxidoreductase, glutathione peroxidase e enzimas de reparo e por sistemas não enzimáticos que envolvem biocompostos tais como α -tocoferol (vitamina E), β -caroteno, ácido ascórbico (vitamina C), compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides e taninos, dentre outros) (RODRIGUES, et al., 2007). Alguns destes compostos podem ser produzidos pelo próprio organismo e outros são absorvidos apenas através da dieta alimentar, o que torna relevante a ingestão de fontes naturais de compostos bioativos.

Os antioxidantes podem ser considerados como a primeira defesa do organismo, visto a sua capacidade de doar elétrons, funcionando como verdadeiros “sequestradores” de radicais livres, agindo em diversas fases no processo oxidativo, inibindo ou retardando a oxidação de outras moléculas, ou a propagação de reações oxidativas em cadeia (OLIVEIRA, 2010; OLDONI, 2010). As primeiras pesquisas que abordavam a capacidade antioxidante em alimentos foram realizadas por Chipault et al., (1952), inicialmente o estudo apresentou como foco especiarias usadas para melhorar a qualidade sensorial de alimentos.

Nos anos 80, após constatação dos prejuízos causados pelos antioxidantes sintéticos, BHT (butil-hidroxi-tolueno) e o t-BHQ (t-butil hidroquinona), quando ingeridos em grandes quantidades, surgiu o interesse pelos antioxidantes de origem natural, ou seja, aqueles oriundos de fonte vegetal (DURAN e PADILLA, 1993). No primeiro momento as pesquisas abordavam principalmente a identificação de novos compostos com atividade antioxidante e procuravam entender seu modo de ação para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e com isso diminuir o uso de antioxidantes sintéticos.

Nos anos subsequentes diversas contribuições sobre as propriedades antioxidantes em alimentos foram reportadas na literatura; ao mesmo tempo surgiu o anseio da população por hábitos alimentares mais saudáveis. Desse cenário despertou-se a busca por alimentos naturais como frutas e hortaliças com propriedades funcionais e compostos bioativos (PARK et al., 1997; CATANEO, 2008).

Os antioxidantes podem ser divididos quanto a sua atuação em processos oxidativos (primários e secundários) e quanto a sua origem (sintéticos e naturais). Os primários são capazes de interromper a cadeia de radicais através da doação de um elétron a um radical lipídico livre, assumindo a condição estável. Estão incluídos nesse grupo os compostos fenólicos, que apresentam grupos doadores nas posições orto e para de sua cadeia cíclica. Os antioxidantes secundários reduzem o processo inicial de formação do radical livre, utilizando agentes quelantes de metais, tendo como exemplo o ácido cítrico (OLIVEIRA, 2010; OLDONI, 2010).

Os sintéticos são produzidos industrialmente e amplamente aplicados na indústria alimentícia com o intuito de aumentar o tempo de vida útil dos produtos (CAVALCANTI, 2013; BARREIROS e DAVID, 2006). Apresentam na sua cadeia uma estrutura fenólica com diferentes graus de substituição do radical alquila, no entanto, a sua utilização já foi associada a diversos malefícios a saúde (SVILAAS et al., 2004; CAVALCANTI, 2013). Essa associação tem aumentado a procura por antioxidantes de origem natural, como por exemplo: compostos fenólicos, carotenóides ou compostos nitrogenados, como a vitamina C e E (OLIVEIRA, 2010; CAVALCANTI, 2013).

As hortaliças são de fato uma fonte importante de alguns dos compostos antioxidantes, tais como vitamina C, compostos fenólicos, carotenoides entre outros. Com isso o consumo desses vegetais está sendo cada vez mais incentivado (CAMPOS, 2008).

A vitamina C, por exemplo, é considerada o antioxidante hidrossolúvel mais importante no organismo. Apresenta a capacidade de eliminar diferentes espécies de radicais livres, tais como os radicais superóxido e hidroxil, além de reduzir radicais tocoferóis de volta para sua forma ativa nas membranas celulares, mantendo a sua integridade em células dos organismos aeróbios (KAUER e KAPOOR, 2001; NAIDU, 2003). Estudos indicam que o ácido ascórbico pode prevenir mutações em DNA de humanos, uma vez que altas concentrações do ácido reduzem mutações causadas por estresse oxidativo em células humanas *in vitro* (LUTSENKO et al., 2002).

Os compostos fenólicos, por sua vez, são estruturas que também possuem atividade antioxidante contra os radicais livres, estando associada às propriedades redox dos grupos hidroxil e a sua relação com as diferentes partes da estrutura química. Os vegetais produzem uma grande variedade de metabólitos secundários que contêm pelo menos um grupo fenol, ou seja, um grupo hidroxila funcional ligado diretamente a um anel aromático (TAIZ e ZEIGER, 2004). Este grupo é composto por moléculas simples

e também por moléculas com alto grau de polimerização. Essas moléculas se encontram nos vegetais na forma livre ou ligada a açúcares (glicosídeos) e proteínas (CROFT, 1998; BRAVO, 1998).

Segundo Soares (2002), antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais e algumas vezes como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários, formados pela ação destes antioxidantes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias.

2.3 Vegetais Minimamente processados

A busca do consumidor por praticidade e comodidade no preparo de refeições, aliado a preferência por alimentos saudáveis e saborosos, com alto valor nutritivo tem aquecido o mercado de produto minimamente processados (SOARES et al.,2018; YILDIZ e ROBERT, 2017). Frutas e hortaliças minimamente processadas apresentaram crescimento substancial nos últimos 10 anos, não somente pelas propriedades funcionais inegáveis, mas também pela facilidade de consumo de um produto já limpo, cortado e em porções individualizadas (NASCIMENTO et al., 2014). Um aspecto que tem contribuído fortemente para este crescimento é a expansão dos serviços de comida rápida (fast food), hotéis, restaurantes, hospitais, empresas de refeições para aeroportos e portos, e também em nível doméstico, que requerem produtos pré-processados e de qualidade uniforme para simplificar suas operações junto ao consumidor (Donegá et al.,2013).

Os vegetais minimamente processados apresentam a conveniência de não requerer qualquer preparação significativa por parte do consumidor, em termos de seleção, limpeza, lavagem ou cortes. Além disto, o valor agregado ao produto, pelo processamento, aumenta a competitividade do setor produtivo e propicia meios alternativos para a comercialização. O sucesso deste empreendimento depende do uso de matérias-primas de alta qualidade, manuseadas e processadas com boas condições de higiene (de Brito et al.,2017).

O processamento mínimo inclui, geralmente, as etapas de seleção da matéria-prima, pré-lavagem, processamento (descascamento e corte), sanificação, enxágue, centrifugação e embalagem (SANTOS et al., 2010). A centrifugação é uma etapa importante durante o processamento mínimo pois é a forma de retirar o excesso de líquido proveniente das etapas de sanificação e enxágue, além dos exsudados celulares resultantes

do corte, os quais favorecem o crescimento de fungos e de bactérias (SILVA e GUERRA, 2003).

Uma das grandes preocupações que afligem esse mercado diz respeito a curta vida útil apresentada por esses produtos, isso se deve principalmente devido as alterações fisiológicas que acontecem naturalmente após a colheita de frutas e hortaliças, porém podem ser aceleradas dependendo das condições de processamento e acondicionamento dos minimamente processados (VERMEULEN, DEVLIEGHERE e RAGAERT,2018). As lesões provocadas durante o processamento promovem a descompartimentalização celular e possibilitam o contato de enzimas e substratos, que originam modificações bioquímicas, como escurecimento, formação de odores desagradáveis e perda da textura original. Além disso, o descascamento e o corte de frutas e vegetais favorecem a colonização dos tecidos vegetais por microrganismos deterioradores e patogênicos (BATISTA et al.,2017).

Diante desse cenário muitos pesquisadores buscam otimizar as condições de processamento e armazenamento de minimamente processados, com o intuito de estender a vida de prateleira dos produtos. Para atingir esse objetivo duas condições devem levadas em consideração: a primeira diz respeito ao fato de o produto estar vivo, respirando e com metabolismo acelerado. Já o segundo trata da questão microbiológica e como retardar o crescimento de microrganismos no produto (KING JR e BOLIN, 1989; VAROQUAUX e WILEY, 2017).

A influência de fatores extrínsecos devem ser observados, como a temperatura, exposição a luz, radiação e composição atmosférica são fundamentais para retardar desordens fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas dos alimentos minimamente processados e, portanto, devem ser controladas e seus efeito estudados (ASARE et al.,2018).

As alterações bioquímicas e nutricionais observadas nos minimamente processados são atribuídas inicialmente as injúrias no tecido celular do vegetal que ocorrem durante todo o processo. Quanto mais prolongado for o tempo operacional de produção, mais nítidas serão as alterações, acarretando em perda de qualidade do produto final (VAROQUAUX e WILEY, 2017).

O descascamento e o corte são etapas cruciais na alteração do metabolismo celular, já que o vegetal responde rapidamente ao estresse sofrido nessa fase, que por

sua vez elucidada uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas. Os danos podem ocorrer de forma mais efetiva após a injúria ou levar um tempo maior para se tornar evidente, são respostas que variam de vegetal para vegetal e dependem de fatores externos, como temperatura. Dentre as mudanças observadas estão o aumento da respiração, a produção de etileno e o aumento da atividade enzimática, principalmente enzimas de escurecimento e de parede celular (BATISTA et al.,2017).

O armazenamento da matéria-prima em câmara fria antes do processamento, operações sob baixas temperaturas e usar água de boa qualidade nas etapas de sanitização e enxague, são fatores que auxiliam na redução do estresse e conseqüentemente na diminuição do metabolismo celular. Porém, ainda assim, as alterações descritas a seguir não podem ser extintas (VAROQUAUX e WILEY, 2017).

2.3.1 Alteração Bioquímicas atribuídas ao processamento mínimo

A premissa básica quanto ao processamento mínimo parte da ideal de qualidade da matéria prima, isso quer dizer que frutas e hortaliças não devem apresentar injúrias mecânicas ou contaminações microbiológicas, além disso é altamente recomendado que estejam em estágio de maturação comercial, para garantir a qualidade do produto, a segurança alimentar e a características sensoriais (BATISTA et al., 2017).

No processamento mínimo de frutas e hortaliças, etapas do processo como corte, descascamento e outras ações físicas causam injúrias e danos aos tecidos celulares. Os tecidos fatiados, cuja superfície de exposição é maior, apresentam maiores taxas de respiração e, conseqüentemente, maiores alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas que o tecido inteiro (SOARES et al., 2018; BATISTA et al., 2017). No entanto, estas ações físicas são necessárias e indispensáveis para a produção do produto (HUXSOLL e BOLIN, 1989).

A adequação da temperatura de manipulação e armazenamento é importante para a minimização da ocorrência de reações indesejáveis como as citadas anteriormente. O uso de temperaturas mais baixas retarda consideravelmente os fenômenos associados à perda de qualidade dos produtos de origem vegetal, como crescimento microbiano, atividade enzimática e diversas reações bioquímicas (TOLEDO, 1991; DINCER, 1997).

O uso da cadeia de frio é primordial durante todas as etapas do processamento mínimo, já que a temperatura influencia diretamente na qualidade do produto final (DONEGÁ et al.,2013). O abaixamento da temperatura se faz necessário porque as

alterações físicas provocam uma lesão celular e conseqüentemente ativação de enzimas oxidativas, degradação dos tecidos celulares, aumento da atividade respiratória e alterações sensoriais (ARTÉS, 2004), que variam de acordo com a temperatura. A conservação de produtos minimamente processados para comercialização é geralmente feita em prateleiras refrigeradas, cujas temperaturas estão entre 5 e 10 °C, mas cada produto vegetal responde melhor a determinada temperatura (BRITO et al., 2017).

A seguir as principais alterações atribuídas ao processamento mínimo.

2.3.1.1 Aceleração do Metabolismo respiratório

As principais manifestações fisiológicas, provenientes da ruptura dos tecidos vegetais são o aumento na velocidade de respiração, e, em alguns casos, a produção de etileno (VAROQUAUX e WILEY, 2017). A taxa respiratória de frutas e hortaliças minimamente processados é aumentada de 3 a 7 vezes, em relação ao tecido intacto, o que se traduz em rápido consumo de oxigênio dentro da embalagem (VAROQUAUX & WILEY, 2017).

A diminuição do teor de O₂ disponível em vegetais reduz a taxa respiratória (produção de CO₂/consumo de O₂), que geralmente requer no mínimo de 1 a 3% de oxigênio, dependendo do produto, para evitar a mudança de respiração aeróbica para anaeróbica. Sob condições anaeróbicas, a via glicolítica substitui o ciclo de Krebs como a principal fonte de energia para os vegetais. O ácido pirúvico é descarboxilado para formar acetaldeído, e a partir deste, CO₂ e etanol, resultando no desenvolvimento de sabor indesejável, rompimento e escurecimento dos tecidos (KADER, 1986).

A reação de redução do metabolismo respiratório, que ocorre em baixos teores de O₂, pode ser resultado do decréscimo da atividade de algumas enzimas específicas, como a polifenoloxidase e a acidoglicolicoxidase ou ácido ascórbico oxidase, cujas afinidades pelo oxigênio pode ser de 5 a 6 vezes menor que a da citocromo oxidase. A atividade da enzima citocromo oxidase não é suprimida em baixos teores de oxigênio, devido à sua alta afinidade com o mesmo (WEICHMANN, 1987).

Em atmosfera de armazenamento com baixos teores de oxigênio, ocorre a redução da oxidação de ácido ascórbico. A oxidação de vitamina C é regulada, principalmente, pelo ácido ascórbico oxidase e outras enzimas que apresentam baixa afinidade com o oxigênio. Por isso, em baixos teores deste gás ocorre retardamento na mudança de ácido ascórbico para ácido desidroascórbico (WEICHMANN, 1987).

Altas concentrações de CO₂ (> 20%) causam injúrias nos vegetais e, dependendo do produto e da concentração de oxigênio pode resultar em acumulação de etanol e acetaldeído nos tecidos, porém, em níveis adequados reduzem a taxa respiratória de frutas e vegetais frescos (KADER, 1986; HERNER, 1987).

O armazenamento de frutas e hortaliças minimamente processadas em concentrações de 5 a 20% de CO₂ pode causar mudança na atividade de enzimas específicas do metabolismo respiratório, com efeito de desacoplamento na fosforilação oxidativa. Estudo dos efeitos de teores de CO₂ em compostos intermediários do ciclo de Krebs e enzimas evidenciaram que houve acumulação de ácido succínico, devido a inibição da atividade da desidrogenase succínica em maçãs (MONNING, 1983). Deste modo, níveis elevados de CO₂ inibem enzimas do ciclo de Krebs, e portanto, a respiração aeróbica, induzindo a respiração anaeróbica.

A atmosfera modificada e/ou controlada pode reduzir o consumo de oxigênio e a produção de CO₂, assim a redução do O₂ e/ou elevação do CO₂ para reduzir a taxa respiratória de frutas e vegetais minimamente processados tem sido reconhecida como a principal razão dos efeitos benéficos da atmosfera modificada e/ou controlada (TEWARI et al., 2017).

Porém, trata-se de simplificação, já que a deterioração pós-colheita de vegetais e frutas frescas pode ser causada por muitos fatores adicionais à taxa respiratória, que incluem: mudanças metabólicas (mudanças bioquímicas associadas com o metabolismo respiratório, biossíntese e ação do etileno), injúrias físicas, perda de água, desordens fisiológicas e microbiológicas (AHMED e ALAM, 2018).

A temperatura também exerce papel fundamental na respiração de hortaliças, sendo que sua diminuição e estabilização (sem variações) também reduz a taxa respiratória e atrasa o processo de senescência de frutas e hortaliças minimamente processadas (BARBA et al., 2017) Segundo Barba et al., (2017), de modo geral, sugere-se a temperatura de 4°C para que a refrigeração de minimamente processados seja efetiva na redução da taxa respiratória.

2.3.1.2 Indução da biossíntese de etileno

O etileno, composto volátil de dois carbonos, é produzido endogenamente, talvez, por todas as plantas. Em concentrações tão baixas quanto 0,1 µL/L, o etileno pode induzir uma série de respostas fisiológicas, incluindo amadurecimento, senescência e desordens

fisiológicas (WATADA, 1986). A produção de etileno por frutas e hortaliças minimamente processadas pode ser incrementada em até 20 vezes, quando comparada com vegetal intacto (VAROQUAUX e WILEY, 2017).

O etileno estimula a síntese de enzimas envolvidas com a maturação das frutas e hortaliças e pode causar a perda de firmeza das mesmas, devido a ativação de enzimas que hidrolisam a parede celular (WATADA, 1986). Também está relacionado com o incremento da descoloração da cor verde de vegetais folhosos, devido ao aumento da atividade da clorofilase (SEHRAWAT et al., 2018).

O dióxido de carbono em elevadas concentrações compete com o sítio ativo do etileno, e inibe a ação do etileno sobre os tecidos vegetais e sua formação ocorre a partir da oxidação do ácido laminociclopropano carboxílico, pela baixa pressão parcial de oxigênio (VAROQUAUX e WILEY, 2017).

2.3.1.3 Escurecimento enzimático e químico

O escurecimento proveniente da oxidação de compostos fenólicos e o amarelecimento decorrente da perda de clorofila ocorrem em frutas e hortaliças minimamente processadas como resultado da ruptura da compartimentalização, ocasionando a liberação de ácidos e enzimas, os quais podem então entrar em contato com seus respectivos substratos. Produtos com altos teor de compostos fenólicos escurecem com maior facilidade quando o tecido injuriado é exposto ao oxigênio presente no ar atmosférico (TEWARI et al., 2017).

O estresse também induz a síntese de enzimas envolvidas nas reações de escurecimento ou na biossíntese de substratos (ROLLE e CHISM, 1987; TOMÁS-BARBERÁN et al., 1997), ou seja, produtos que inicialmente não apresentam teores substanciais de substrato fenólico pode aumentar consideravelmente, devido a estimulação da rota fenilpropanóides.

O escurecimento de frutas e vegetais minimamente processados é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pela enzima polifenoloxidase. O produto inicial da oxidação é a quinina, que rapidamente se condensa formando pigmentos escuros insolúveis denominados melanina. Ou a reação pode ocorrer de forma não enzimática, com outros compostos como aminoácidos, proteínas e outros compostos fenólicos dando origem a pigmentos escuros. Três componentes devem estar presentes para que a reação de escurecimento enzimático ocorra: e enzima, o substrato e o oxigênio. No caso de

ausência ou bloqueio na participação de qualquer um deles (seja por agentes redutores, temperatura ou abaixamento de pH) a reação não prosseguirá (TOMÁS-BARBERÁN et al., 1997).

A diminuição da concentração de oxigênio reduz a velocidade de reação de enzimas que catalisam oxidação, acarretando o escurecimento, como as polifenoloxidasas, visto que o oxigênio é um de seus substratos. Por isso, o acondicionamento sob vácuo ou nitrogênio tende a retardar o escurecimento dos produtos, mas pode provocar a fermentação láctica (ASARE et al.,2018).

A clorofila pode ser degradada por várias enzimas: clorofiloxidase, clorofilases e hidrolases. O amarelecimento de vegetais verdes minimamente processados ocorre devido a degradação da clorofila, revelando pigmentos carotenoides preexistentes. A degradação de clorofila em produtos minimamente processados pode ser iniciada pela liberação de etileno proveniente do estresse ou por radicais livres oriundos da peroxidação de lipídios (SHEWFELT e DEL ROSÁRIO, 2000; VAROQUAUX e WILEY, 2017).

Para inibir a atividade enzimática é comum o uso de compostos antioxidantes como a cisteína, o ácido cítrico e o ácido ascórbico. O minimamente processado é imerso em um banho com concentrações pré-definidas de algum antioxidante diminuindo o escurecimento, pois são capazes de reduzir a orto-quinona de volta no substrato original, impedindo sua conversão em melaninas. As polifenoloxidasas constituem a classe de enzimas envolvidas no escurecimento de vegetais e pequena redução no pH pode diminuir em até 50% a atividade deste tipo de enzima (VAROQUAUX e WILEY, 2017).

Baixas temperaturas podem reduzir a atividade de enzimas como a tirosinase e difenoloxidase, contribuindo para a conservação da cor dos vegetais. Contudo, ainda que baixas, temperaturas inadequadas de armazenamento provocam injúrias que afetam a cor e a qualidade de diversos alimentos, o que ressalta a importância da manutenção de temperaturas ótimas em toda a cadeia de produção e comercialização destes produtos (VAROQUAUX e WILEY, 2017; SEHRAWAT et al.,2018).

2.3.1.4 Perda da Textura

A degradação da textura, deve-se a ação de proteases e em sua grande maioria enzimas pectinolíticas dos compostos de parede celular. O papel das enzimas pectolíticas, pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) tem sido extensivamente investigado. A PME tem papel importante no amaciamento de frutos pelo aumento da

suscetibilidade das pectinas à PG. Essa enzima catalisa a desmetilação do C6 do grupo carboxílico, desesterificando-os. Assim, a PG só catalisa a hidrólise das ligações α 1-4 do ácido galacturônico quando desesterificados (FISCHER e BENNETT, 1991).

Mudanças na textura durante o armazenamento são oriundas tanto do processo de amadurecimento, quanto do processo de senescência, ou ainda podem ser causados pela perda de água no produto (BARBA et al.,2017).

Uma forma de minimizar a perda de textura é a imersão do produto minimamente processado em uma solução de cloreto de cálcio. Acredita-se que os efeitos do cálcio na manutenção da firmeza dos tecidos estejam relacionados a seu duplo efeito de aumentar a rigidez estrutural da parede celular, ao promover a ligação cruzada de ésteres, impedindo as ações das enzimas responsáveis por degradar a parede celular e de preservar a integridade funcional e estrutural da parede celular (POOVAIAH, 1986).

2.3.1.5 Perda de água

A perda de água pode ser uma das principais causas de deterioração dos minimamente processados, já que resulta em perdas quantitativas, perdas na aparência (murchamento), na textura (amolecimento) e na qualidade nutricional (SOARES et al.,2018).

O processo de corte o descascamento do produto aumenta a taxa de evaporação de água por expor a parte interna do vegetal. O corte produz o extravasamento do suco celular que inicialmente concentrava-se na superfície cortada, produzindo uma solução hipertônica e favorecendo a perda de água no interior da célula (YILDIZ e ROBERT et al.,2017)

A manutenção de alta umidade relativa ao redor do produto minimamente processado reduz, a perda de água. Isso pode ser obtido em embalagens com filmes do tipo barreira. Entretanto, não há como evitar esse processo por completo, uma vez que o próprio resfriamento inicialmente faz com que a água da superfície do produto vá para a superfície da embalagem (superfície de resfriamento), onde ela se condensa devido a diferença de temperatura. A perda de água resulta em perdas quantitativas, perda na aparência(murchamento) e na qualidade nutricional (SOARES et al.,2018).

Evitar a dessecação das superfícies cortadas de produtos minimamente processados é crítico na manutenção da qualidade visual. O emprego de revestimentos superficiais para minimizar a perda de água é efetivo, mas as camadas grossas,

impermeáveis, interferem na difusão de outros gases e produzem condições anaeróbicas indesejáveis. Isso ocorre especialmente após o processamento, quando o estresse ocasionado temporariamente estimula a respiração. Formular um revestimento que atenda às necessidades do problema e ao mesmo tempo seja estável na superfície do minimamente processado, não é tão simples, apesar disso, é possível encontrar relatos na literatura de revestimentos que atuem como barreira à perda de água (AVENA-BUSTILLOS et al., 1994).

2.3.2 Alterações microbiológicas

As alterações microbiológicas que o correm em minimamente processados variam de acordo com o produto, pois depende de microflora de cada alimento, que por sua vez, está associada a uma série de fatores. O ambiente, a manipulação, a água disponível para produção, a umidade e a temperatura são alguns dos fatores determinantes para o controle microbiológico adequado. De maneira geral, as alterações são causadas por mesófilos, bactérias lácticas, coliformes totais e fecais, bactérias pectinolíticas, fungos e leveduras (VERMEULEN, DEVLIEGHERE e RAGAERT et al., 2018).

Em contraste com muitas refeições preparadas embaladas, as hortaliças e frutas minimamente processadas não são tratadas termicamente antes do consumo, portanto, são especialmente propensas à presença de patógeno ou ao crescimento de organismos deteriorantes que poderiam limitar o prazo de validade (OLIVEIRA et al., 2015).

A falta de legislação específica para alimentos de origem vegetal, especificamente os minimamente processados permite que diferentes conceitos sobre a forma de preparo sejam adotados, interferindo diretamente na qualidade do produto. Não existe uma resolução que estabeleça um padrão de identidade e qualidade para esse produto. Quanto aos aspectos microbiológicos a Resolução nº12 de 02 de janeiro de 2002 da ANVISA do Ministério da Saúde estabelece que uma contagem na ordem de 10⁵-10⁶ UFC/g de bactérias mesófilas totais e coliformes totais condicione o alimento como impróprio para o consumo.

Estratégias, técnicas e métodos têm sido utilizados para o controle das alterações indesejáveis causadas pelo processamento mínimo, com destaque para o abaixamento da temperatura de armazenamento e a utilização de atmosfera modificada. A manutenção de uma cadeia de frio, do processamento à comercialização, é, sem dúvida, a principal técnica disponível para se retardarem os efeitos indesejáveis do

processamento mínimo, uma vez que o abaixamento da temperatura reduz todos os processos enzimáticos, ampliando a vida útil dos produtos (VERMEULEN, DEVLIEGHERE e RAGAERT et al.,2018).

2.4 Considerações Finais

As atitudes para equilibrar o elo entre hábitos saudáveis e alimentos saboroso aproximam cada vez mais os consumidores e os produtos minimamente processados. Deve-se considerar também que existe um fator comercial importante para esse tipo de processamento, sendo capaz de agregar valor na matéria prima e alavancar o crescimento e a sustentação econômica de agricultores familiares. A cadeia de minimamente processados no Brasil ainda é bastante frágil, portanto estudos que busquem otimizar esses produtos são essenciais para garantir a qualidade nutricional, sensorial e microbiológica.

As hortaliças não convencionais constituem uma riqueza negligenciada, apesar de excelentes fontes nutricionais e funcionais, assim aliar esse tipo de hortaliça ao processamento mínimo pode ser uma alternativa para inserir novamente esse alimento na mesa do consumidor e resgatar a cultura gastronômica de determinadas regiões.

2.5 Referências Bibliográficas

ABRAMO, M. A. **Taioba, cará e inhame: o grande potencial inexplorado**. São Paulo: Ícone, 1990.

ADEGOKE, G. O.; VIJAY KUMAR, M.; GOPALA KRISHNA, A. G.; VARADARAJ, M.C.; SAMBAIAH, K.; LOKESH, B. R. Antioxidants and lipid oxidation in food – a critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore. v. 35, n. 4, p. 283-298, 1998.

AHMED, J., & ALAM, T. Minimal processing and novel technologies applied to vegetables. **Handbook of Vegetables and Vegetable Processing**, p. 317, 2018.

ALTIERI, M. A. Os quelites: Usos, manejo e Efeitos ecológicos na agricultura camponesa. **Agriculturas**. v.13, n.2, p. 30-33. 2016.

ANVISA- Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. No uso da atribuição que lhe confere o art. 11, inciso IV, do Regulamento da ANVISA aprovado pelo Decreto 3029, de 16 de abril de 1999, em reunião realizada em 20 de dezembro de 2000, dispõe o *Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos*. Relator: Gonzalo Vecina Neto. jan. 2001. p. 1-37.

ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 350, n. 1, p. 103-108, 1996.

ARRUDA, S.F.; SIQUEIRA, E.M.A.; SOUZA, E.M.T. Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) and purslane (*Portulaca oleracea*) leaves reduce oxidative stress in vitamin A-deficient rats. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 48, p.288–295, 2004.

- ARTÉS, F. Refrigeration for preserving the quality and enhancing the safety of plant foods. **Bulletin of the International Institute of Refrigeration**, p. 1-12, 2004.
- ASARE, P. T., GREPPI, A., STETTLER, M., SCHWAB, C., STEVENS, M. J. A., & LACROIX, C. Decontamination of minimally-processed fresh lettuce using reuterin produced by *Lactobacillus reuteri*. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 1421, 2018.
- BARBA, F. J., MARIUTTI, L. R., BRAGAGNOLO, N., MERCADANTE, A. Z., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., & ORLIEN, V. Bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 67, p. 195-206, 2017.
- BARBIERI, R. L., COSTA GOMES, J. C., ALERCIA, A., & PADULOSI, S. Agricultural Biodiversity in Southern Brazil: Integrating Efforts for Conservation and Use of Neglected and Underutilized Species. **Sustainability** 6, p.741-757, 2014.
- BATISTA, C. F. T., da SILVA, C. O., MELO, C. M. T., TASSI, E. M. M., & Pascoal, G. B. Alterações nutricionais e físico-químicas em repolho branco (*Brassica oleracea*) após o processamento mínimo e durante o armazenamento. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 12, n. 1, p. 305-318, 2017.
- BICKER, J.; PETEREIT, F.; HENSEL, A. Proanthocyanidins and a phloroglucinol derivative from *Rumex acetosa* L. **Fitoterapia**, v.80, n.8, p.483-495, 2009.
- BOOTH, S.; BRESSANI, R.; JOHNS, T Nutrient content of selected indigenous leafy vegetables consumed by the Kekchi people of Alta Verapaz, Guatemala. **Journal of Food composition and Analysis**, v. 5, n. 1, p. 25-34, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS, p.92,2010.
- de BRITO, F. A. L., MAIA, R. U. K. E. M., JUNIOR, L. F. C., COELHO, D. G., da SILVA VIEIRA, M. R., da SILVA, S. E. L. F., & do NASCIMENTO SIMÕES, A. Changes in phenol metabolism of minimally processed baby cassava under different temperatures: An alternative to commercialization. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 17, p. 928-936, 2017.
- BRESSAN, R. A., REDDY, M. P., CHUNG, S. H., YUN, D. J., HARDIN, L. S., & BOHNERT, H. J. Stress-adapted extremophiles provide energy without interference with food production. **Food Security**, v.3, n.1, p.93-105, 2011.
- CAMILI, E.C.; AZEVEDO, C.C.B.V.; BOCUTI, E.D.; SILVÉRIO, J.M.; BARROS, K.C.; SILVA, A.R.B.; JÚNIOR, S.S. Cultivo consorciado de alface sob diferentes arranjos espaciais e manejo do dossel de taioba. **Revista Agrarian**, v.6, n.20, p.110-120, 2013.
- CAVALCANTI, R. N. **Extração de antocianinas de resíduo de jabuticaba (*myrciaria cauliflora*) utilizando líquido pressurizado e fluido supercrítico: caracterização química, avaliação econômica e modelagem matemática**. 2013. 235f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos:

- controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, p. 441-9, 2007.
- CROFT, K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 854, n. 1, p. 435-442, 1998.
- DONEGÁ, M. A., TESSMER, M. A., MOOZ, E. D., DALL'ORTO, L. T., SASAKI, F. F., & Kluge, R. A. Fresh cut yam stored under different temperatures. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 248-254, 2013.
- DURÁN, R., & PADILLA, R. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. **Grasas y Aceites**, v. 44, n. 2, p. 101-106, 1993.
- FILHO, G. X. P. Agroecologia e recursos alimentares não convencionais: contribuições ao fortalecimento da soberania alimentar e nutricional. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, v. 10, n. 20 p. 227-245, 2015.
- FRANZENER, G., MOURA, G. S., MEINERZ, C. C., & STANGARLIN, J. R. Ocorrência de *Sclerotium rolfsii* em *Rumex acetosa* no Paraná. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 1, p. 64-64, 2013.
- GUERRERO JLG, MARTÍNEZ JGG., ISASA MGT. Mineral nutrient composition of edible wild plants. **Journal of Food Composition and Analysis** v.11, pp. 322-328,1998.
- GOMES, G.B.; RODARTE, M.F.; CAMPOS, R.F.B.; SANTOS, F.S. Caracterização do consumo da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) pela população da região pericentral do município de São Roque, SP. **Revista Eletrônica acadêmica IFSP – Campus São Roque**, v.1, n. 3, p.76-81, 2014.
- GRAEBNER, I. T., SIQUEIRA, E. M., ARRUDA, S. F., & DE SOUZA, E. M. Carotenoids from native brazilian dark-green vegetables are bioavailable: a study in rats. **Nutrition Research**, v. 24, p. 671–679, 2004.
- HUXSOLL, C.C.; BOLIN, H.R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 43, n. 2, p.124- 128, 1989.
- LIMA, A. S. G.; KRUPKEK, R. A. Caracterização morfológica, anatômica, e toxinas endógenas em *Co-locasia esculenta* (L.) Schott e *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. **Luminária**, União da Vitória, v.18, n. 1, p. 31-40, 2016.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 99104, 1986.
- KEMPER, K. J. Sorrel (*Rumex acetosa* L.). July 1999. Disponível em: <<http://www.longwoodherbal.org/sorrel/sorrel.pdf>>. Acesso em: 13 de setembro de 2018.
- KING JR., A.D.; BOLIN, H.R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 43, n. 2, p. 132-135, 1989.
- KINUPP, V. F. Plantas alimentícias alternativas no Brasil: uma fonte complementar de alimento e renda. **ABA journal**, v. 1, p. 333-336,2006.
- KINUPP VF; BARROS IBI. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de Porto Alegre-RS. **Revista Brasileira de Biociências** v.5, pp 63-65,2007.
- KINUPP, V. F e LORENZI, H. **Plantas Alimentícias não Convencionais (PANC) no**

Bra- sil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, p.767, 2014.

LETERME, P.; LONDOÑO, A. M.; WOLFGANG, F. E.; SOUFFRANT, B.; BULDGEN, A. Chemical composition, nutritive value and voluntary intake of tropical tree foliage and cocoyam in pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 85, p. 1725–1732, 2005.

LUIZZA, M. W., YOUNG, H., KUROIWA, C., EVANGELISTA, P., WOREDE, A., BUSSMANN, R., & WEIMER, A. Local Knowledge of Plants and their uses among Women in the Bale Mountains, Ethiopia. **Ethnobotany Research & Applications**, v.11, n.1, p.315-39, 2013.

LOZIENE, K.; VENSKUTONIS, P.R.; SIPAILIENE, A.; LABOKAS, J. Radical scavenging and and bacterial properpes of the extracts from different *Thymus pulegioides* L. chemotypes. **FoodChemistry**, v. 103, n. 2, p. 546-559, 2007.

MANGAN, F.X.; MENDONÇA, R.U.; NUNES, S.V.; FINGER, F.L.; BARROS, Z.J.; GALVÃO, H.; ALMEIDA, G.C.; SILVA RAN; ANDERSON, M.D. Production and marketing of vegetables for the ethnic markets in the United States. **Horticultura Brasileira**, vol. 26, p. 06-14, 2008.

MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 109-114, 2005.

MEIRELLES, L. Soberania Alimentar, agroecologia e mercados locais. **Revista Agrícolas: experiências em Agroecologia**, v. 1, p. 11-14, 2004.

MORAIS, V.S.; MARTINS, J.A.; WEBER, M.B.; SENA, D.R. Efeito do tipo de cultivo no conteúdo de vitamina C em folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia**, n.1, v.2, p.64-68, 2006.

NASCIMENTO, V.T. et al. Famine Foods of Brazil s Seasonal Dry Forests: Ethnobotanical and Nutritional Aspects. **Economic Botany**, v.66, n.1, p.22-34, 2013.

NASCIMENTO, K. D. O., AUGUSTA, I. M., da ROCHA RODRIGUES, N., PIRES, T., BATISTA, E., JÚNIOR, J. L. B., BARBOSA, M. I. M. J. Alimentos Minimamente Processados: Uma tendência de mercado. **Acta Technol.** v. 9, n.1, p. 48-61, 2014.

OLDONI, Tatiane Luiza Cadorin. **Prospecção e identificação de compostos bioativos de subprodutos agroindustriais.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, D. A. **Caracterização fitoquímica e biológica de extratos obtidos de bagaço de uva (Vitis Vinifera) das variedades Merlot e Syrah.** 2010. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ONWUEME, I.C. **The tropical tuber crops.** John Wiley & Sons Ltd.: Chinchester, 1978.

PEDROSA, M. W. et al. **Hortaliças não convencionais.** Sete Lagoas - MG: EPAMIG, 2012.

PINTO, N.A.V.D., et al. Variabilidade da composição centesimal, vitamina c, ferro e cálcio de partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Revista Brasileira**

de **Agrociência**, v.7, n 3, p.205-208, 2001.

POLESI, R.G. **Agrobiodiversidade e Segurança Alimentar no Vale do Taquari: plantas alimentícias não convencionais e frutas nativas**. 2016, 48p. Monografia (Especialização em Gestão da Qualidade no Processamento de Alimentos, Unidade de Encantado, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Encantado, 2016.

REDZIC, S. J. Wild edible plants and their traditional use in the human nutrition in Bosnia-Herzegovina. **Ecology of Food and Nutrition** 45: 189–232, 2006

ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**. v. 34, suppl. 2, p. 105-10, 2002.

ROCHA, D. R. C. et al. Macarrão adicionado de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alim Nutr**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 459-65, 2008.

RODRIGUES, Rosane et al. Estrutura, fisiologia e composição de frutas e hortaliças. **Módulo I**, Pelotas, 2007. 43p.

SAHIDI, F. **Natural antioxidants**. Chemistry, effects and applications. Champaing: AOCS Press. p. 414. 2007.

SANTOS, T. B. A.; SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; PEREIRA, J. L. Microrganismos indicadores em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Brazilian Journal Food and Technology**, Campinas-SP, v. 13, n. 2, p. 141-146, 2010.

SANTOS, S. A. O.; VILLAVERDE, J. J.; SILVA, C. M.; NETO, C. P.; SILVESTRE, A. J. D. Supercritical fluid extraction of phenolic compounds from *Eucalyptus globulus* Labill bark. **The Journal of Supercritical Fluids**, v.71, p.71–79, 2013.

SCHMEDA-HIRSCHMANN G; FERESIN G; TAPIO A; HILGET A. Proximate composition and free radical scavenging activity of edible fruits from the Argentina Yungas. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 85: 1357-1364, 2005.

SCHMUCH, J.; BECKERT, S.; BRANDT, S.; LÖHR, G.; HERMANN, F.; SCHMIDT, J. T.; BEIKLER, T.; HENSEL, A. Extract from *Rumex acetosa* L. for prophylaxis of periodontitis: inhibition of bacterial in vitro adhesion and of gingipains of *Porphyromonas gingivalis* by epicatechin-3-O-(4 β →8)-epicatechin-3-O-gallate (procyanidin-B2-Di-gallate). **PLoS ONE**, v.10, n.3, 2015.

SEHRAWAT, R., KHAN, K. A., GOYAL, M. R., & Paul, P. K. (Eds.). **Technological Interventions in the Processing of Fruits and Vegetables**. CRC Press ,2018.

SHAHIDI F; ALASALVAR C; LIYANA-PATHIRANA CM. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana*) and hazelnut byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** v.55, p. 1212-1220,2007.

SILVA, M. Z. T.; GUERRA, N. B. Avaliação das condições de frutos minimamente processados. **Higiene Alimentar**, São Paulo-SP, v. 17, n. 111, p. 29-36, 2003.

SILVEIRA, G. S. R. et al. **Manual de hortaliças não-convencionais**. 1ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010.

SOARES, C.D.F, DE LUCA SARANTÓPOULOS, Claire Isabel Grigoli; KLUGE, Ricardo Alfredo. Passive modified atmosphere affects the quality of minimally processed escarole. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 9, p. 201, 2018

SOUZA, C.S. **Propagação in vitro de germoplasma de taioba (*Xanthosoma***

sagittifolium (L.) Schott). Viçosa: UFV, 2008. 52p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SOUZA, M. R. M. et al. O Potencial do Ora-pro-nobis na Diversificação da Produção Agrícola Familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.

SVILAAS, A.; SAKHI, A. K.; ANDERSEN, L. F.; SVILAAS, T.; STROM, E. C.; JACOBS, D. R. JR.; OSE, L.; BLOMHOFF, R. Intakes of antioxidants in coffee, wine, and vegetables are correlated with plasma carotenoids in humans. **The Journal of Nutrition**, v.134, n.3, p.562-567, 2004.

TAPIERO, H.; TEW, K. D.; BA N.; MATHÉ, G. Polyphenols: Do they play a role in the prevention of human pathologies. **Biomedicine e Pharmacotherapy**, v. 56, p. 200-207, 2002.

TEWARI, S., SEHRAWAT, R., NEMA, P. K., & KAUR, B. P. Preservation effect of high pressure processing on ascorbic acid of fruits and vegetables: A review. **Journal of food biochemistry**, v. 41, n. 1, p. 12-19, 2017.

VAROQUAUX, P., & WILEY, R. C. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. Springer, Boston, MA. p. 153-186,20017.

VERMEULEN, A.; DEVLIEGHERE, F.; RAGAERT, P. Optimal Packaging Design and Innovative Packaging Technologies for Minimally Processed Fresh Produce. In: **Quantitative Methods for Food Safety and Quality in the Vegetable Industry**. Springer, Cham. p. 193-212, 2018.

YILDIZ, Fatih; WILEY, Robert C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. Springer US, 2017.

WATADA, A. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 8285, 1986.

WOJTOWICZ, E.; KRUPSKA, A.; ZAWIRSKA-WOJTASIAK, R. Antioxidant activity and free radicals of roasted herbal materials. **Herba Polonica**, v.63, n.2, p.34-41, 2017.

CAPÍTULO 2 – QUALIDADE E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE AZEDINHA (*Rumex acetosa L.*) MINIMAMENTE PROCESSADA, SUBMETIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS E TIPOS DE CORTE

Resumo

O processamento mínimo é uma ferramenta capaz de atrair investimentos e novos mercados para as hortaliças não convencionais, entre elas a azedinha (*Rumex acetosa L.*). O presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da azedinha minimamente processada submetida a diferentes temperaturas (0°C, 5°C e 10°C) e tipos de corte (rasgada e picada), durante o armazenamento. As variáveis usadas para verificar a qualidade do produto minimamente processado foram cor (L^*, C, h°), pH, sólidos solúveis, perda de massa, teor de vitamina C, teor de fenólicos totais, perfil de fenólicos e atividade antioxidante. O experimento seguiu-se por 10 dias e as análises foram realizadas em dias alternados. A maior parte das variáveis apresentaram interação tripla significativa entre tempo, temperatura e tipo de corte. Os melhores resultados foram obtidos nas temperaturas de 0°C e 5°C. Quanto ao tipo de corte houve variáveis que foram influenciadas positivamente pelo maior grau de injúria (picada), como por exemplo atividade antioxidante e concentração de ácido ascórbico, enquanto outras foram influenciadas negativamente como perda de massa, perfil e concentração de fenólicos. Com base nos dados apresentados, a azedinha minimamente processada armazenada a 0°C e 5°C é capaz de manter por mais tempo a qualidade inicial do produto, independente do tipo de corte.

Palavras-chave: hortaliças não convencionais, pós colheita, compostos bioativos

Abstract

Minimal processing is a tool capable of attracting investment and new markets for non-conventional vegetables, including sour (*Rumex acetosa L.*). The present study aims to evaluate the quality of a mini-processed under different temperatures (0 ° C, 5 ° C and 10 ° C) and cut types (torn and chopped) during storage. As the units used to verify product quality were processed, they were solubilized, soluble pH, mass loss, vitamin C content, total phenolic content, phenolic profile and antioxidant activity. The experiment was followed for 10 days and translations were carried out every other day. Most inter-spatial triple variables are significant between time, temperature, and cut type. The results were found at temperatures of 0 ° C and 5 ° C. The influences were those that influenced the positivitation due to the greater degree of injury (for example, antioxidant activity and ascorbic acid concentration), whereas they were influenced negatively as loss of mass, profile and concentration of phenolics. Based on the data presented, a minimally processed sourdough stored at 0 ° C and 5 ° C is able to maintain an initial quality of the product longer, regardless of the type of cut.

Keywords: unconventional vegetables, post harvest, bioactive compounds

Introdução

O anseio pela busca de hábitos de vida saudáveis está intimamente aliado com o consumo de frutas e hortaliças e, conseqüentemente, vem aquecendo o mercado de vegetais minimamente processados, já que eles aliam conveniência, praticidade, sabor e saudabilidade (Artés-Hernández et al.,2017). No Brasil há uma gama de hortaliças ricas em compostos fitoquímicos, porém de certa forma pouco explorada comercialmente e que poderia ser incorporada às dietas e ajudar a resolver algumas preocupações relacionadas à nutrição, entre elas a azedinha (*Rumex acetosa*). A hortaliça apresenta potencial nutricional e farmacológico, graças aos altos teores de minerais, antioxidantes, vitaminas, fibras e proteínas (Silva et al. 2013).

O baixo consumo de hortaliças significa dietas desequilibradas e insalubres, o que tem sido associado a várias doenças e condições que podem levar ao aumento das taxas de mortalidade, nos piores casos (Bvenura e Sivakumar, 2017). Diante disso, sua ingestão tem sido recomendada e incentivada por profissionais de saúde, pesquisadores e órgãos governamentais (Artés-Hernández et al.,2017) e campanhas como a “7 a day” ganham cada vez mais destaque na mídia.

A temperatura de armazenamento é um fator preponderante no estudo de vegetais minimamente processados, pois pode interferir diretamente na composição química, no metabolismo fisiológico e na biodisponibilidade de seus nutrientes, impactando significativamente na qualidade final do produto (Martins, Petropoulos e Ferreira, 2016).

Dentre as etapas que são necessárias para o processamento mínimo inclui-se o corte. Nesta fase o vegetal é dividido em porções menores, facilitando o preparo ou o consumo (Li et al.,2017). O tipo de injúria causada pelo corte pode acelerar algumas reações de deterioração, como a perda de água, a oxidação e o amolecimento dos tecidos, além da síntese de sabores desagradáveis, reduzindo a vida útil (Ma et al., 2017; Finnegan e O'Beirne, 2015; Curutchet et al.,2014.)

Portanto, esse estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da azedinha minimamente processada por meio do estudo do tipo de corte (rasgada e picada), da temperatura (0°C,5°C e 10°C) e do tempo de armazenamento (10 dias) .

Material e Métodos

As folhas de azedinha foram adquiridas em feira popular no município de Lavras-MG (lat. -21°22'S; long. -45°03'W) e transportadas imediatamente após a colheita para a planta de processamento mínimo do Departamento de Ciências dos Alimentos na Universidade Federal de Lavras- MG. Toda a matéria-prima foi colhida somente de um podutor. Em seguida foram selecionadas de acordo com a ausência de danos mecânicos e contaminação microbiológica visual, uniformidade de tamanho e coloração.

As folhas de azedinha foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio 20 mg.L⁻¹ e o excesso de água foi retirado individualmente das folhas para evitar crescimento microbiológico durante o armazenamento. Dois tipos de corte foram estudados neste trabalho, assim durante o processamento mínimo as azedinhas foram rasgadas manualmente ou picadas (3mm) com o auxílio de uma faca. Após o processamento, a azedinha foi acondicionada em bandejas de tereftalato de polietileno (PET) com tampa rígida e armazenada em três temperaturas (0°C, 5°C, 10°C) por 10 dias. As análises foram realizadas em dias alternados.

A coloração foi determinada utilizando-se um colorímetro Minolta CR 400. Os valores a* e b* foram utilizados para calcular o ângulo Hue (h°) [$\arctan(b^*/a^*)$] e o Croma (C) [$(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$].

A perda de peso da hortaliça ao longo do armazenamento foi determinada com o auxílio de uma balança analítica digital levando-se em consideração o peso inicial do produto embalado e o peso final. O resultado foi expresso em porcentagem.

Os extratos para determinação das análises a seguir foram realizados com amostras frescas.

A quantificação da concentração de vitamina C (ácido ascórbico) foi realizada por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de hortaliça, segundo Strohecker e Henning (1967).

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada por metodologia modificada por Waterhouse (2002). Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico.100g⁻¹ de hortaliça (mg EAG. 100g⁻¹).

A análise de perfil de compostos fenólicos foi realizada utilizando HPLC Shimadzu (Japão), equipado com bomba quaternária modelo LC-20AT, detector de

arranjo de diodos (DAD) modelo SPDM-20A. Resumidamente, as análises cromatográficas foram realizadas utilizando uma coluna Ascentis C18 5- μ m. A fase móvel consistiu em ácido acético a 2% (v / v) em água (fase móvel A) e metanol / água / ácido acético 70: 28: 2 (fase móvel B), ajustado a um caudal de 1,0 mL / min, conduzida utilizando um programa de eluição de gradiente a um tempo de execução de 65 min. O volume de injeção foi de 20 μ L. As análises foram realizadas a 15°C. A maioria dos compostos fenólicos gerou um resultado espectral UV-vis no cromatograma de HPLC a 280 nm. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos seus tempos de retenção, espectros absorptivos UV-vis e padrões autênticos.

A atividade antioxidante foi calculada por três metodologias distintas ABTS, DPPH expresso em EC 50 e pela auto-oxidação do sistema do beta-caroteno/ácido linoleico. A capacidade antioxidante pela redução do radical livre ABTS+• foi determinada de acordo com o método modificado por Rufino et al., 2007a. Sendo os resultados expressos em μ M trolox.g⁻¹ da hortaliça.

Para o método de DPPH foi adotada a metodologia de Rufino et al., 2007b, os resultados expressos em EC 50, que representa a quantidade de antioxidante para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50.

Para quantificação do sistema beta-caroteno/ácido linoleico adotou-se a metodologia modificada por Rufino et al., 2007c. Os resultados podem ser expressos de acordo com as equações abaixo (1) e (2).

$$\% \text{ Oxidação} = \frac{[(\text{Redução Abs}) \text{ amostra} \times 100]}{(\text{Redução Abs}) \text{ sistema}} \quad (1)$$

$$\% \text{ Proteção} = 100 - (\% \text{ Oxidação}) \quad (2)$$

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 \times 3 \times 6, sendo 2 tipos de cortes (rasgado e picado), 3 temperaturas de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) e 6 tempos (0,2,4,6,8 e 10 dias) com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de uma bandeja de 40g de azedinha.

Os resultados foram submetidos à análise de variância sendo as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey ou submetidas à regressão polinomial, a 5% de probabilidade, utilizando o pacote computacional SISVAR® (Ferreira, 2011). Para melhor interpretação dos dados nos casos de interação tripla optou-se por gráficos em 3d, seguidos de linhas de contorno.

Resultados e Discussão

A claridade (L^*) foi influenciada, interativamente, pela temperatura de armazenamento, pelo tempo e pelo tipo de corte (Figura 1). Sabe-se que o espectro de L^* varia de 0 (preto) a 100 (branco) e fornece a medida de quão claro ou escuro está o alimento. De forma geral observa-se que a 10°C houve aumento de L^* para ambos os cortes, ou seja, as amostras tornaram-se mais claras no final do estudo. Embora o incremento tenha ocorrido de forma mais acentuada em azedinhas picadas, o comportamento foi semelhante para os dois tipos de corte. Azedinhas rasgadas apresentaram no final do armazenamento 45,82; 43,83 e 54,38 nas temperaturas de 0°C , 5°C e 10°C , enquanto em azedinhas picadas os valores chegaram a 47,72; 48,38 e 57,45, nas mesmas condições.

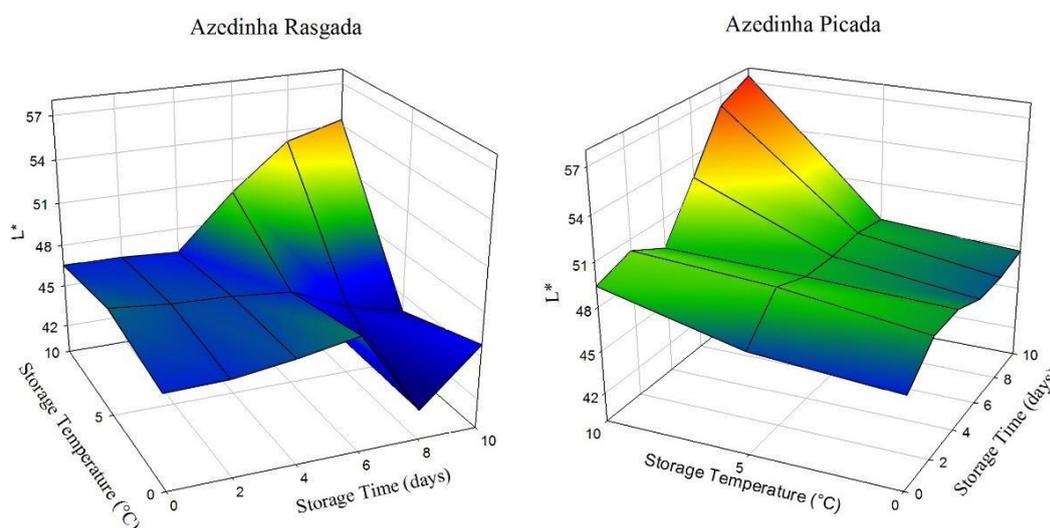


Figura 1 Valores médios de L^* para Azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Em azedinhas rasgadas, as diferenças significativas apareceram a partir do 6° dia de armazenamento; amostras armazenadas a 10°C apresentaram 50,13, diferindo-se de amostras armazenadas a 0°C e 5°C , 47,90 e 46,60, respectivamente. No tempo 6, amostras picadas armazenadas a 10°C (52,53) apresentaram diferença em relação as amostras armazenadas a 0°C (47,45) e 5°C (48,60). No entanto a partir do tempo 8 houve diferença significativa de claridade em todas as temperaturas. Ao final do armazenamento observou-se um aumento acentuado do valor de L^* em amostras armazenadas a 10°C , tal fato pode ser associado ao amarelecimento das folhas que tende a aumentar a claridade das amostras. Um dos principais sintomas da senescência em hortaliças é o amarelecimento de suas folhas, proveniente da degradação da clorofila (Aiamla-Or et al.,2014).

Zhuang (1995) ao estudar brócolis minimamente processado, destacou a influência da temperatura no amarelecimento do produto, associando a degradação de clorofila com a oxidação lipídica da membrana celular e a atividade de algumas enzimas.

O chroma (figura 2) refere-se a intensidade de cor, seu índice vai de 0 a 60, sendo que valores mais próximos de 60 indicam cores mais vivas. De modo geral observa-se que azedinhas rasgadas armazenadas nas maiores temperaturas (5°C e 10°C) apresentam maiores valores de C para ambos os cortes. Diferenças significativas entre as temperaturas foram observadas no tempo 2 para azedinhas rasgadas, enquanto em picadas só pôde ser observada ao final do experimento.

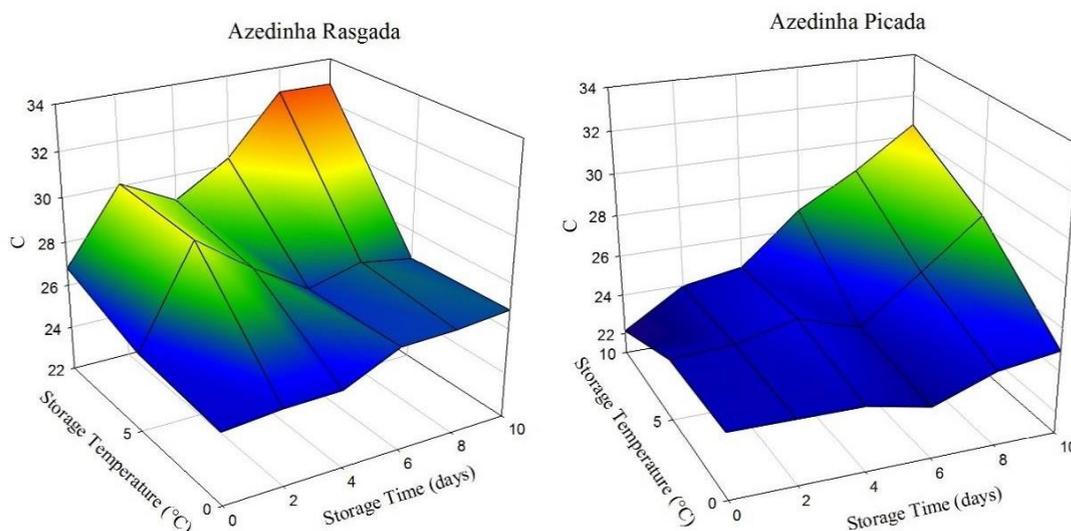


Figura 2 Valores médios de C para Azedinha submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

A figura 3 descreve o comportamento da variável $^{\circ}h$, o comportamento do ângulo descreve a tonalidade da cor. Essa variável foi influenciada significativamente apenas pelo tempo e pelas temperaturas de armazenamento. A perda de tonalidade atribuída pela queda do $^{\circ}h$ foi observada em azedinhas armazenadas a 10°C, com diferença significativa a partir do tempo 4. As amostras submetidas as demais temperaturas 0°C e 5°C apresentaram pouca variação ao longo do tempo e não foi possível observar diferença entre elas. Os menores valores de $^{\circ}h$ em azedinhas armazenadas a 10°C apontam degradação de clorofila nas folhas, sendo as temperaturas mais baixas (0°C e 5 °C) mais efetivas na prevenção deste problema.

Albornoz e Cantwell (2015) estudaram o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento em couve minimamente processada e suas conclusões foram semelhantes

as descritas no presente trabalho. A temperatura de armazenamento mais elevada causou decréscimo de qualidade visual, intensificada com o passar do tempo. As folhas tornaram-se amarelas, pálidas e descoloridas. Em contrapartida o armazenamento a 0°C e 5°C mantiveram por maior tempo os parâmetros de cor. Deste modo, o controle da temperatura se torna fundamental, visto que a manutenção da cor exerce papel decisivo no momento da compra. Dessa forma, azedinha deve ser mantida a 5°C no local de comercialização.

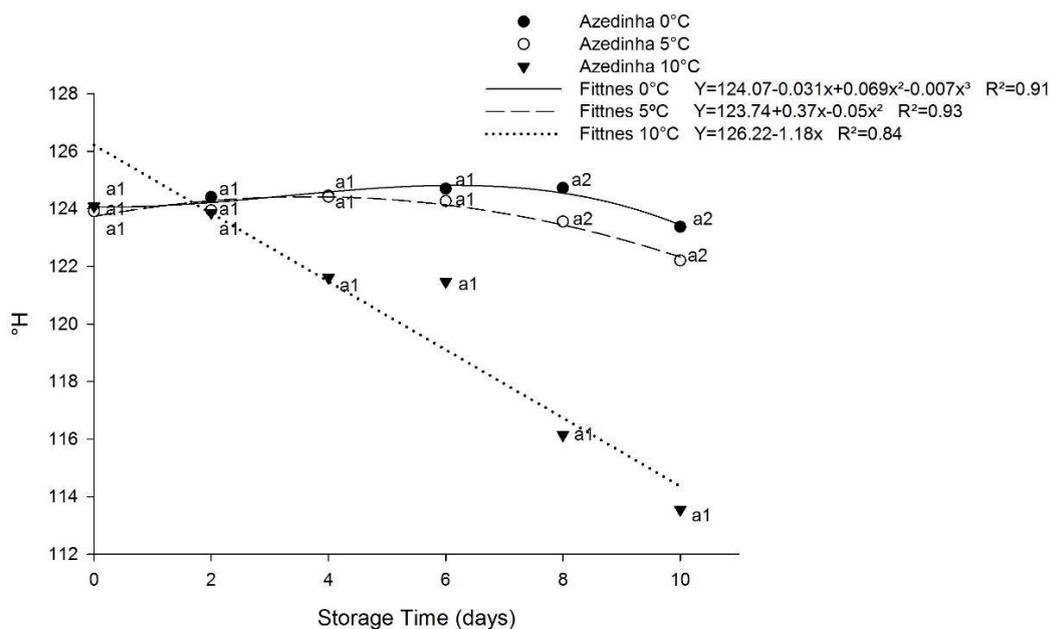


Figura 3 Valores médios de °H para Azedinha mantidas em 3 diferentes temperaturas por 10 dias. Letras iguais no mesmo tempo de armazenamento: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Os dados referentes a perda de massa podem ser observados na figura 4. Uma diminuição global na perda de massa foi observada ao longo do tempo, sendo acentuada na maior temperatura de armazenamento. Com relação ao tipo de corte observou-se que azedinhas picadas apresentaram maior perda de massa quando comparadas com azedinhas rasgadas em todas as temperaturas. A perda de massa encontrada nesse estudo variou de 1,90%; 2,11%; 2,48% para amostras rasgadas a 0°C, 5°C e 10°C, respectivamente. Para azedinhas picadas o percentual foi de 2,98%; 3,75% e 3,93% para as mesmas temperaturas.

Neste trabalho foi evidenciado que tanto o tipo de corte, quanto a temperatura e o tempo de armazenamento são fatores cruciais para garantir a qualidade do produto minimamente processado. Uma maior área superficial e o grau de injúria, devido ao corte sofrido pela hortaliça podem influenciar na taxa respiratória e transpiratória, fazendo com que se elevem, propiciando uma maior perda de massa. Da mesma forma o

aumento da temperatura também acarreta na aceleração do metabolismo do vegetal, em especial a respiração, que é considerada uma das grandes responsáveis pela perda de massa em hortaliças folhosas (Palma et al.,2018.)

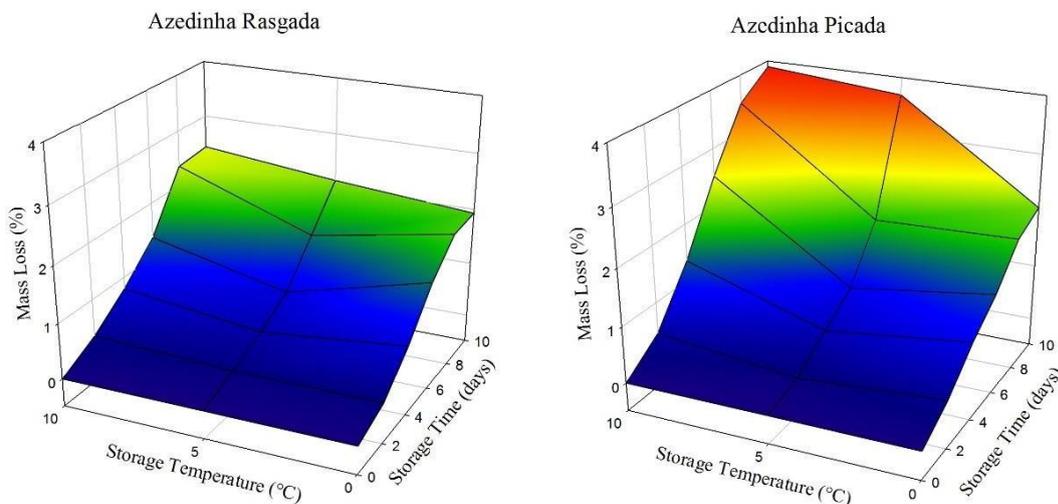
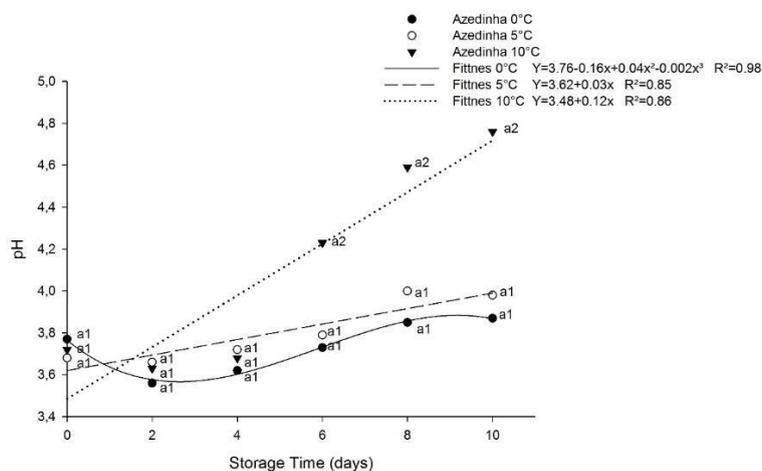


Figura 4 Valores médios de perda de massa (%) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte armazenadas por 10 dias em diferentes temperaturas.

As figuras 5 e 6 trazem respectivamente os dados referentes a pH e teor de sólidos solúveis. A acidez titulável, representada pelo ácido cítrico como ácido predominante, apresentou em média 0.86% e não variou significativamente ($p < 0,05$) em função de



qualquer dos fatores estudados (dados não apresentados).

Figura 5 Valores médios de pH para azedinhas armazenadas por 10 dias em diferentes temperaturas. Letras iguais no mesmo tempo de armazenamento: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

O pH apresentou interação entre o tempo e a temperatura de armazenamento. De modo geral observou-se aumento do pH, acentuado nas folhas armazenadas à 10°C, a partir do sexto dia. O pH das amostras armazenadas à 0°C e 5°C não diferiu significativamente, em nenhum tempo estudado. Alves et al., (2010) também observou o

aumento do pH em mix de minimamente processados e associou esse aumento ao consumo de ácidos orgânicos pelo processo respiratórios.

A figura 6 compreende os dados acerca do teor de sólidos solúveis. Observa-se comportamento semelhante ao descrito para perda de massa. A maior perda de massa é evidenciada em azedinhas picadas armazenadas a 10°C, refletindo-se em maiores concentrações de sólidos solúveis. Por outro lado, a perda de massa em azedinhas rasgadas é menos relevante, bem como o aumento de sólidos solúveis.

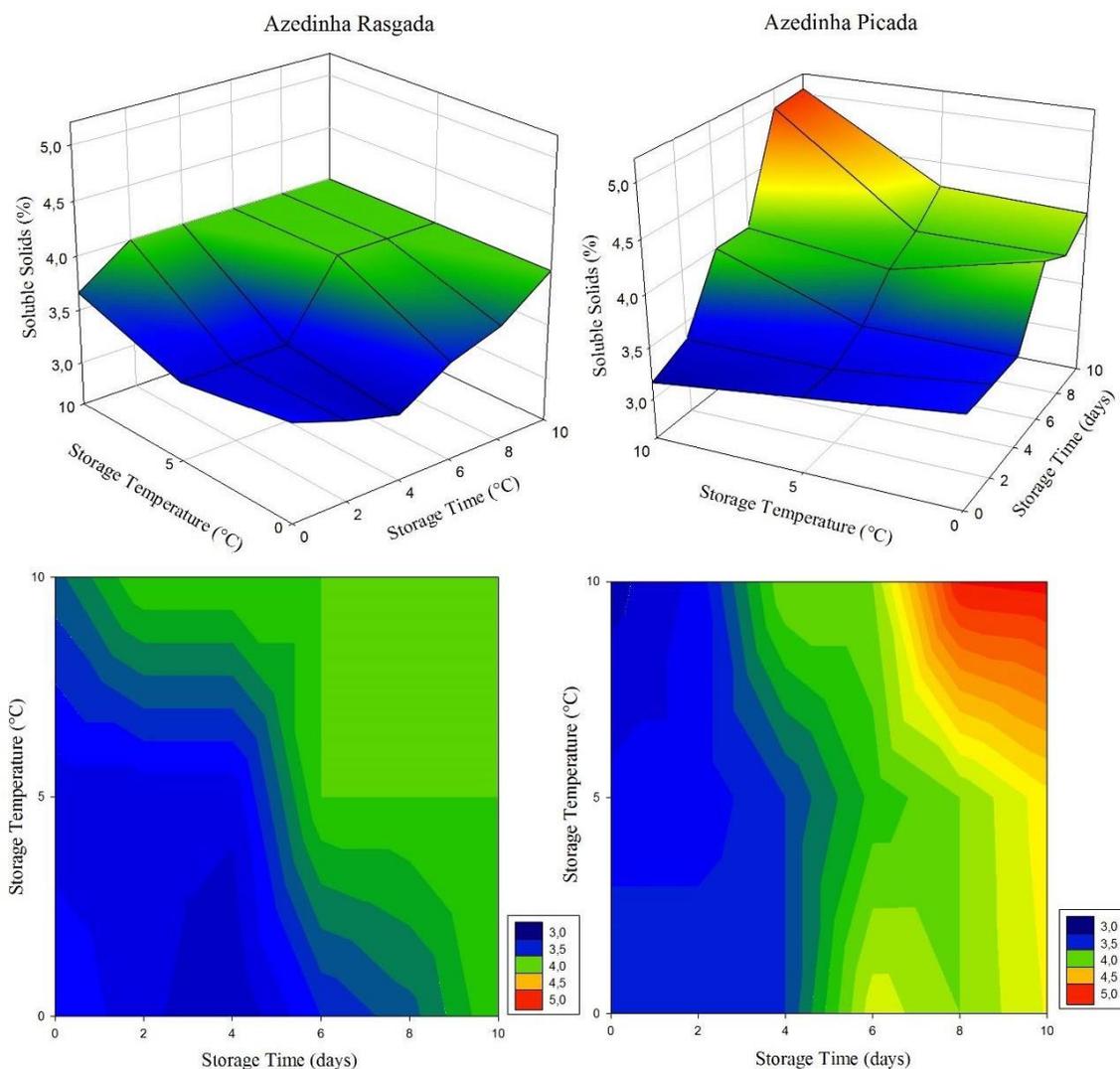


Figura 6 Valores médios de sólidos solúveis (%) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Diferenças significativas quanto ao teor de sólidos solúveis são observadas a partir do 4º dia com relação as temperaturas de armazenamento para azedinhas rasgadas. Nos dias 6 e 8, a temperatura de 0°C se difere estatisticamente das demais, porém ao final do armazenamento não há distinção entre os valores de sólidos solúveis encontrados, independente da temperatura de armazenamento.

Em azedinhas picadas somente foi observada diferença significativa ao nível de 5% após o 8º dia na temperatura de 10°C. As demais temperaturas de 0°C e 5°C não diferiram em nenhum tempo de estudo. Ao final do armazenamento as azedinhas picadas apresentaram 3,54%;3,48% e 5% nas temperaturas de 0°C,5°C e 10°C, respectivamente.

Beckles (2012) afirmou em seu trabalho com tomates, que menores temperaturas de armazenamento são capazes de influenciar no teor de sólidos solúveis, bem como na síntese de voláteis. Frutas minimamente processadas apresentaram menor teor de sólidos solúveis quando armazenadas em temperaturas mais baixas (0°C), o percentual encontrado por Gomez et al., (2009) foi cerca de 25% maior em frutas armazenadas em temperaturas mais elevada.

A figura 7 traz os valores referentes ao teor de ácido ascórbico encontrados nas folhas de azedinha ao longo do experimento. O comportamento da azedinha rasgada e picada foi semelhante para o estudo de vitamina C: valores elevados no tempo 0, seguido de queda nos demais dias de armazenamento.

Azedinha apresentou altos valores de vitamina C no tempo 0 independente do tipo de corte e temperatura, quando comparadas com outras hortaliças largamente empregadas na dieta como por exemplo alface, rúcula e agrião. No tempo 0 a azedinha rasgada apresentou em média 86,8 mg AA.100⁻¹g e a picada cerca de 83,87 mg AA.100⁻¹g. Hortaliças convencionais citadas anteriormente apresentam aproximadamente 50 mg AA. 100⁻¹g (Lima, 2011), valores próximos foram atribuídos a azedinhas rasgadas e picadas armazenadas a 4 dias, independente da temperatura.

Lee e Kader (2000) e Gil, Aguayo e Kader (2006) afirmaram que o ácido ascórbico diminui com o armazenamento na maioria dos produtos hortícolas, com taxas de degradação que dependem de vários fatores entre eles: genótipo, estágio de maturação e condições de armazenamento e processamento. Em frutas e hortaliças minimamente processadas, devido ao ferimento, a taxa de degradação pode ser particularmente alto, maior que 50%. Os resultados encontrados nesse trabalho corroboram o dos autores citados. A redução da vitamina C foi de 66% e 68% em azedinhas rasgadas a 0°C e 5°C, nessa ordem e de 71% e 73% para azedinhas picadas nas mesmas temperaturas. As maiores reduções de AA foram atribuídas a temperatura de 10°C, deixando claro a importância das condições de armazenamento para a manutenção dos constituintes do produto minimamente processado.

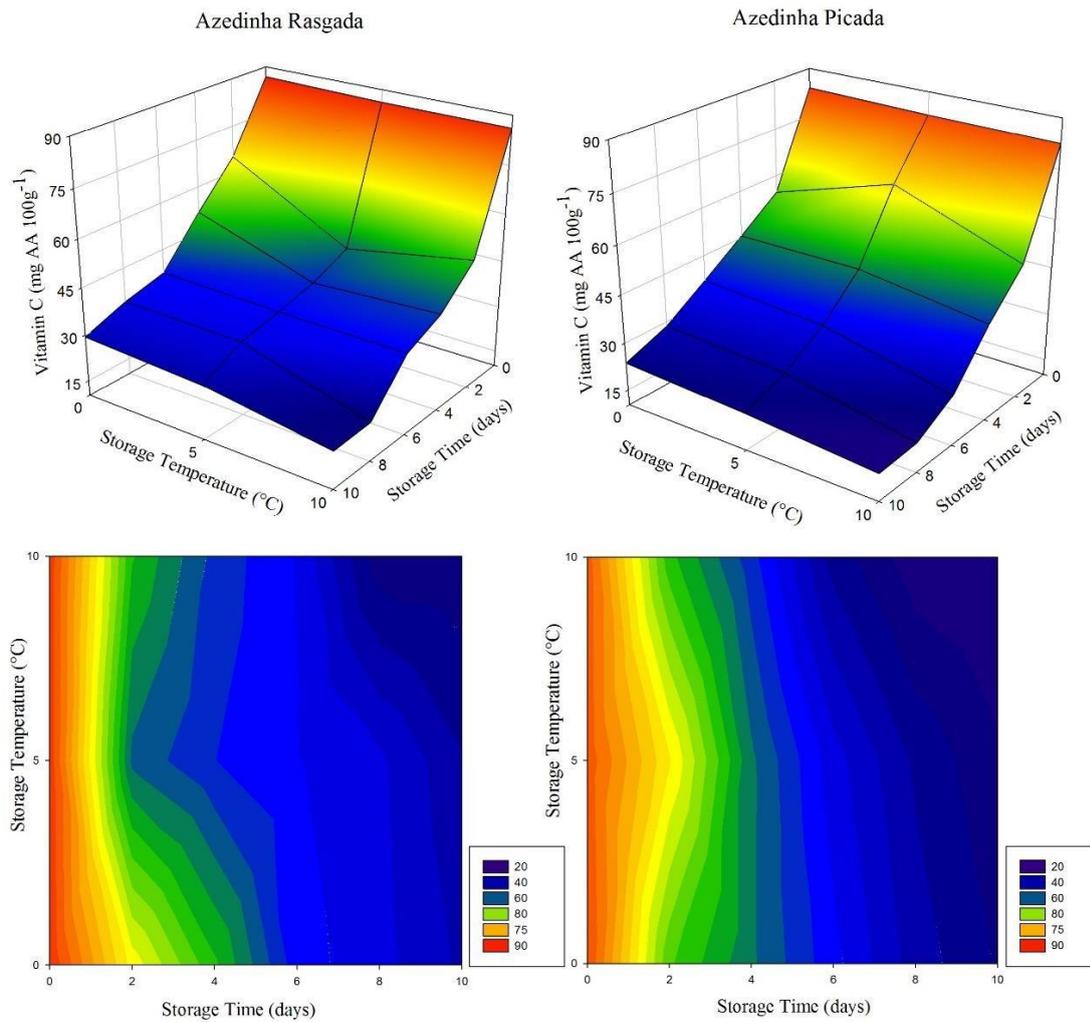


Figura 7 Valores médios dos teores de vitamina C (mg AA 100g⁻¹) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Os compostos fenólicos são associados na literatura a vários parâmetros de qualidade, graças a sua atividade antioxidante e sua influência na cor, sabor e aroma de frutas e hortaliças (Yahia,2017; Sun, Yan e Lin, 2018). Na figura 8 encontra-se a concentração de fenólicos totais em amostras de azedinhas rasgadas e picadas em diferentes tempos de armazenamento. De modo geral, observou-se a influência da temperatura, do tipo de corte e do tempo de armazenamento sobre o teor de compostos fenólicos totais em azedinhas minimamente processadas.

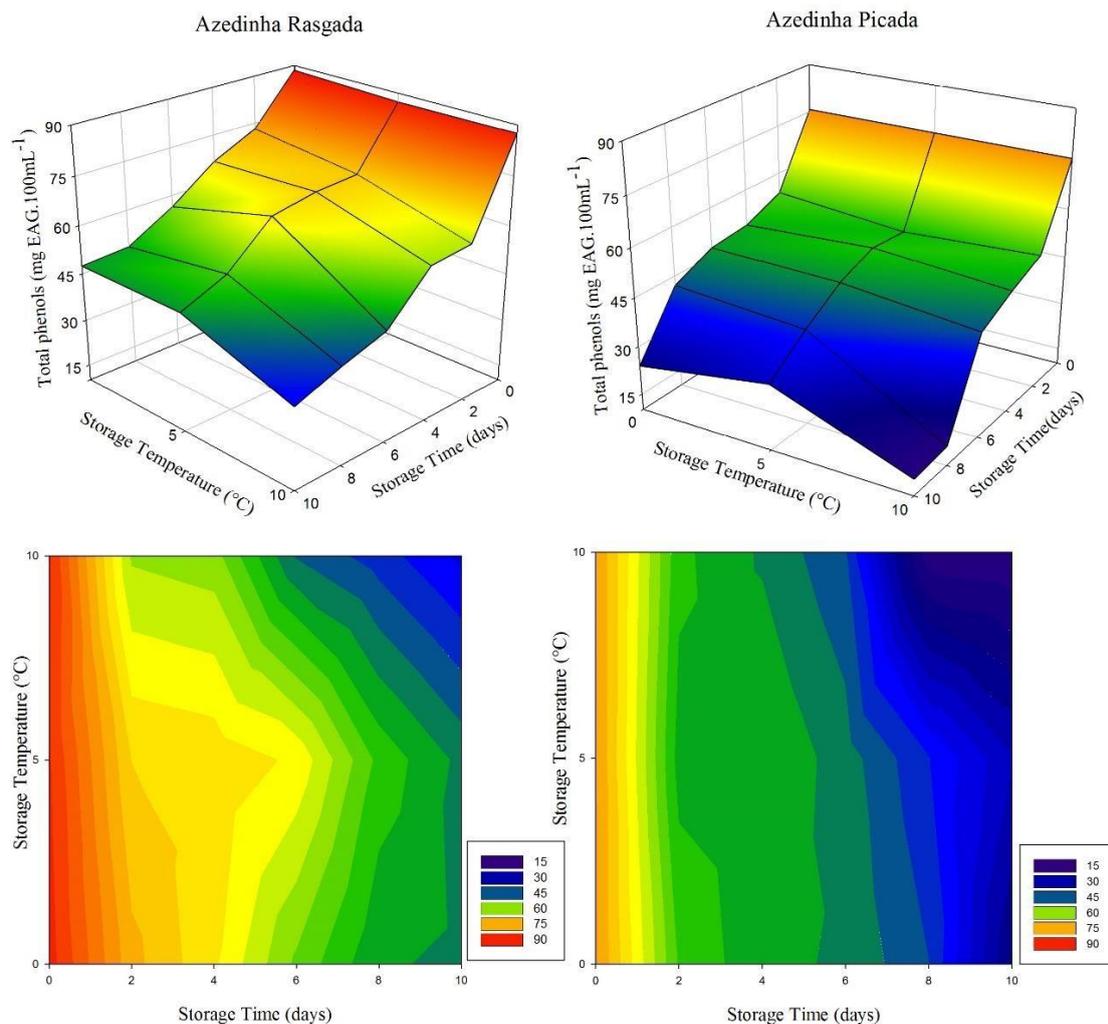


Figura 8 Valores médios da concentração de fenólicos totais (mg EAG 100g⁻¹) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Para azedinhas rasgadas, os menores valores de fenólicos totais foram atribuídos a temperatura de 10°C, a partir do sexto dia, onde foi possível estabelecer diferença significativa entre as demais temperaturas. Os valores foram de 44,75 mg EAG 100g⁻¹, 40,50 mg EAG 100g⁻¹ e 35,32 mg EAG 100g⁻¹, para os dias 6, 8 e 10, respectivamente. O percentual de perda para fenólicos totais na temperatura de 0°C foi de 46,32% e para 5°C 45,99%. Entre essas temperaturas não observou-se diferença significativa ao final do experimento.

As azedinhas picadas apresentaram elevado percentual de degradação desses compostos chegando a 69% de redução na temperatura de 0°C, 59% a 5°C e expressivos 81% na maior temperatura armazenamento (10°C). A elevada perda de compostos fenólicos totais em azedinhas picadas enfatiza a importância do estudo entre os diferentes tipos de corte e a correlação existente com a temperatura. Em trabalho similar, Li et al.,

(2017) encontraram relação entre o grau de injúria e o teor de fenólicos totais, bem como uma relação entre a redução desses compostos e a queda da atividade antioxidante total do vegetal. Sabe-se que a queda dos compostos fenólicos acontece de forma natural devida a reações de oxidação químicas e aumento da atividade enzimáticas das células vegetais, porém o estresse causado pelo tipo de injúria pode ser um indicativo de aceleração dessas reações de degradação, além de provocar alteração na estrutura dos compostos (Palma et al.,2018;Tomás-Barberán e Espín, 2001).

Os compostos fenólicos estão associados a atividade antioxidante, atuando como neutralizadores de radicais livres e quelantes de íons metálicos (Guitierrez,Chaves e Rodríguez, 2018). A capacidade antioxidante atribuída a esses compostos é um indicador importante do seu potencial como promotores de saúde em estudos in vitro (de Moraes Barros, Ferreira e Genovese, 2012).

O perfil de compostos fenólicos das azedinhas rasgadas e picadas disponíveis é apresentado nas tabelas 1 e 2, respectivamente. Em azedinha rasgada (tabela 1) foram identificados seis compostos fenólicos: os ácidos gálico, clorogênico, cafeíco e trans-cinâmico, além da vanilina e catequina, já em azedinhas picadas (tabela 2) foram detectados apenas os ácidos gálico, cafeíco, trans-cinâmico e clorogênico.

O ácido clorogênico foi o fenólico majoritário identificado tanto em azedinhas rasgadas quanto nas picadas. Sua concentração inicial variou de 5.54 a 5.65 ± 0.18 mg.100g⁻¹. Com 10 dias de armazenamento houve diminuição do ácido clorogênico em todas as temperaturas para a azedinha picada e para rasgada, com exceção de 0°C. O ácido clorogênico é um importante polifenol biologicamente ativo, além de seus efeitos antioxidantes e antiinflamatórios (Tajik et al.,2017), Yamagata et al., (2018) relatou sua atividade na regulação de células cancerígenas.

Tabela 1. Perfil de compostos fenólicos (mg.100g⁻¹) detectados por HPLC em azedinhas rasgadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias.

Azedinha Rasgada									
Tempo(dias)	Galic Acid (mg.100g ⁻¹)			Chlorogenic Acid (mg.100g ⁻¹)			Caffeic acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.166±0.02	0.277±0.03	0.176±0.02	5.622±0.08	5.637±0.13	5.657±0.09	0.434±0.03	0.472±0.02	0.402±0.04
6	0.163±0.01	0.182±0.03	0.222±0.02	4.760±0.12	4.257±0.06	2.905±0.01	0.412±0.03	-	-
10	0.143±0.02	0.105±0.02	0.264±0.02	4.720±0.09	2.105±0.04	0.413±0.01	0.407±0.01	-	-
Tempo(dias)	Vanillin (mg.100g ⁻¹)			Catechin (mg.100g ⁻¹)			Trans-cinnamic acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.205±0.01	0.202±0.02	0.266±0.02	1.302±0.16	1.301±0.12	1.297±0.12	0.052±0.01	0.048±0.01	0.056±0.02
6	0.101±0.01	0.048±0.03	-	-	-	-	0.078±0.01	0.237±0.01	0.357±0.02
10	0.101±0.03	-	-	-	-	-	0.430±0.01	0.473±0.02	0.455±0.01

Tabela 2. Perfil de compostos fenólicos (mg.100g⁻¹) detectados por HPLC em azedinhas picadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias

Azedinha Picada						
Tempo(dias)	Galic Acid (mg.100g ⁻¹)			Chlorogenic acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	1.302±0.14	1.379±0.13	1.362±0.18	5.547±0.18	5.575±0.13	5.604±0.12
6	0.114±0.02	0.382±0.03	0.418±0.00	2.551±0.08	2.869±0.12	2.688±0.11
10	0.006±0.00	0.043±0.03	0.218±0.00	2.335±0.10	1.573±0.08	1.032±0.03
Tempo(dias)	Caffeic acid (mg.100g ⁻¹)			Trans-cinnamic acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.388±0.03	0.388±0.03	0.380±0.04	0.419±0.01	0.423±0.01	0.420±0.02
6	-	-	-	0.446±0.02	0.427±0.04	0.439±0.02
10	-	-	-	0.449±0.03	0.474±0.01	0.473±0.01

A catequina e a vanilina foram detectadas somente em azedinhas rasgadas, sendo que a primeira somente foi observada no tempo 0. A vanilina se fez presente em todos os tempos na temperatura de 0°C, nos demais tempos a degradação possivelmente foi acelerada pela interação entre temperatura e tempo de armazenamento. As catequinas são comumente encontradas em chá verdes e suas propriedades já foram descritas na literatura (De Oliveira et al.,2016; Tenore et al.,2015; Pastoriza et al.,2017). A vanilina é relatada na literatura com efeito cardioprotetor como redução da pressão arterial (Onakpoya et al. 2014).

Em azedinhas rasgadas houve maior concentração de ácido cafeico no tempo 0. Quando armazenadas a 0°C seu teor se manteve próximo do encontrado inicialmente até o fim do experimento. Já para as demais temperaturas (5°C e 10°C), azedinhas rasgadas e picadas não apresentaram presença de ácido cafeico nos tempos 6 e 10.

O teor de ácido trans-cinâmico permaneceu praticamente constante em azedinhas picadas durante todo o experimento, a quantidade encontrada variou em média $4,20 \pm 0,02 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ no tempo 0 a $4,73 \pm 0,03 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ no tempo 10. Quanto ao seu comportamento em azedinhas rasgadas observa-se tendência de crescimento com o passar dos dias e a concentração final é semelhante às azedinhas picadas.

O aumento de ácido gálico parece ter sido influenciado positivamente pelo aumento da temperatura em azedinhas rasgadas, apesar de apresentar concentrações relativamente baixas ao longo do estudo. Em azedinhas picadas, a concentração inicial foi maior, indicando novamente que a síntese de ácido gálico pode ocorrer de forma mais intensa em situações de estresse, como grau de injúria. O ácido gálico é sintetizado como um subproduto da via responsável pela produção de taninos e acredita-se que esse composto apresente excelente capacidade antioxidante e biodisponibilidade comprovada *in vivo* (Roche et al.,2017).

A figura 9 ilustra a atividade antioxidante determinada pelo método do β -caroteno/ácido linoleico. A influência das variáveis tempo X tipo de corte X temperatura é notória.

Com relação às temperaturas, azedinhas rasgadas foram semelhantes apenas no dia 0. A partir do dia 2, amostras armazenadas a 10°C já diferiram das demais temperaturas e após o 4° dia houve diferença entre as temperaturas de 0°C e 5°C, tal fato foi observado até o 8° dia. No dia 10, azedinhas a 0°C e 5°C apresentaram 52,76% e 51,17% de proteção, respectivamente, valores iguais perante o teste estatístico, o percentual a 10°C foi significativamente menor quando comparado aos demais,

44,33%. O comportamento de azedinhas picadas se deu de forma semelhante. Azedinhas a 10°C apresentaram valores significativamente menores daquelas armazenadas a 0°C e 5°C, com exceção do tempo 0. Ao final do experimento a % de proteção foi de 58,49%; 57,05% e 43,15% para 0°C, 5°C e 10°C, nesta ordem.

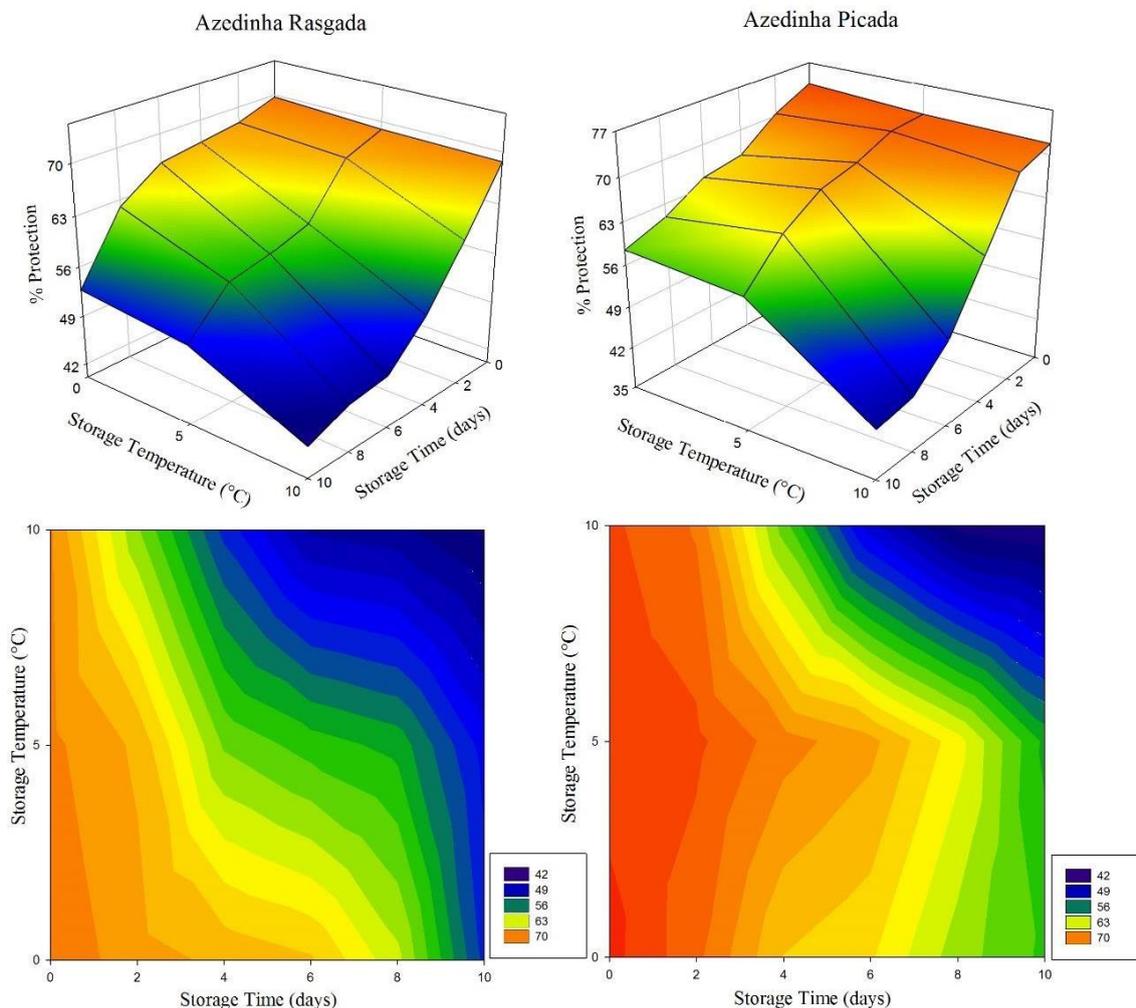


Figura 9 Valores médios do % proteção determinada por meio a autooxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico para azedinha submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

De modo geral, a maior redução da atividade antioxidante medida pela % de proteção determinada por meio da autooxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico se deu em azedinhas picadas armazenadas a 10°C (39,22%) e a menor degradação ocorreu em azedinhas picadas a 0°C (20,25%).

A atividade antioxidante medida pelo método de ABTS pode ser observada na figura 10 para azedinhas rasgadas e picadas em diferentes temperaturas de armazenamento.

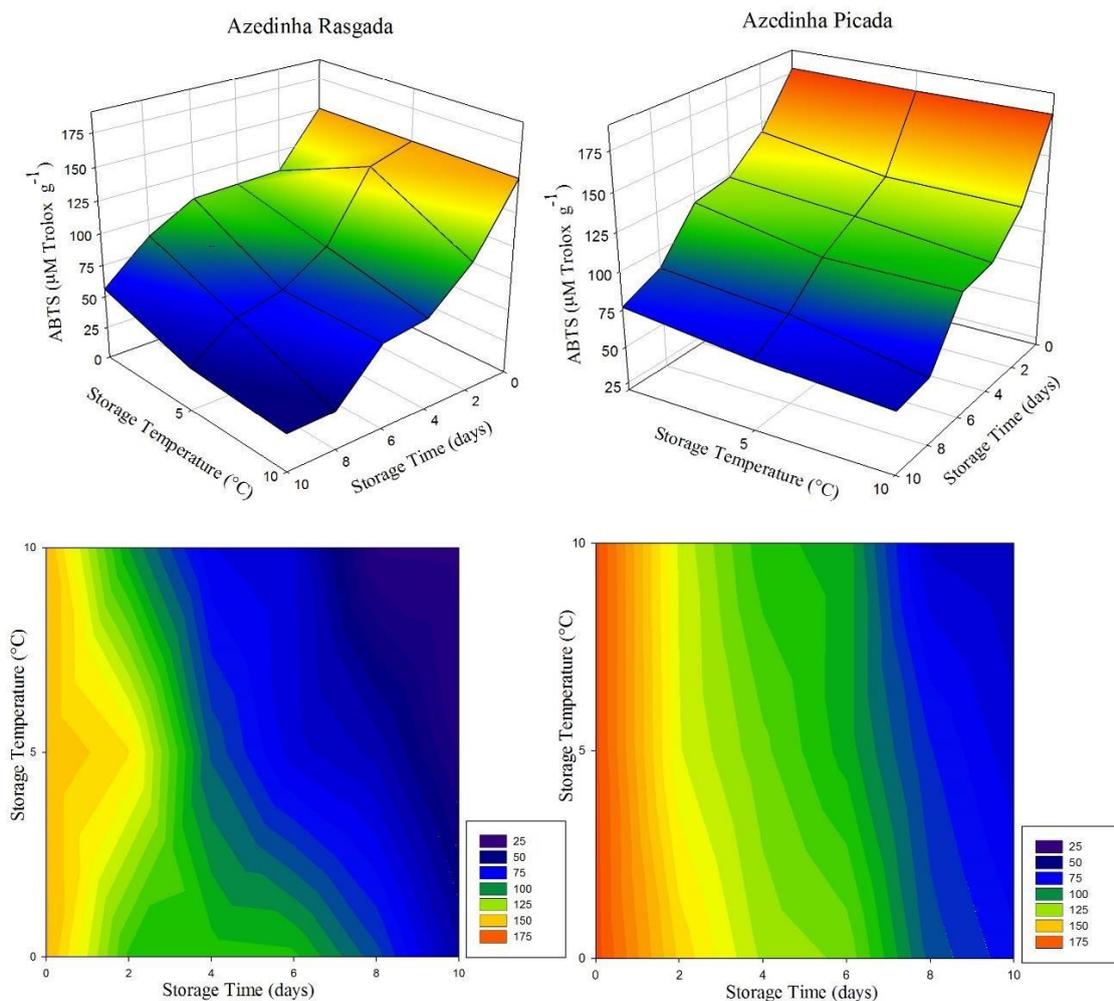


Figura 10 Valores médios da atividade antioxidante (ABTS) para Azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

As folhas rasgadas armazenadas a 5°C e 10°C apresentaram perda significativa de atividade antioxidante a partir do tempo 4. Enquanto naquelas a 0°C , esse comportamento só foi observado após o 6º dia de estudo. Ao final do armazenamento foi possível estabelecer diferença significativa entre as temperaturas, assim os teores encontrados para azedinhas rasgadas foram de $56,15 \mu\text{M trolox.g}^{-1}$; $33,77 \mu\text{M trolox.g}^{-1}$ e $28,62 \mu\text{M trolox.g}^{-1}$ para 0°C , 5°C e 10°C , respectivamente.

Quanto as azedinhas picadas observou-se menor influência da temperatura quando comparada as rasgadas. A redução ao longo do tempo se deu de forma semelhante para todas as temperaturas. No 10º dia, a atividade antioxidantes era de $76,76 \mu\text{M trolox.g}^{-1}$; $66,70 \mu\text{M trolox.g}^{-1}$ e $61,0 \mu\text{M trolox.g}^{-1}$ para 0°C , 5°C e 10°C .

A superioridade das azedinhas picadas em relação a atividade antioxidante medida pelo método ABTS pode ser confirmada pelos percentuais de redução ao longo do

armazenamento. Azedinhas rasgadas apresentaram 62,89%, 77,22% e 81,24%, enquanto hortaliças picadas 56,23%, 62,98 e 65,12% para as temperaturas de 0°C, 5°C e 10°C, nesta ordem.

A atividade antioxidante da *Rumex acetosella* L. (azedinha dos noivos), pertencente a família da azedinha, foi estudada por Sarikurkcu et al., (2017). Os valores encontrados de ABTS foram inferiores aos encontrados no presente trabalho. É válido lembrar que a azeda dos noivos não passou por nenhuma etapa de processamento mínimo. Azedinhas rasgadas e picadas apresentaram em média 150.78 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$ e 177.68 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$, enquanto a azeda dos noivos a atividade antioxidante determinada pelo método ABTS foi de 82.64 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$.

Na figura 11 são apresentados os dados referentes a atividade antioxidante de azedinhas medida pela técnica de captura de radical livre DPPH, expressa em EC 50.

Azedinhas rasgadas foram mais eficientes em manter a atividade antioxidante nas temperaturas mais elevadas (5°C e 10°C), sendo observada uma redução significativa de 80% na temperatura de 0°C, porém a partir do tempo 6, folhas picadas apresentaram maior atividade antioxidante, independente da temperatura de armazenamento.

Na temperatura de 0°C, com exceção do tempo 0, a azedinha rasgada apresentou maiores valores quando comparada a azedinha picada na mesma temperatura. Enquanto no tempo 2, a azedinha picada mostrava valores próximos ao tempo 0 (26,80 mg.mL^{-1}), amostras rasgadas tiveram perda significativa de atividade antioxidante alcançando 63,28 mg.mL^{-1} .

Na temperatura de 5°C e 10°C observou-se comportamento semelhante; azedinhas rasgadas apresentaram maior atividade antioxidante até o tempo 6, após esse período azedinhas picadas apresentaram os menores valores de EC 50. Ao final do 10 dias, azedinhas rasgadas apresentaram 83,01 mg.mL^{-1} e 68,34 mg.mL^{-1} a 5°C e 10°C, respectivamente, enquanto em azedinhas picadas os valores eram de 72,45 mg.mL^{-1} e 64,14 mg.mL^{-1} , nas mesmas temperaturas.

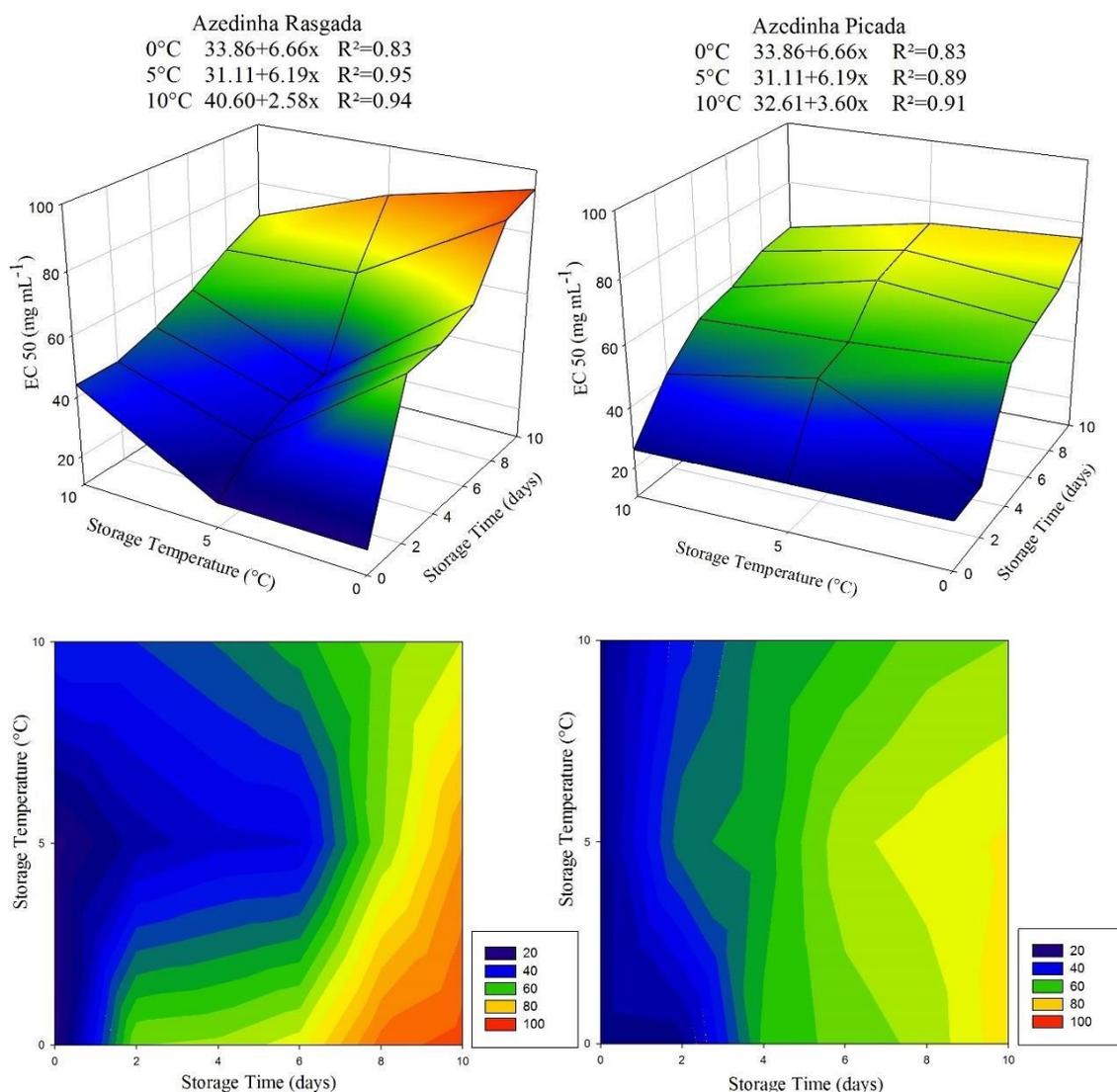


Figura 11 Valores médios da atividade antioxidante por DPPH (EC 50) para azedinhas submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Maiores valores de atividade antioxidante foram observados no início do experimento, seguido de queda nos demais tempos para ambos os cortes. A atividade antioxidante demonstra relação positiva com o grau de injúria, uma vez que folhas picadas apresentaram valores superiores de atividade antioxidante em todas as metodologias, por outro lado, a % de proteção e o ABTS mostraram-se sensíveis ao aumento da temperatura, sendo observadas reduções significativas da atividade antioxidante ao final do experimento.

Conclusão

As menores temperaturas de armazenamento (0 e 5°C) foram as mais efetivas na manutenção da coloração, e teores de vitamina C e fenólicos totais e redução da perda de massa, aumentando de forma significativa a vida útil de azedinha minimamente processada, a despeito do tipo de corte. A injúria causada pelo corte aumenta a atividade antioxidante de azedinha minimamente processada.

Referencial bibliográfico

- Aiamla-Or, S., Shigyo, M., Ito, S., Yamauchi, N., 2014. Involvement of chloroplast peroxidase on chlorophyll degradation in postharvest broccoli florets and its control by UV-B treatment. **Food Chem.** 165, 224–231.
- Albornoz, K., & Cantwell, M. I. Fresh-cut kale quality and shelf-life in relation to leaf maturity and storage temperature. In: **III International Conference on Fresh-Cut Produce: Maintaining Quality and Safety 1141**. 2015. p. 109-116
- Alves, J. A., Vilas Boas, E. V. B., Vilas Boas, B. M., & SOUZA, E. D. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 625-634, 2010.
- Artés-Hernández, F., Martínez-Hernández, G. B., Aguayo, E., Gómez, P. A., & Artés, F. Fresh-cut fruit and vegetables: Emerging eco-friendly techniques for sanitation and preserving safety. In: **Postharvest handling**. InTech, 2017.
- 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.
- Bvenura, C., & Sivakumar, D. The role of wild fruits and vegetables in delivering a balanced and healthy diet. **Food Research International**, v. 99, p. 15-30, 2017
- Curutchet, A., Dellacassa, E., Ringuet, J. A., Chaves, A. R., & Viana, S. Z. (2014). Nutritional and sensory quality during refrigerated storage of fresh-cut mints (*Mentha _ piperita* and *M. spicata*). **Food Chemistry**, 143, 231e238.
- Ferreira, D. F. (2011). SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35 (6), 1039-1042.
- Finnegan, E., & O'Beirne, D. Characterising deterioration patterns in freshcut fruit using principal component analysis. II: Effects of ripeness stage, seasonality, processing and packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v.100, p. 91-98, 2015
- Gil MI, Aguayo E and Kader AA, Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. **J Agric Food Chem** 54: 4284 - 4296 (2006).
- Gutiérrez, D. R., Chaves, A. R., & Rodríguez, S. D. C. UV-C and ozone treatment influences on the antioxidant capacity and antioxidant system of minimally processed rocket (*Eruca sativa* Mill.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 138, p. 107-113, 2018.
- Gomez, P., Ferrer, M.A., Fernandez-Trujillo, J.P., Calderon, A., Artes, F., Egea-Cortines, M., Weiss, J., 2009. Structural changes, chemical composition and antioxidant activity of cherry tomato fruits (cv Micro-Tom) stored under optimal and chilling conditions. **J. Sci. Food Agric.** 89, 1543–1551.

- Lee SK and Kader AA, Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biol Technol** 20: 207 - 220 (2000).
- Li, X., Long, Q., Gao, F., Han, C., Jin, P., & Zheng, Y. Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 124, p. 1-7, 2017.
- Lima DM. 2011. Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO. NEPA-UNICAMP, 164 p.
- Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., & Gao, Z. Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 64, p. 23-38, 2017.
- Martins, N., Petropoulos, S., & Ferreira, I. C. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre-and post-harvest conditions: A review. **Food chemistry**, v. 211, p. 41-50, 2016
- de Moraes Barros, H. R., de Castro Ferreira, T. A. P., & Genovese, M. I. (2012). Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from comercial cultivars of citrus from Brazil. *Food Chemistry*, 134(4), 1892–1898.
- M. R. De Oliveira, S. F. Nabavi, M. Daglia, L. Rastrelli and S. M. Nabavi, Epigallocatechin gallate and mitochondria—a story of life and death. **Pharmacological research**, v. 104, p. 70-85, 2016.
- Onakpoya IJ, Spencer EA, Thompson MJ, Heneghan CJ. The effect of chlorogenic acid on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. **J Hum Hypertens** v.29, p.77–81, 2014.
- Palma, A., Continella, A., La Malfa, S., & D'Aquino, S. Changes in physiological and some nutritional, nutraceuticals, chemical–physical, microbiological and sensory quality of minimally processed cactus pears cvs ‘Bianca’, ‘Gialla’ and ‘Rossa’ stored under passive modified atmosphere. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 5, p. 1839-1849, 2018.
- Pastoriza, S., Mesías, M., Cabrera, C., & Rufián-Henares, J. A. Healthy properties of green and white teas: an update. **Food & function**, v. 8, n. 8, p. 2650-2662, 2017.
- Roche, A., Ross, E., Walsh, N., O'Donnell, K., Williams, A., Klapp, M., Fullard, N., Edelstein, S., Andrea et al. Representative literature on the phytonutrients category: Phenolic acids. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 6, p. 1089-1096, 2017
- Rufino, M. S. M.; Alves, R.E.; Brito, E. S De; Filho, J.M; Moreira, A.V.B . **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema b-caroteno/ácido linoléico**. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007a.

- Rufino, M. S. M.; Alves, R.E.; Morais, S. M.; Sampaio, C. G.; Perez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS⁺**. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007b.
- Rufino, M. S. M.; Alves, R.E.; Morais, S. M.; Sampaio, C. G.; Perez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007c.
- Sarikurkcu, C., Targan, S., Ozer, M. S., & Tepe, B. Fatty acid composition, enzyme inhibitory, and antioxidant activities of the ethanol extracts of selected wild edible plants consumed as vegetables in the Aegean region of Turkey. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 3, p. 560-572, 2017.
- Silva ECDA, Carlos LDA, Araújo AP, Ferraz LDC, Pedrosa MW and Silva LS. 2013. Characterization of two types of azedinha in the region of Sete Lagoas, **Brazil. Horti Bras** 31: 328-331.
- Sun, F., Yan, Y., & Lin, L. The evaluation of antioxidant properties and stability of polyphenols from Spinacia oleracea. **Journal of Biotech Research [ISSN: 1944-3285]**, v. 9, p. 8-13, 2018.
- Strohecker, R.; Henning, H. M. Analisis de vitaminas: metodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.
- Tajik, N., Tajik, M., Mack, I., & Enck, P. The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: a comprehensive review of the literature. **European journal of nutrition**, v. 56, n. 7, p. 2215-2244, 2017
- Tenore, G. C., Campiglia, P., Giannetti, D., & Novellino, E. Simulated gastrointestinal digestion, intestinal permeation and plasma protein interaction of white, green, and black tea polyphenols. **Food chemistry**, v. 169, p. 320-326, 2015
- Tomás-Barberán, F. A., & Espín, J. C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J Sci Food Agr*, 81, 853–876.
- Wang, P., Zhan, P., Tian, H., Zhang, F., & Xi, J. Characterization of the Influence of Thermal Sterilization on the Volatiles in Flat Peach Juice. **Analytical Letters**, p. 1-11, 2018.
- Waterhouse, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, p. 11.1.1-11.1.8, 2002.
- Yahia, Elhadi M. The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. **Fruit and Vegetable Phytochemicals; De La Rosa, LA, Alvarez-Parrilla, E., González-Aguilar, GA, Eds**, p. 3-51, 2017.
- Yamagata, K., Izawa, Y., Onodera, D., & Tagami, M. Chlorogenic acid regulates apoptosis and stem cell marker-related gene expression in A549 human lung cancer cells. **Molecular and cellular biochemistry**, v. 441, n. 1-2, p. 9-19, 2018
- Zhuang, H., Hildebrand, D. F., & Barth, M. M. Senescence of broccoli buds is related to changes in lipid peroxidation. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 43, n.10, p. 2585–2591, 1995.

CAPÍTULO 3 – PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ORA-PRO-NÓBIS (*PERESKIA ACULEATA* MILL) COM ÊNFASE NO TIPO DE CORTE E NA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO

Resumo

A busca por alimentos saudáveis traz à tona a necessidade de inserção de novas hortaliças à dieta, bem como o estudo de possíveis formas de agregação de valor a essas hortaliças que incentivem e facilitem seu consumo, como o processamento mínimo. O ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill) é uma hortaliça pertencente ao grupo denominado hortaliças não convencionais, devido a redução de cultivo e consumo ao longo dos anos em prol de hortaliças comerciais. Entre as etapas que auxiliam na manutenção da qualidade do vegetal minimamente processado estão a temperatura de armazenamento e o tipo de corte ao qual a hortaliça será submetido e o entendimento de como estes fatores se relacionam podendo refletir no aumento da vida útil do produto. O objetivo do trabalho é estudar o processamento mínimo de ora -pro-nóbis por meio de dois parâmetros essenciais de comercialização: o tipo de corte (rasgado e picado) e a temperatura de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) e estabelecer as melhores condições para garantir a qualidade do produto pelo maior tempo. As variáveis analisadas, ao longo de 10 dias, para verificar a qualidade do minimamente processado foram cor (L*, C, h°), pH, sólidos solúveis, perda de massa, teor de vitamina C, teor de fenólicos totais, perfil de fenólicos e atividade antioxidante. A maioria das variáveis estudadas foi influenciada pela interação entre tempo, temperatura de armazenamento e tipo de corte. Com o passar do tempo observou-se um decréscimo nas variáveis de qualidade, que foram afetadas em maior intensidade quando o produto foi armazenado a 10°C. O armazenamento à 10°C foi insuficiente para garantir a qualidade de ora-pro-nóbis picada ao longo dos 10 dias. Logo, os melhores resultados foram atribuídos às amostras armazenadas a 0°C e 5°C. Quanto ao tipo de corte, ora-pro-nóbis rasgadas e picadas apresentaram resultados semelhantes. Diante disso recomenda-se o armazenamento e a comercialização de ora-pró-nobis, rasgada ou picada, à temperatura de 5°C.

Palavras-chave: hortaliça não convencional, pós-colheita, qualidade

Abstract

The search for healthy food brings to the fore the need to insert new vegetables into the diet, as well as the study of possible ways of adding value to these vegetables that encourage and facilitate their consumption, such as minimum processing. The ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill) is a vegetable belonging to the group called non-conventional vegetables, due to reduced cultivation and consumption over the years in favor of commercial vegetables. Among the steps that help to maintain the quality of the minimally processed vegetable are the storage temperature and the type of cutting to which the vegetable will be subjected and the understanding of how these factors are related and may reflect the increase in the useful life of the product. The objective of this work is to study the minimum processing of the two processes by means of two essential marketing parameters: the type of cut (torn and chopped) and the storage temperature (0 ° C, 5 ° C and 10 ° C) and establish the best conditions to guarantee the quality of the product for the longest time. The variables analyzed during 10 days to verify the quality of the minimally processed were color (L *, C, h °), pH, soluble solids, mass loss, vitaminC content, total phenolic content, phenolic and antioxidant activity. Most of the studied variables were influenced by the interaction between time, storage temperature and cut type. Over time, a decrease in the quality variables was observed, which was affected to a greater degree when the product was stored at 10 ° C. The storage at 10 ° C was insufficient to guarantee the quality of chopped prawns over the 10 days. Therefore, the best results were attributed to samples stored at 0 ° C and 5 ° C. Regarding the type of cut, ripened or pricked ora-pro-jambs presented similar results. Therefore, the storage and commercialization of ora-pro-nobis, torn or chopped, at 5 ° C is recommended.

Keywords: unconventional vegetable, post-harvest, quality

Introdução

O engajamento em pesquisas que visam diminuir o desperdício, garantir a segurança alimentar e criar mecanismos para melhorar a qualidade dos alimentos é encorajado por grandes organizações mundiais como a FAO e a OMS (de Souza et al., 2017). Os vegetais minimamente processados atendem essa premissa e aliam os anseios de praticidade e conveniência sem perder as características de produto fresco e as propriedades nutricionais e funcionais de frutas e hortaliças (Artés-Hernández et al., 2017). O processamento mínimo de hortaliças abrange atividades de seleção e classificação da matéria-prima, pré-lavagem, processamento (descascamento, corte), sanitização, enxague e embalagem (Moretti, 2007). Além da expectativa de crescimento do setor nos próximos anos, um ponto importante é a capacidade de agregação de valor em 5 ou 6 vezes em relação a matriz original (Giovenzana et al., 2015).

Um das principais limitações do produto no mercado é a curta vida útil, que pode ser estendida por alguns dias dependendo das técnicas de processamento e estocagem utilizadas, daí a importância de se estudar a temperatura de armazenamento e o tipo de corte ao qual a hortaliça será submetida. O estudo de variáveis ligadas ao processamento e armazenamento do minimamente processado permite o conhecimento das alterações no conteúdo fitoquímico de hortaliças sendo importante para garantir a qualidade do produto durante a comercialização e atender os anseios por alimentos com altos teores de vitamina, fenólicos totais e compostos antioxidantes (Galani et al., 2017). Diante do exposto é fundamental trabalhos que investiguem tanto o tipo de corte quanto a temperatura de armazenamento de hortaliças minimamente processadas.

O consumo de frutas e hortaliças vem sendo atrelado a prevenção de inúmeras doenças, como câncer, diabetes e doenças cardiovasculares (Nishanthini e Mohan, 2012). A reintrodução de hortaliças não convencionais, como é o caso do ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill), uma espécie da família Cactaceae, traz consigo a esperança de auxiliar no combate a desnutrição, obesidade e doenças crônicas não transmissíveis, (Abreu e Diniz, 2017) graças a sua capacidade nutricional e funcional, aliado a facilidade de cultivo.

Além dos benefícios nutricionais e funcionais já atribuídos ao consumo de hortaliças, como fontes de fibras, vitaminas, minerais, compostos fenólicos e antioxidantes, o ora-pro-nóbis em especial, é conhecido por apresentar elevado teor de proteínas e despertar o interesse da indústria de alimentos e farmacêutica pela alta concentração de mucilagem (González et al., 2018; Duarte e Hayashi, 2005). O ora-pro-nóbis tem características únicas, sendo uma cactacea que apresenta folhas robustas e se adapta facilmente a condições de estresse hídrico, sendo indicada para plantio em situação de grande impacto climático.

O objetivo do trabalho é estudar o processamento mínimo de ora -pro-nóbis por meio de dois parâmetros essenciais de comercialização: o tipo de corte (rasgado e picado) e a

temperatura de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) e estabelecer as melhores condições para garantir a qualidade do produto pelo maior tempo.

Material e Métodos

As folhas de ora-pro-nóbis foram colhidas na Universidade Federal de Lavras – Lavras (MG) (lat. -21°22'S; long. -44°07'W) e transportadas imediatamente para o laboratório de processamento mínimo do Departamento de Ciências dos Alimentos da universidade. Em seguida foram selecionadas de acordo com a ausência de danos mecânicos e contaminação microbiológica perceptível visualmente, uniformidade de tamanho e coloração das folhas.

As folhas de ora-pro-nóbis foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio 100 mg.L⁻¹ e o excesso de solução foi retirado individualmente das folhas como auxílio de papel toalha, para evitar crescimento microbológico durante o armazenamento. Dois tipos de corte foram estudados neste trabalho. Durante o processamento mínimo as folhas de ora-pro-nóbis foram rasgadas manualmente ao meio ou picadas (3mm) com o auxílio de uma faca. Após o processamento, 40 gramas de ora-pro-nóbis foram acondicionados em bandejas de tereftalato de polietileno - PET (14x10x5cm) com tampa rígida e armazenada em diferentes temperaturas (0°C, 5°C, 10°C) por 10 dias. As análises foram realizadas em dias alternados. As amostras picadas a 10°C apresentaram uma coloração escura a partir do 6º dia de estudo, inviabilizando análises posteriores (dias 8 e 10). As demais amostras rasgadas (0°C, 5°C e 10°C) e picadas (0°C e 5°C) foram avaliadas durante os 10 dias.

A coloração foi determinada utilizando-se um colorímetro Minolta CR 400. Os valores a* e b* foram utilizados para calcular o ângulo Hue (h°) [arctan (b*/a*)] e o Croma (C) [(a*² + b*²)^{1/2}].

A perda de massa, da hortaliça ao longo do armazenamento, foi determinada com o auxílio de uma balança analítica digital levando-se em consideração o peso inicial da bandeja e o peso final. O resultado foi expresso em porcentagem. O pH foi determinado utilizando um pHmetro (Tecnal TEC-3MP) segundo AOAC (2005). Os sólidos solúveis foram obtidos por refratometria com o auxílio de refratômetro digital (Reichert AR 200) (AOAC, 2007).

A quantificação da concentração de vitamina C (ácido ascórbico) foi realizada por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de hortaliça, segundo Strohecker e Henning (1967).

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada por metodologia modificada por Waterhouse (2002). Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico.100g⁻¹ de hortaliça (mg EAG. 100g⁻¹).

A análise de perfil de compostos fenólicos foi realizada utilizando HPLC Shimadzu (Japão), equipado com bomba quaternária modelo LC-20AT, detector de arranjo de diodos (DAD) modelo SPD-20A. Resumidamente, as análises cromatográficas foram realizadas

utilizando uma coluna Ascentis C18 5- μ m. A fase móvel consistiu em ácido acético a 2% (v / v) em água (fase móvel A) e metanol / água / ácido acético 70: 28: 2 (fase móvel B), ajustado a um caudal de 1,0 mL / min, conduzida utilizando um programa de eluição de gradiente a um tempo de execução de 65 min. O volume de injeção foi de 20 μ L. As análises foram realizadas a 15°C. A maioria dos compostos fenólicos gerou um resultado espectral UV-vis no cromatograma de HPLC a 280 nm. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos seus tempos de retenção, espectros absorptivos UV-vis e padrões autênticos.

A atividade antioxidante foi calculada por três metodologias distintas ABTS, DPPH expresso em EC 50 e pela auto-oxidação do sistema do beta-caroteno/ácido linoleico. A capacidade antioxidante pela redução do radical livre ABTS+• foi determinada de acordo com o método modificado por Rufino et al., 2007^a, sendo os resultados expressos em μ M trolox.g⁻¹ da hortaliça.

Para o método de DPPH foi adotada a metodologia de Rufino et al., 2007^b, os resultados expressos em EC 50, que representa a quantidade de antioxidante para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50.

Para quantificação do sistema beta-caroteno/ácido linoleico adotou-se a metodologia modificada por Rufino et al., 2007^c. Os resultados foram expressos de acordo com as equações abaixo (1) e (2).

$$\% \text{ Oxidação} = \frac{[(\text{Redução Abs}) \text{ amostra} \times 100]}{(\text{Redução Abs}) \text{ sistema}} \quad (1)$$

$$\% \text{ Proteção} = 100 - (\% \text{ Oxidação}) \quad (2)$$

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 \times 3 \times 6, sendo 2 tipos de cortes (rasgado e picado), 3 temperaturas de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) e 6 tempos (0,2,4,6,8 e 10 dias), com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de uma bandeja de 40g de ora-pro-nóbis.

Os resultados foram submetidos à análise de variância sendo as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey ou submetidas à regressão polinomial, a 5% de probabilidade, utilizando o pacote computacional SISVAR® (Ferreira, 2011). Para melhor interpretação dos dados nos casos de interação tripla optou-se por gráficos em 3d, seguidos de linhas de contorno. Os resultados referentes as folhas de ora-pro-nóbis picadas a 0°C e 5°C somente serão mencionados no texto, caso apresentem diferença significativa.

Resultados e Discussão

Ora-pro-nóbis rasgadas apresentaram maior uniformidade de L^* (figura 1) ao longo do tempo, independente da temperatura. O L^* das amostras rasgadas não diferenciou em função da temperatura de armazenamento, exceção observada no décimo dia de armazenamento, quando as amostras armazenadas à 10°C (43,09) e demais temperaturas 0°C (39,76) e 5°C (35,92) diferiram entre si.

Com relação às amostras picadas, as temperaturas de 0°C e 5°C não determinaram diferenças significativas no valor L^* , alcançando no final do experimento, valores próximos aos observados inicialmente. Amostras armazenadas a 10°C apresentaram diferença em relação às submetidas às demais temperaturas a partir do 4º dia. Nessas folhas observou-se queda acentuada do L^* , indicando escurecimento das folhas.

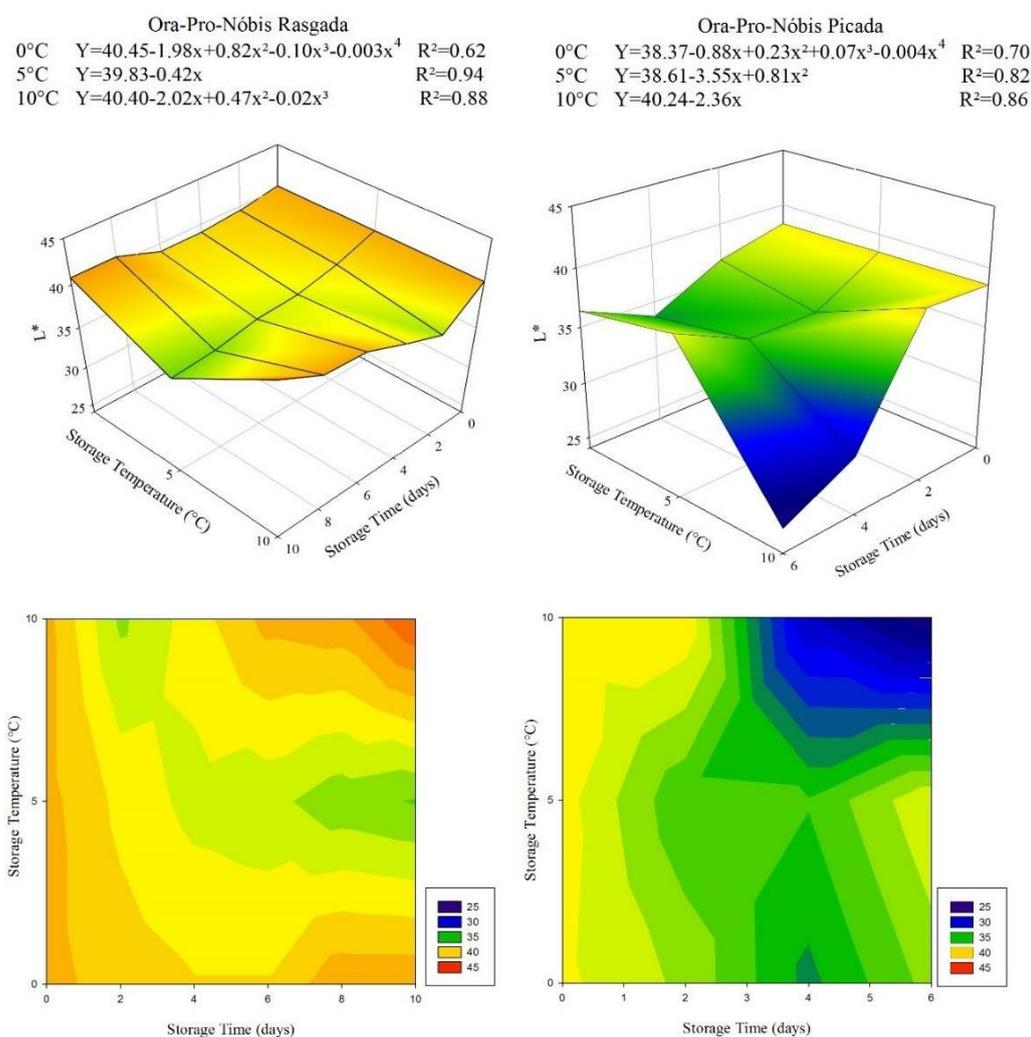


Figura 1 Valores médios de L^* para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias

Com relação ao tipo de corte, amostras armazenadas a 10°C, rasgadas e picadas, apresentaram discrepância estatística a partir do quarto dia e tal diferença seguiu-se até o sexto dia (último tempo de estudo em folhas picadas, já que as mesmas apresentaram um escurecimento excessivo, inviabilizando a comercialização). Nas outras temperaturas (0°C e 5°C) amostras rasgadas e picadas não diferiram em nenhum tempo. Sendo assim, o tipo de corte não interfere na qualidade da hortaliça armazenada sob adequadas temperaturas, no que diz respeito ao valor L*. Segundo Chen et al.,(2017), o escurecimento demasiado pode ser atribuído a oxidação provocada por enzimas endógenas como polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD). Resultados semelhantes foram descritos por Viavaca et al., (2018), no qual alfaces minimamente processados apresentaram uma tendência para a cor marron durante o armazenamento.

A saturação é definida pelo chroma (C), sua incidência determina de cores neutras (0) até cores vivas (60). A figura 2 compreende os dados relativos ao Chroma de ora-pro-nóbis minimamente processados em diferentes condições de armazenamentos.

Neste caso observa-se apenas interação dupla significativa (tempo X temperatura). As diferenças significativas são observadas no 4º e no 6º dia; amostras armazenadas a 10°C reduzem drasticamente até atingir 6,70, enquanto as amostras a 0°C e 5°C não se diferem entre si em nenhum tempo estudado.

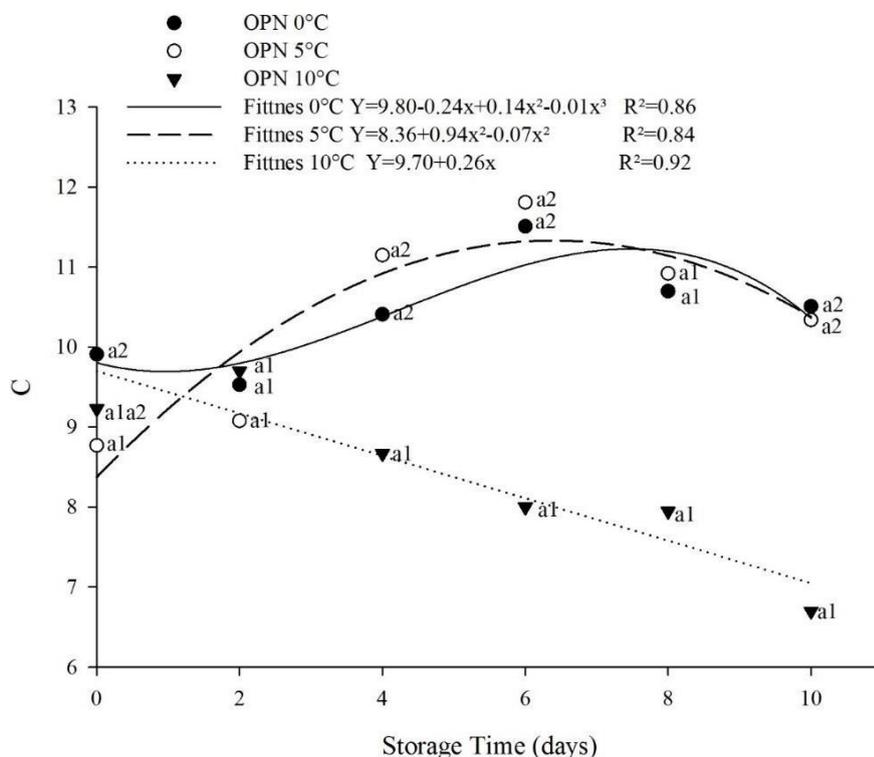


Figura 2 Valores médios de C para ora-pro-nóbis armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias. Letras iguais no mesmo tempo de armazenamento: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

O ângulo h° apresentou interação tripla significativa e as regressões usadas para representar os dados estão descritas na figura 3. Como pode ser observado, folhas de ora-pro-nóbis rasgadas não apresentaram diferença significativa quanto ao tempo e temperatura estudada. O valor de $^\circ h$ para essas amostras variou de 129 a 130 no tempo 0 e no 10 dia apresentou resultados entre 125 a 129. Essa faixa de angulação (entre 90° e 180°) indica coloração de amarelo à verde.

Quanto a ora-pro-nóbis picadas, amostras a 0°C ($119,28^\circ$) diferem daquelas armazenadas a 5°C ($127,41$) no tempo 2; no tempo 4, folhas armazenadas a 5°C e 10°C ($129,70;130,37$) diferiram das armazenadas a 0°C ($121,99$). A partir do tempo 6, ora-pro-nóbis armazenado a 0°C e 5°C foram consideradas iguais entre si até o final do estudo. No mesmo tempo, observou-se um aumento significativo no ângulo $^\circ H$ em amostras armazenadas a 10°C ($218,38$), diferindo-se das demais temperaturas. Ao atingir esse valor as folhas armazenadas a 10°C apresentaram insatisfatória para comercialização, saindo do intervalo de cor desejado. A queda dos parâmetros de cor foi observada com maior intensidade em ora- pro-nóbis picadas a 10°C , caracterizando queda de qualidade do minimamente processado.

Ora-Pro-Nóbis Rasgada
 0°C $Y=134.73-0.76x$ $R^2=0.74$
 5°C $Y=129.76+1.23x-0.12x^2$ $R^2=0.72$
 10°C $Y=128.74+7.54x-1.64x^2+0.08x^3$ $R^2=0.79$

Ora-Pro-Nóbis Picada
 0°C $Y=125.36-37.87x+11.47x^2$ $R^2=0.94$
 5°C $Y=117.21+7.91x-1.61x^2+0.08x^3$ $R^2=0.93$
 10°C $Y=125.36-37.87x+11.47x^2$ $R^2=0.94$

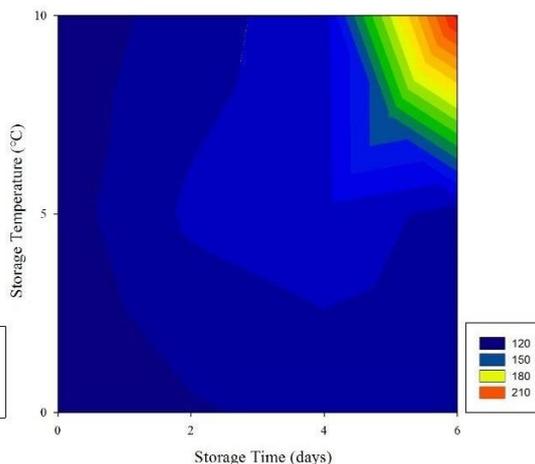
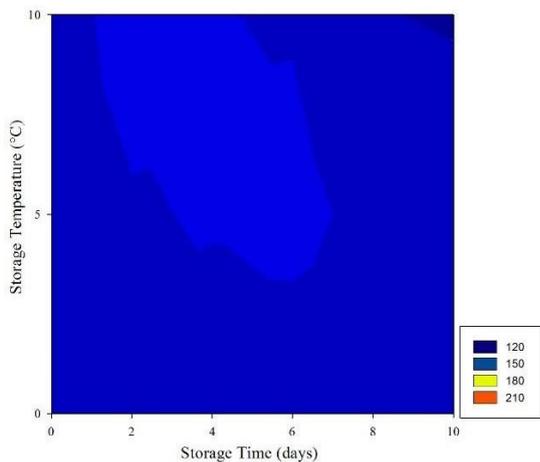
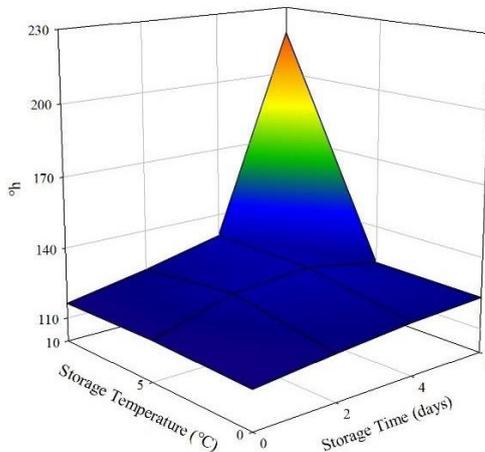
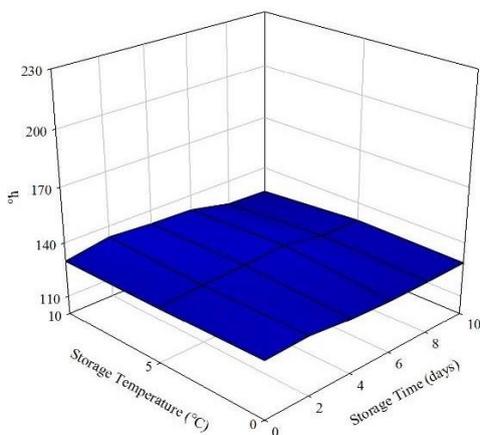


Figura 3 Valores médios de °h para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

A figura 4, traz a colocaração final de ora-pro-nóbis ragadas e picadas dutante 10 dias de armazenamento.



Figura 4. Aspecto visual de ora-pro-nóbis armazenadas a 10 dias em diferentes temperaturas.

Durante o processamento, a feofitinação e a oxidação são as reações mais prováveis de degradação da clorofila, alterando a cor do produto. Na reação de feofitinação, o magnésio do centro da molécula de clorofila é substituído por hidrogênio, de forma que a cor verde vívida da clorofila passa a uma cor marrom azeitona, característica da feofitina. Devido ao fato de essa reação geralmente ter uma taxa de degradação mais elevada que outras vias de degradação da clorofila, ela é considerada o mecanismo mais importante de destruição da clorofila em alimentos processados (STREIT et al., 2005). No presente estudo, essa reação foi acelerada pela elevação da temperatura de armazenamento.

A figura 5 traz os percentuais de perda de massa e sólidos solúveis. Ambos apresentaram interação dupla entre tempo X tipo de corte. A perda de massa em ora-pro-nóbis rasgadas chegou a 2,05%, enquanto em amostras picadas o percentual foi de 3,67%. Houve diferença significativa entre os tipos de corte em todos os tempos estudados; no tempo 2 a perda de massa em amostras rasgadas era mínima (0,25%), enquanto amostras picadas já apresentavam perda equivalente a 1,64% da massa inicial.

Os teores de sólidos solúveis foram maiores em ora-pro-nóbis picadas desde o tempo 0,

sugerindo que a perda de água provavelmente ocorreu de forma significativa durante o corte, permitindo o extravasamento de líquido celular e aumentando a concentração de sólidos. A diferença observada no tempo 0 permaneceu durante todo o estudo.

O aumento de sólidos solúveis tem uma ligação direta com a perda de massa em hortaliças como pode ser observado na Figura 6. Amostras picadas perderam mais água que rasgadas, logo apresentaram um aumento linear no teor de sólidos solúveis concomitante a perda de massa, mais intensa. A perda de massa pode ser associada ao processo natural de respiração e transpiração do vegetal, que promove a eliminação de água. Caso o vegetal seja submetido a situações adversas ou estressantes a taxa respiratória pode aumentar e conseqüentemente, haverá maior perda de massa e concentração de sólidos solúveis. (Taiz e Zeiger, 2013).

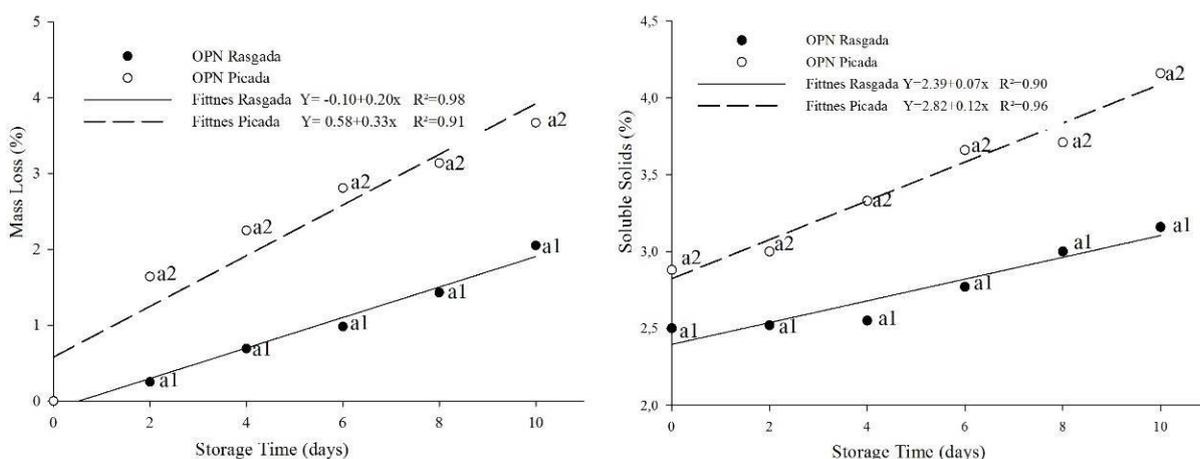


Figura 5 Valores médios de perda de massa (%) e sólidos solúveis (%) para folhas de ora-pro-nóbis rasgadas e picadas armazenadas por 10 dias. Letras iguais no mesmo tempo de armazenamento: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na figura 6 é possível observar os valores obtidos para pH por meio da interação dupla significativa (tempo X tipo de corte).

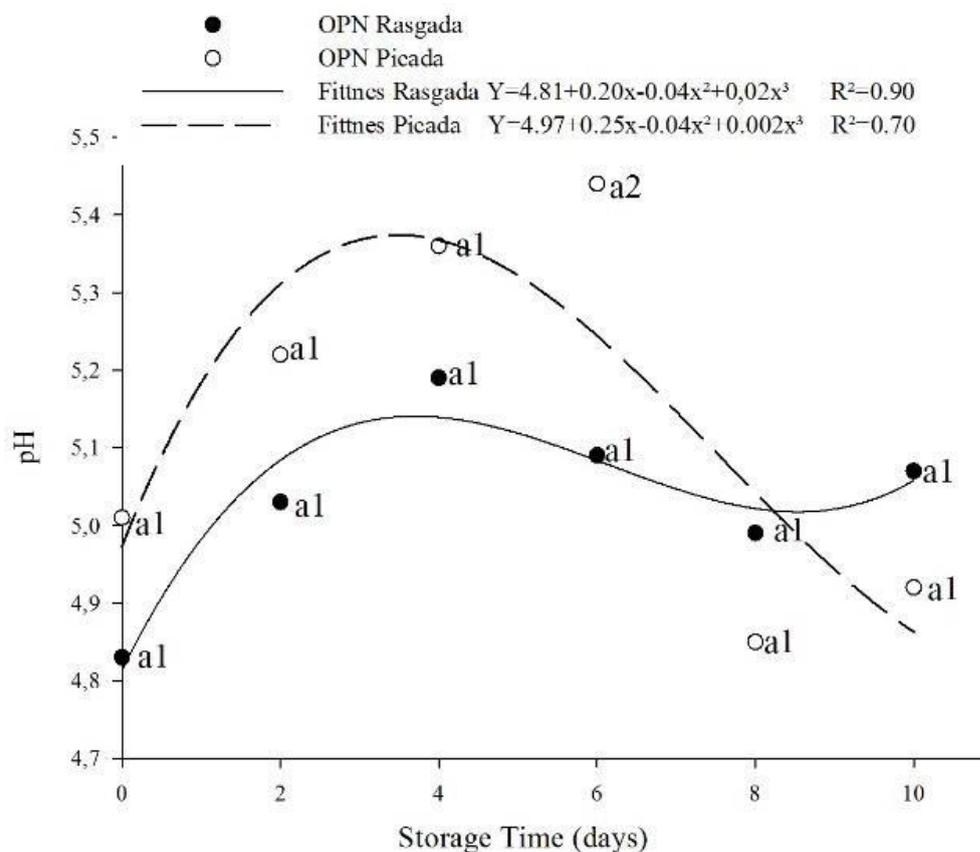


Figura 6 Valores médios de pH para folhas de ora-pro-nóbis rasgadas e picadas armazenadas por 10 dias. Letras iguais no mesmo tempo de armazenamento: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observou-se aumento seguido de queda no pH de folhas rasgadas e picadas, a única diferença sendo observada no sexto dia de armazenamento, quando as folhas picadas apresentaram maior pH. Bahram-Parvar e Lim (2018) observaram influência do tipo de corte nos valores de pH, injúrias mais severas foram responsáveis por provocar um decréscimo no pH com o passar do tempo, assim como descrito no presente trabalho. Isso ocorre porque maiores níveis de estresse provocam um acúmulo gradativo de ácidos orgânicos e um aumento na acidez da hortaliça, tais mudanças podem influenciar o pH. (Berno et al., 2014).

Os teores de fenólicos totais encontrados em ora-pro-nóbis minimamente processados podem ser encontrados na figura 7.

Em média, ora-pro-nóbis rasgadas apresentaram 210 mg EAG.100g⁻¹ de fenólicos totais no tempo 0, independente da temperatura. Quanto ao comportamento ao longo do tempo observou-se na temperatura de 0°C maior efetividade na preservação de fenólicos totais. No dia 10, a maior concentração de fenólicos foi observada a 0°C (122,55 mg EAG.100g⁻¹), seguida de folhas a 5°C (116,74 mg EAG.100g⁻¹) e por último a 10°C (107,93 mg EAG.100g⁻¹). Essa diferença em relação ao teor de compostos fenólicos pode ser associado a ativação de enzimas pelo aumento da temperatura, com isso ocorre um número maior de reações de oxidação, que

utilizam como substrato os compostos fenólicos.

Quanto o teor de fenólicos em ora-pro-nóbis picadas diferenças significativas foram observadas a partir do tempo 4, sendo a temperatura de 0°C responsável pela melhor manutenção das características iniciais.

Ora -pro-nóbis rasgadas e picadas apresentaram concentração semelhantes de fenólicos totais no início do experimento independentemente da temperatura, no entanto ao longo do tempo foi possível estabelecer diferenças significativas no que diz respeito a redução desse composto. A maior redução foi atribuída a amostras picadas armazenadas a 10°C (63,53%). Galani et al., (2017) estudaram previamente a influência do armazenamento refrigerado em folhas de endro (*Anethum graveolens*) e observaram que a redução dos compostos fenólicos ocorre mesmo a baixas temperaturas. No trabalho em questão houve redução significativa de 29,67% quando a hortaliça atingiu 15 dias a 4°C. Valores semelhantes foram encontrados em ora-pro-nóbis picadas armazenadas a 0°C (32,63%)

Durante o armazenamento é esperado que a concentração de fenólicos decresça em algum tempo, isso porque naturalmente a taxa de síntese diminui e ocorre a oxidação dos compostos presentes (Reyes et al.,2007).

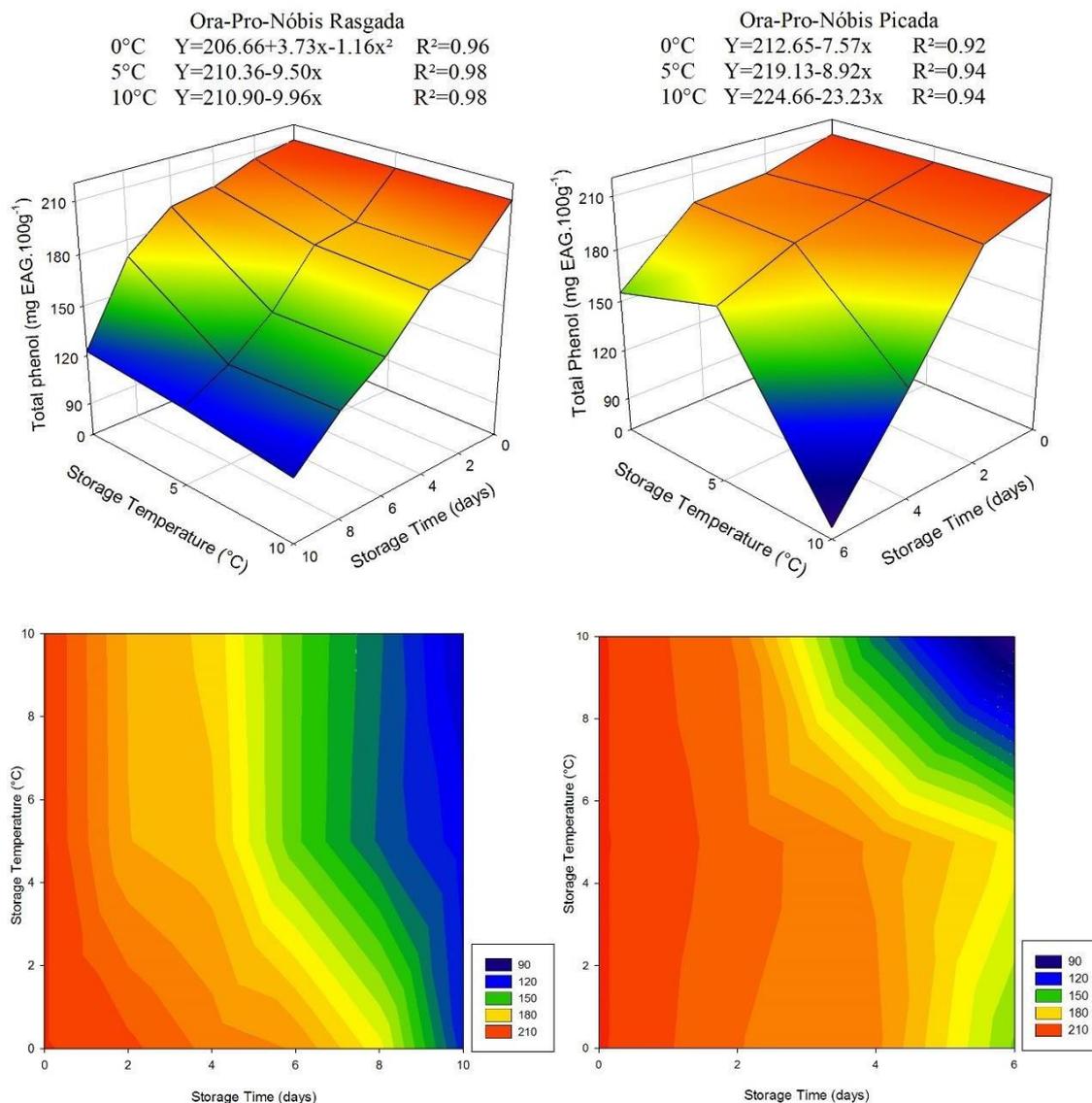


Figura 7 Valores médios da concentração de fenólicos totais ($\text{mg EAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

A relação do perfil de compostos fenólicos encontrados para ora-pro-nóbis rasgadas e picadas em diferentes temperaturas de armazenamento estão dispostas nas tabelas 1 e 2, respectivamente. Foram identificados, independente do tipo de corte, os ácidos gálico, cafeico e trans-cinâmico, além da vanilina e catequina.

Dentre os fenólicos estudados, a catequina foi o composto majoritário em ora-pro-nóbis rasgadas e picadas. Para esse composto os maiores valores foram atribuídos a ora-pro-nóbis picadas no tempo 0, em contrapartida as mesmas amostras obtiveram os maiores percentuais de redução, 66,79% a 0°C, 66,29% a 5°C e 6,43% a 10°C, quando comparado com os valores encontrados no tempo 0. A síntese de catequina pode ser induzida, mesmo a curto prazo por situações de estresse como baixa temperatura ou maior dano ao tecido vegetal (Banerjee et al., 2015, Kim, Chung e Moon, 2014), como ocorreu em ora-pro-nóbis picadas. Isso acontece devido a um aumento da atividade da fenilalanina amonialiase (PAL) que é a principal responsável pela

síntese de varios compostos fenólicos, entre eles a catequina (Cantos et al.,2002; Lattanzio et al.,2009). Estudos apontam que o consumo de alimentos com elevadas concentrações de catequina aumenta a expressão de genes relacionados à capacidade antioxidante (Espinosa et al., 2014; Espinosa et al.,2015) e consequentemente protegem contra danos celulares causados pelos radicais livres (Pastoriza et al.,2017). Ao longo do experimento houve redução expressiva destes compostos, causada possivelmente por mudanças no padrão de atividade enzimática descrito acima (Galani et al., 2017).

O ácido cafeico apresentou aumento da sua concentração com o passar dos dias, independentemente do tipo de corte, mais acentuado em folhas rasgadas. Os resultados encontrados neste trabalho corroboram os descritos por Galani et al., (2017), no qual várias hortaliças folhosas, entre elas o endro (*Anethum graveolens*) e o espinafre (*Spinacia oleracea*), tiveram um aumento significativo (76%) no conteúdo de ácido cafeico durante o armazenamento refrigerado. O ácido cafeico já foi descrito na literatura com propriedades antibacterianas, anti-inflamatórias e antivirais (Hagiwara et al,1991; Villano et al.,2007).

O ácido gálico apresentou uma tendência de redução da sua concentração durante o tempo de armazenamento tanto em ora-pro-nóbis rasgadas, quanto picadas. Por outro lado, o ácido trans- cinâmico teve seu teor elevado durante o experimento em ambos os cortes. Os ácidos fenólicos geralmente são associados a capacidade antioxidante e antiinflamatória, o ácido gálico por exemplo já teve sua efetividade confirmada *in vitro* e *in vivo* (Umadévi, Gopi e Vellaichamy,2013; Yeh et al.,2017).

A vanilina somente foi detectada na temperatura de 10°C nos dias 6 (0,351±0,01) e 10 (0,503±0,02) em ora-pro-nóbis rasgadas. Em folhas picadas, sua presença foi observada nas temperaturas de 5°C e 10°C, nos mesmos tempos anteriores.

Dentre as vitaminas, o ácido ascórbico é a que apresenta maior velocidade de degradação, seja pelas condições de estocagem, pela temperatura ou pelo tempo de armazenamento, sendo assim é usada por muitos autores como índice de frescor em minimamente processados (Jideani et al.,2017).

Tabela 1. Perfil de compostos fenólicos (mg.100g⁻¹) detectados por HPLC em folhas de ora-pro-nóbis rasgadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias.

Ora-pro-nóbis rasgada									
Tempo(dias)	Caffeic Acid			Catechin			Galic Acid		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	28.965±1.21	25.321±1.18	27.939±1.22	1.164±0.11	1.186±0.18	1.732±0.10
6	0.929±0.12	1.216±0.06	1.246±0.08	25.154±0.45	23.961±0.23	17.704±0.67	1.039±0.06	1.101±0.03	0.829±0.01
10	1.071±0.09	1.367±0.04	1.384±0.05	17.326±0.03	14.932±1.35	11.421±1.92	0.891±0.02	0.878±0.02	0.467±0.02
Tempo(dias)	Vanillin			Trans-cinnamic Acid					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	-	-	-	0.082±0.01	0.076±0.01	0.079±0.00			
6	-	-	0.351±0.01	0.839±0.01	0.848±0.02	0.937±0.05			
10	-	-	0.503±0.02	1.306±0.11	1.281±0.32	1.211±0.12			

Tabela 2. Perfil de compostos fenólicos (mg.100g⁻¹) detectados por HPLC em folhas de ora-pro-nóbis picadas armazenadas em diferentes temperaturas por 10 dias

Ora-pro-nóbis picada									
Tempo(dias)	Caffeic Acid			Catechin			Galic Acid		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	1.344±0.02	1.340±0.07	1.366±0,08	31.881±1.36	30.321±1.31	31.738±1.43	1.048±0.09	1.052±0.07	1.049±0.15
6	1.526±0.18	1.993±0.07	1.456±0.24	24.974±0.82	23.627±1.93	10.653±0.21	0.801±0.03	1.020±0.05	0.146±0.04
10	2.672±0.13	2.424±0.04		12.504±0.66	10.229±0.48		0.776±0.01	0.630±0.03	
Tempo(dias)	Vanillin			Trans-cinnamic Acid					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	-	-	-	0.683±0.01	0.676±0.01	0.672±0.02			
6	-	0.277±0.01	0.549±0.02	1.181±0.21	1.172±0.10	1.244±0.03			
10	-	0.410±0.01		1.341±0.07	1.336±0.13				

A figura 8 traz os teores de vitamina C para ora-pro-nóbis armazenadas a 0°C, 5°C e 10°C por 10 dias. Para o ácido ascórbico observou-se interação tripla significativa e as equações de ajuste dos dados estão disponíveis a seguir.

Para as folhas de ora-pro-nóbis rasgadas os teores de vitamina C no tempo 0 variaram de 90 a 93 mg AA.100g⁻¹, os maiores teores observados no experimento. A partir do tempo 2, os valores de vitamina C foram reduzindo gradativamente em função do aumento da temperatura. Diferenças significativas foram observadas entre as temperaturas de 0°C (86,48 mg AA.100g⁻¹) e as demais temperaturas 5°C e 10°C (70,03 mg e 69,73 mg AA.100g⁻¹, respectivamente). Ao final dos 10 dias, os maiores teores de vitamina C são atribuídos as folhas armazenadas a 5°C (45,86 mg AA.100g⁻¹), seguida de 0°C (40,61 mg AA.100g⁻¹) e 10°C (29,26 mg AA.100g⁻¹), com diferença significativa entre as temperaturas.

As folhas picadas apresentam comportamento semelhante com maior redução na temperatura de 10°C ao longo dos 6 dias de armazenamento. No tempo 2, observou-se diferença estatística entre as temperaturas, sendo que amostras a 5°C obtiveram os melhores resultados (66,88 mg AA.100g⁻¹) e amostras a 10°C, os piores (48,57 mg AA.100g⁻¹). Já no tempo 6, amostras a 0°C apresentaram pequena redução (53,74 mg AA.100g⁻¹), enquanto amostras a 5°C e 10°C tiveram queda acentuada 46,76 mg AA.100g⁻¹ e 21,28 mg AA.100g⁻¹. Nos tempos 8 e 10, ora-pro-nóbis a 0°C e 5°C, apresentaram diferença significativa; amostras armazenadas a 0°C apresentaram 46,72 mg AA.100g⁻¹ e aquelas armazenadas a 5°C somente obtiveram 39,25 mg AA.100g⁻¹.

Quanto ao tipo de corte, amostras rasgadas apresentaram maiores teores de vitamina C até o 6° dia de estudo, independente da temperatura. No final do armazenamento (10° dia) na temperatura de 5°C, amostras rasgadas ainda se mostravam superiores as picadas, porém a 0°C observou-se maiores valores em amostras picadas.

A elevação na temperatura influenciou de forma negativa os valores de vitamina C, visto que os maiores percentuais de redução foram atribuídos a temperatura de 10°C. Observa-se que o aumento da temperatura aliado com o tipo de corte provocou diferentes percentuais de degradação, sendo a maior queda atribuída a amostras picadas (74,43%). O ácido ascórbico é especialmente vulnerável à degradação oxidativa e enzimática, quem podem ser aceleradas por condições não favoráveis de processamento e armazenamento, entre elas injurias no tecido vegetal, exposição a luz, oxigênio e altas temperaturas (Cocetta et al.,2014).

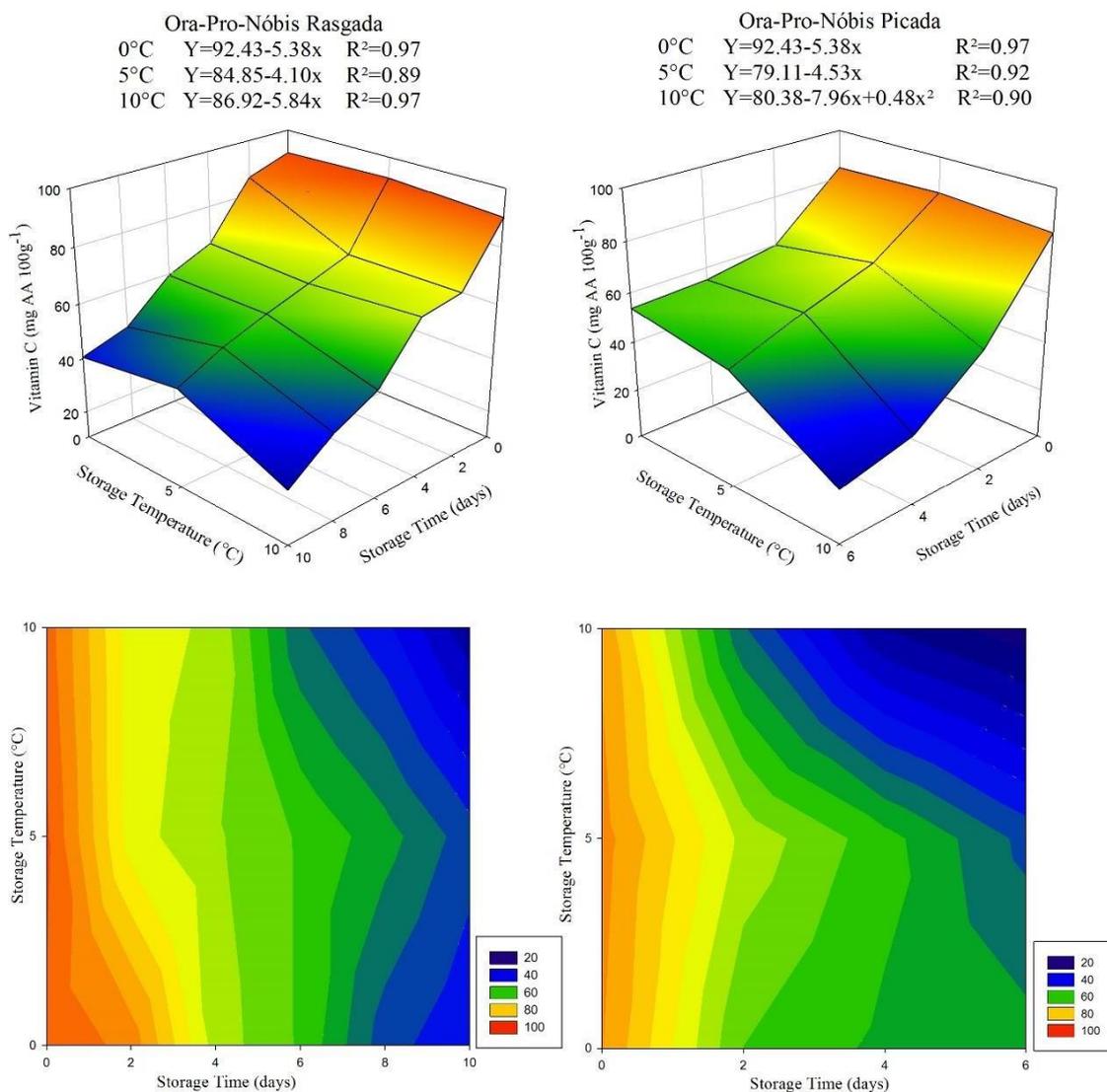


Figura 8 Valores médios do teor de vitamina C ($\text{mg AA} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Além de fornecer calorias, fibras, vitaminas, minerais e em alguns casos, proteínas, como ora-pro-nóbis, hortaliças, em geral, são fontes de importantes fitonutrientes, como antioxidantes. Tais compostos oriundos de vegetais são foco de diversos estudos (Yeh et al., 2017; Galani et al., 2017; Sharma et al., 2017), uma vez que são mais seguros que os sintéticos e não apresentam efeitos colaterais (Nishanthini e Mohan, 2012), além disso o consumo de alimentos com altas concentrações destes compostos é associado à prevenção de doenças como câncer, diabetes e doenças cardiovasculares (Prakash e Gupta, 2009; Nishanthini e Mohan, 2012).

No presente trabalho a determinação da atividade antioxidante de ora-pro-nóbis minimamente processado pode ser observada na figura 9 determinada por meio da autooxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico, figura 10 por ABTS e figura 11, por meio do DPPH, todas as metodologias apresentaram interação tripla entre os fatores estudados e os modelos usados para descrever os dados podem ser observados nas respectivas figuras.

Para a % de proteção do sistema beta-caroteno (figura 8) observou-se ao longo do experimento, maior degradação da atividade antioxidante em amostras armazenadas a 10°C, dessa forma a partir do tempo 6 folhas rasgadas a 0°C e 5°C apresentaram os melhores resultados, 69,05% e 67,63%, respectivamente. Com 10 dias de armazenamneto, ora-pro-nóbis rasgadas a 5°C apresentaram menor percentual de redução da atividade antioxidante (32%). Já aquelas armazenadas a 10°C tiveram a maior perda, cerca de 47% da atividade inicial.

Nas folhas picadas observou-se diferença em todas as temperaturas nos tempos 4 e 6, sendo que os maiores valores foram atribuídos as amostras armazenadas a 5°C (88,01% e 83,41%), seguidos de 0°C (75,23% e 51,12%) e por último 10°C (75,23% e 51,12%). A menor redução da atividade antioxidante, como em folhas rasgadas, se deu a 5°C, nessa temperatura 30.9% da atividade antioxidante inicial foi perdida e a maior redução ocorreu em amostras armazenadas a 10°C (45,53%).

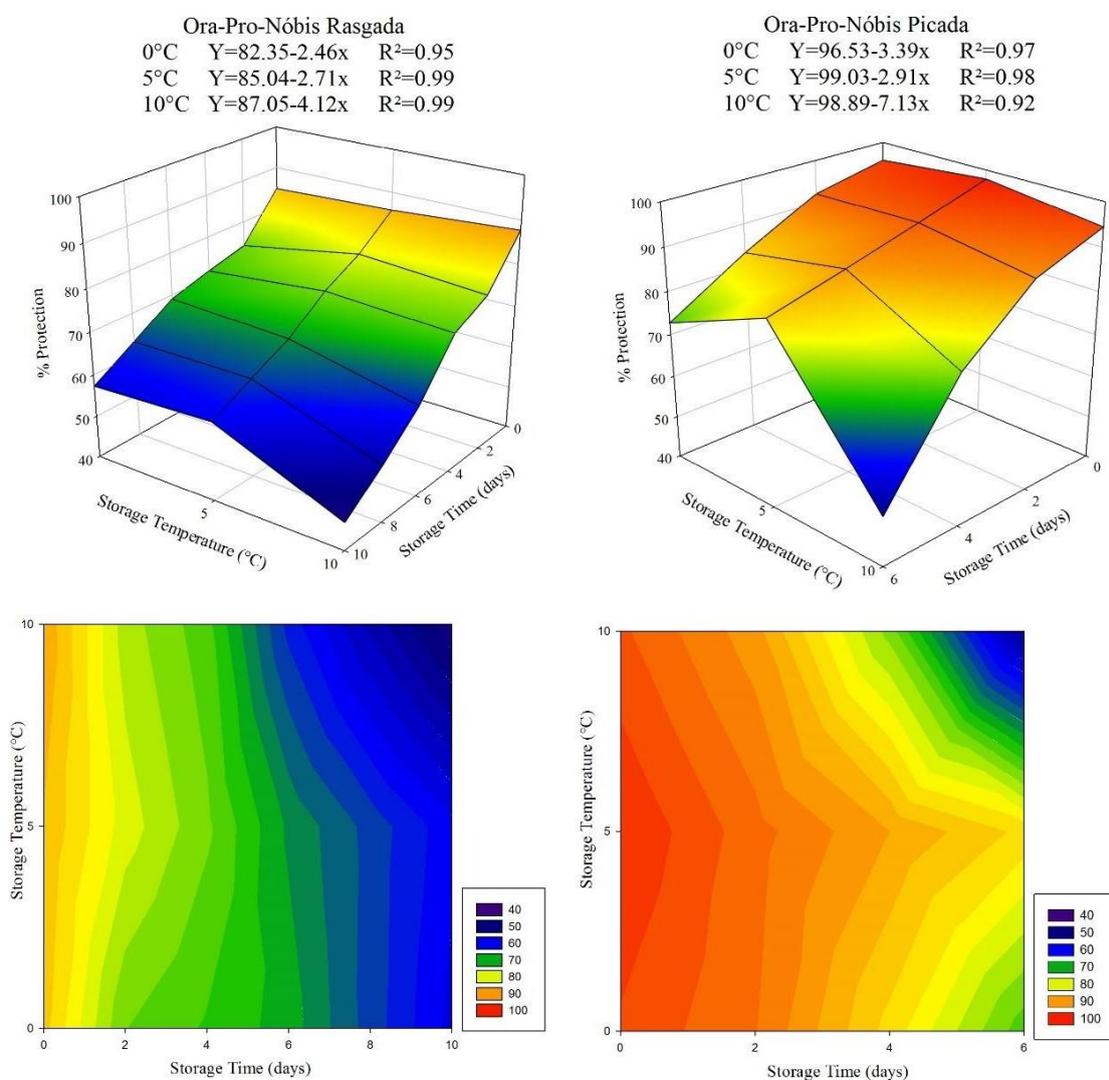


Figura 9 Valores médios do % proteção determinada por meio a autoxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico em folhas de ora-por-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

A atividade antioxidante de folhas de ora-pro-nóbis minimamente processadas medida pelo radical ABTS^{•+} (figura 10) apresentou diferenças significativas dos tempos 2 ao 6; amostras armazenadas a 0°C apresentaram os menores valores de atividade antioxidante, diferindo-se daquelas armazenadas a 5°C e 10°C. No tempo 10, o menor valor foi atribuído à folhas rasgadas a 10°C (460,32 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$), enquanto amostras armazenadas a 0°C (595,42 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$) e 5°C (576,05 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$) foram superiores estatisticamente.

Em amostras picadas, o tempo 2 foi caracterizado por maior atividade antioxidante na temperatura de 5°C (974,66 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$), seguido de amostras a 0°C (880,79 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$), que por sua vez foram maiores que folhas a 10°C (628,84 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$). No tempo 6, amostras a 0°C apresentaram o melhor resultado (842,84 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$) e aquelas armazenadas a 10°C apresentaram redução drástica de atividade com apenas 372,05 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$.

Com relação ao tipo de corte, amostras picadas a 0°C apresentaram maior atividade antioxidante nos tempos intermediários do estudo (tempo 2 a 8), porém ao final do experimento nenhuma diferença foi encontrada. Na temperatura de 5°C foram observadas diferenças esporádicas no tempo 4, com superioridade de folhas picadas (860,08 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$) e no tempo 10, com maior atividade em ora-pro-nóbis rasgadas (576,05 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$). Na temperatura de 10°C, amostras rasgadas foram superiores em todos os tempos, indicando que a interação entre tipo de corte (picada) e maior temperatura de armazenamento provocou drástica redução da atividade antioxidante ao longo do tempo.

Pelo método DPPH houve pouca variação na atividade antioxidante de folhas rasgadas de ora-pro-nóbis, sendo a principal delas observada no tempo 4, no qual amostras armazenadas a 5°C (6,24 mg.mL^{-1}) apresentavam maior atividade, enquanto as armazenadas a 10°C apresentavam a menor atividade (6,99 mg.mL^{-1}). No final do experimento não foi possível apontar distinção estatística entre 0°C e 5°C, enquanto amostras a 10°C ainda apresentavam a menor atividade (9,12 mg.mL^{-1}).

Em ora-pro-nóbis picadas os menores valores de EC 50 foram encontrados na temperatura de 0°C, independente do tempo. A temperatura a 5°C determinou resultados intermediários, enquanto amostras a 10°C apresentaram os maiores valores de EC 50 e conseqüentemente a menor atividade antioxidante.

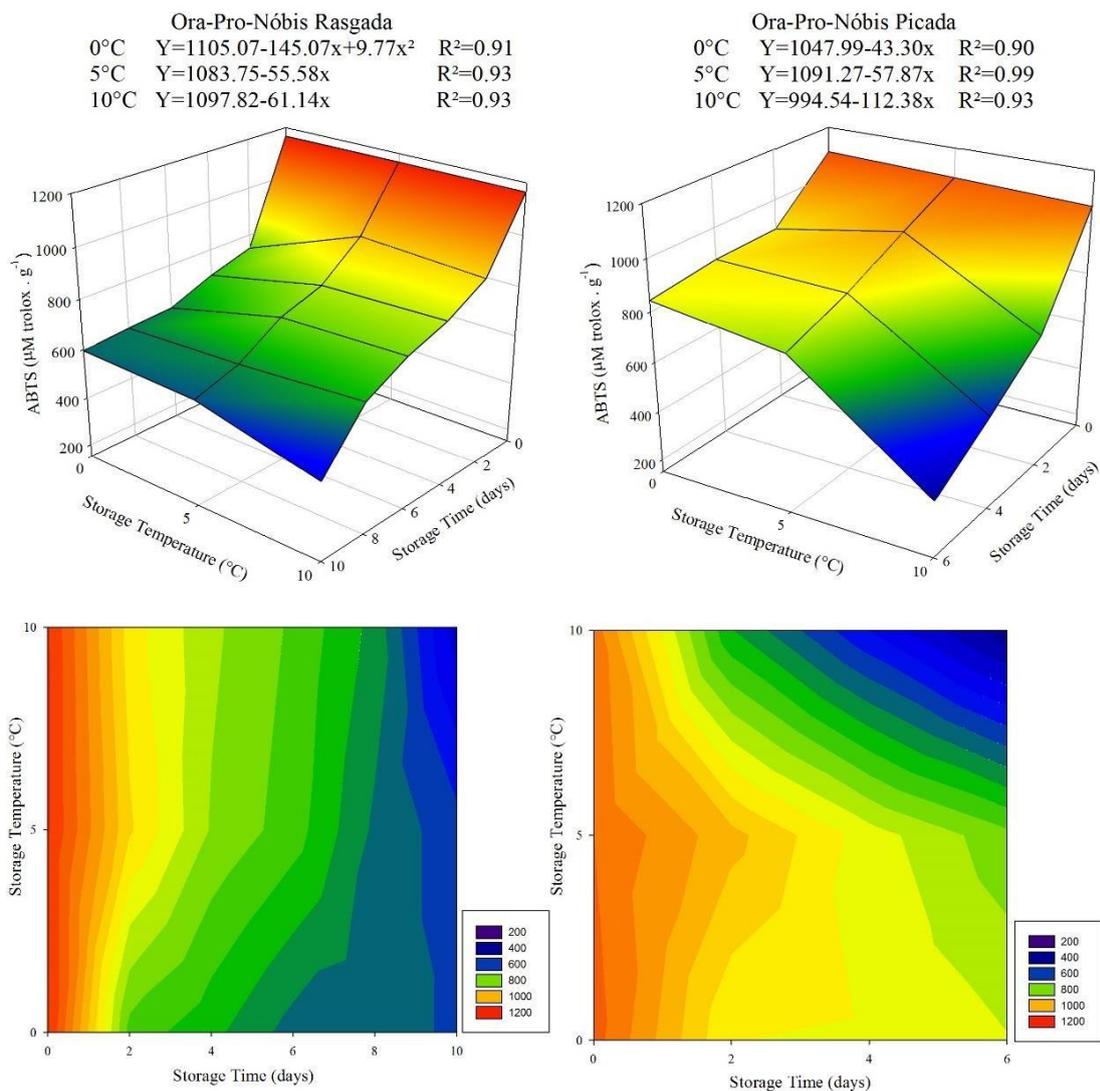


Figura 10 Valores médios da atividade antioxidante (ABTS) para folhas de ora-por-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias

No que diz respeito ao tipo de corte, folhas picadas a 0°C e 5°C foram superiores as rasgadas em todos os tempos estudados. Todavia o armazenamento a 10°C foi determinante para o aumento do valor de EC 50 em amostras picadas. O percentual de redução do valor inicial da atividade antioxidante na temperatura de 10°C foi de 56,60% em ora-pro-nóbis rasgadas e 77,35% em picadas. Para os demais tratamentos esse percentual variou de 42,05 a 45,18%.

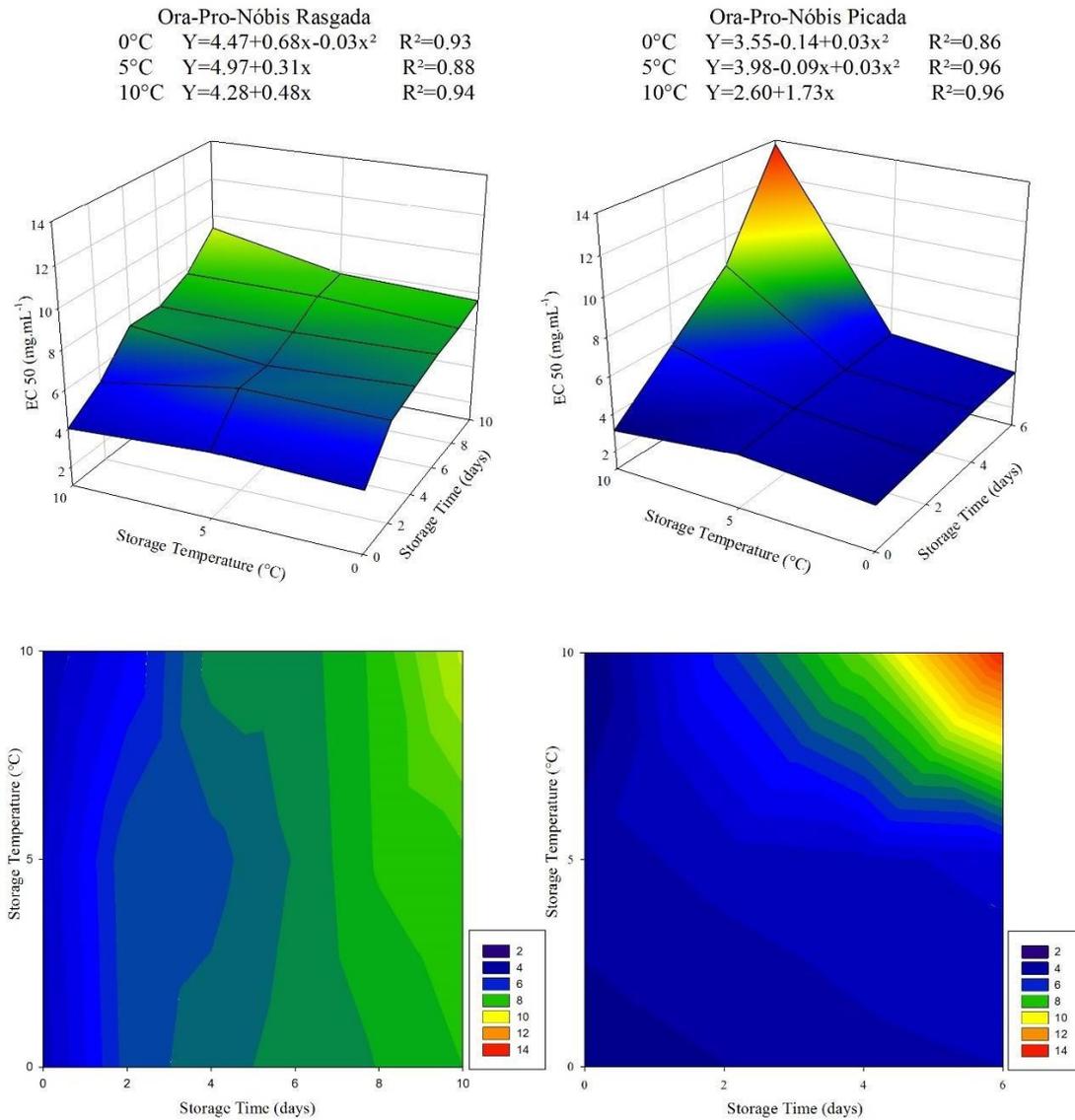


Figura 11 Valores médios da atividade antioxidante por DPPH (EC 50) para folhas de ora-pro-nóbis submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

A concentração de compostos bioativos em hortaliças pode ser afetada por diversos procedimentos pós-colheita como radiação, exposição a luz, tipo de processamento e condições gerais de armazenamento (Grace et al., 2014). Neste trabalho, foram estudadas a temperatura de armazenamento e o grau de estresse sofrido pelo tecido vegetal por meio de diferentes cortes. O armazenamento refrigerado nas temperaturas de 0°C e 5°C foram mais efetivos para preservar a maior atividade antioxidante independentemente do método de análise. Quanto ao tipo de corte, o maior grau de estresse (ora-pro-nóbis picadas) influenciou positivamente a leitura da atividade antioxidante quando submetidas ao armazenamento em temperaturas mais amenas (0°C e 5°C).

A redução da atividade antioxidante de uma amostra pode estar associada com a redução da concentração de compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides totais (Deng et al., 2013), de fato, a

atividade antioxidante medida pelo presente trabalho apresentou reduções concomitante com quedas relatados teores de vitamina C e fenólicos totais, que ocorreram de forma mais evidente na temperatura de 10°C.

A degradação da atividade antioxidante ocorre de forma natural ao longo do armazenamento de hortaliças minimamente processadas, mesmo sob refrigeração. Tal redução pode ser atribuída a peroxidação lipídica que ocorre nas membranas celulares, acarretando na conversão oxidativa de compostos que desempenham tal atividade, sendo esse fenômeno universalmente aceitável (Sharma et al.,2017, Li et al.,2017), porém como visto no presente trabalho, temperaturas mais baixas foram mais efetivas para retardar a redução da atividade antioxidante, para ambos os cortes.

Conclusão

As temperaturas de 0°C e 5°C são as mais efetivas na conservação da qualidade de ora-pro-nobis minimamente processado, , independentemente do tipo de corte, recomendando-se a de 5°C, por questões econômicas. O armazenamento a 10°C provocou danos irreparáveis em ora-pro-nóbis picadas a partir do 6º dia e diminuiu consideravelmente a qualidade das folhas rasgadas durante os 10 dias de experimento.

Referências bibliográficas

Abreu, N. C. O., e Diniz, J. C. As vantagens da introdução das plantas alimentícias não convencionais na alimentação dos beneficiários do bolsa família da estratégia saúde da família Bernardo Valadares, em Sete Lagoas-MG. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v. 5, n. 4, p. 16-16, 2017.

Acree, T. e Arn, H. Flavornet. Internet database: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>. Accessed 28/06/2018.

Artés-Hernández, F., Martínez-Hernández, G. B., Aguayo, E., Gómez, P. A., & Artés, F. Fresh-cut fruit and vegetables: Emerging eco-friendly techniques for sanitation and preserving safety. In: **Postharvest handling**. InTech, 2017.

Association of Analytical Communities. **Official methods of analysis of AOAC International** (18th ed.). Gaithersburg: Association of Analytical Communities, 2007.

Awika, J.M.; Rooney, L.W.; Wu, X.; Prior, R.L.; Cisneros-Zevallos, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **J. Agric. Food Chem.**, 51, 6657–6662. 2003.

Bahram-Parvar, M., & Lim, L. T. Fresh-Cut Onion: A Review on Processing, Health Benefits, and Shelf-Life. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 2, p. 290-308, 2018.

Banerjee, A., Penna, S., & Variyar, P. S. (2015). Allyl isothiocyanate enhances shelf life of minimally processed shredded cabbage. **Food Chemistry**, 183, 265–272,2015

Bartosz, G. Oxidative stress in plants. **Acta Phys. Plant.**, 19, 47–64,1997

Berno N.D, Tezotto-Uliana J.V, Dias C.T.S, Kluge R.A. Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biol Tec* 93:91–6, 2014.

Buttery, R.G., Seifert, R. M., Guadagni, D. G., Ling, L. C., **J. Agric. Food Chem**, 17, 1322,1969

Cantos, E.; Tudela, J.A.; Gil, M.I.; Espín, J.C. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. **J. Agric. Food Chem.**, 50, 3015–3023, 2002.
Cocetta, G., Baldassarre, V., Spinardi, A., & Ferrante, A. Effect of cutting on ascorbic acid oxidation and recycling in fresh-cut baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves. **Postharvest Biology and Technology**, v. 88, p. 8-16, 2014

De Souza, D. C., Lima, L. F., Resende, L. V., Costa, P. A., Guerra, T. S., Gonçalves, W. M., & Pereira, T. A. R. Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. **MAGISTRA**, v. 28, n. 3/4, p. 403-410, 2017.

Deng, G.F.; Lin, X.; Xu, X.R.; Gao, L.L.; Xie, J.F.; Li, H. Bin Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. **J. Funct. Foods**, 5, 260–266, 2013

Du XF, Plotto A, Baldwin E and Rouseff R, Evaluation of volatiles from two subtropical strawberry cultivars using GC-olfactometry, GC-MS odor activity values, and sensory analysis. **J Agric Food Chem** 59: 2569–12577 (2011).

Duarte, M. R.; Hayashi, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005.

C. Espinosa, F. Perez-Llamas, F. A. Guardiola, M. A. Esteban, M. B. Arnao, S. Zamora and J. A. Lopez-Jimenez, Molecular mechanisms by which white tea prevents oxidative stress. **J. Physiol. Biochem.**, 70, 891–900, 2014.

C. Espinosa, J. A. Lopez-Jimenez, F. Perez-Llamas, F. A. Guardiola, M. A. Esteban, M. B. Arnao and S. Zamora, Long-term intake of white tea prevents oxidative damage caused by Adriamycin in kidney of rats. **J. Sci. Food Agric.**, 96, 3079–3087,2015.

Galani, J. H., Patel, J. S., Patel, N. J., & Talati, J. G. Storage of Fruits and Vegetables in Refrigerator Increases their Phenolic Acids but Decreases the Total Phenolics, Anthocyanins and Vitamin C with Subsequent Loss of their Antioxidant Capacity. **Antioxidants**, v. 6, n. 3, p. 59, 2017.

Grace, M.H.; Yousef, G.G.; Gustafson, S.J.; Truong, V.D.; Yencho, G.C.; Lila, M.A. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweetpotato storage and impacts on bioactive properties. **Food Chem**. 2014, 145, 717–724.

Giovenzana, V., Beghi, R., Civelli, R., & Guidetti, R. Optical techniques for rapid quality monitoring along minimally processed fruit and vegetable chain. **Trends in Food Science & Technology**, v. 46, n. 2, p. 331-338, 2015.

Gonçalves, C., Andrade, R., Silva, E., & Almeida-Carlos, L. Compostos bioativos de ora-pro-nóbis minimamente processados durante o armazenamento. **Cadernos de Agroecologia**, 13(1). 2018.

Hagiwara, A.; Hirose, M.; Takahashi, S.; Ogawa, K.; Shirai, T.; Ito, N., Forestomach and

662 kidney carcinogenicity of caffeic acid in F344 rats and C57BL/6N x C3H/HeN F1 mice. *Cancer Research* **1991**, 51 (20), 5655-5660.

Harzalli, U., Rodrigues, N., Veloso, A. C., Dias, L. G., Pereira, J. A., Oueslati, S., & Peres, A. M. A taste sensor device for unmasking admixing of rancid or winey-vinegary olive oil to extra virgin olive oil. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 144, p. 222-231, 2018.

Jideani, A. I., Anyasi, T. A., Mchau, G. R., Udoro, E. O., & Onipe, O. O. Processing and Preservation of Fresh-Cut Fruit and Vegetable Products. In: **Postharvest Handling**. InTech, 2017

Kim, D. H., Kim, H. B., Chung, H. S., & Moon, K. D. Browning control of freshcut lettuce by phytoncide treatment. *Food Chemistry*, 159, 188–192. 2014.

Lattanzio, V.; Kroon, P.A.; Quideau, S.; Treutter, D. Plant phenolics—Secondary metabolites with diverse functions. In *Recent Advances in Polyphenol Research*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, Volume 1, pp. 1–35; 2009.

Li, X., Long, Q., Gao, F., Han, C., Jin, P., & Zheng, Y. Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 124, p. 1-7, 2017.

ManriquezD, El-Sharkawy I, Flores FB, El-Yahyaoui F, Regad F, Bouzayen M *et al.*, Two highly divergent alcohol dehydrogenases of melon exhibit fruit ripening-specific expression and distinct biochemical characteristics. *PlantMol Biol* 61: 675–685 ,2006.

Moretti, C. L. “Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças”. **Embrapa Hortaliças**. Brasília, p. 527, 2007.

Nishanthini, A., & Mohan, V. R. Antioxidant activities of *Xanthosoma sagittifolium* Schott using various in vitro assay models. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 2, n. 3, p. S1701-S1706, 2012

Pastoriza, S., Mesías, M., Cabrera, C., & Rufián-Henares, J. A. Healthy properties of green and white teas: an update. *Food & function*, v. 8, n. 8, p. 2650-2662, 2017.

Prakash, D.; Gupta, K.R. The Antioxidant Phytochemicals of Nutraceutical Importance. **Open Nutraceuticals J.** 2, 20–35, 2009.

Reyes, L.F., Villarreal, J.E., Cisneros-Zevallos, L., 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depending on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chem.* 101, 1254–1262. Sharma, S., Pareek, S., Sagar, N. A., Valero, D., & Serrano, M. Modulatory Effects of Exogenously Applied Polyamines on Postharvest Physiology, Antioxidant System and Shelf Life of Fruits: A Review. *International journal of molecular sciences*, v. 18, n. 8, p. 1789, 2017.

Streit, N. M., Canterle, L. P., Canto, M. D., & Hecktheuer, L. H. H. As clorofilas. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Assimilação de nutrientes* (918p). Porto Alegre, RS, Artmed.

Umadevi S, Gopi V, Vellaichamy E. Inhibitory effect of gallic acid on advanced glycation end products induced upregulation of inflammatory cytokines and matrix proteins in H9C2 (2-1) cells. *Cardiovasc Toxicol* 2013.

Villano, D.; Fernandez-Pachon, M. S.; Moya, M. L.; Troncoso, A. M.; Garcia-Parrilla, M. 653 C., Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical.

Talanta 654 **2007**, 71 (1), 230-235.

Yeh, W. J., Hsia, S. M., Lee, W. H., & Wu, C. H. (2017). Polyphenols with antiglycation activity and mechanisms of action: A review of recent findings. *Journal of food and drug analysis*, 25(1), 84-92.

CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO TIPO DE CORTE E TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DE TAIOBAS (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) MINIMAMENTE PROCESSADAS

Resumo

Hortaliças não convencionais já foram amplamente consumidas e cultivadas de forma familiar, porém com o passar do tempo perderam espaço para hortaliças convencionais. O processamento mínimo é uma excelente opção para inserir novamente essas hortaliças no mercado e conseqüentemente na dieta. O presente estudo tem como objetivo estudar o efeito da temperatura (0°C, 5°C e 10°C) e do tipo de corte (rasgada e picada) durante o armazenamento de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) minimamente processada. As variáveis analisadas para verificar a qualidade do minimamente processado foram cor (L*, C, h°), pH, sólidos solúveis, acidez titulável, perda de massa, teor de vitamina C, teor de fenólicos totais, perfil de fenólicos e atividade antioxidante. A maioria das variáveis estudadas foi influenciada pelo tempo, temperatura de armazenamento e pelo tipo de corte ao qual a hortaliça foi submetida. Com o passar do tempo observou-se um decréscimo em diversas variáveis de qualidade estudadas. Os melhores resultados foram atribuídos à temperatura 0°C ou 5°C para a maioria das variáveis. Enquanto o teor de fenólicos totais e atividade antioxidante foram influenciados positivamente pelo corte picado, o teor de vitamina C, perda de massa e cor apresentaram melhores valores quando rasgadas. O processamento mínimo de taioba armazenada nas temperaturas de 0°C ou 5°C, rasgadas ou picadas, pode ser uma alternativa para agregar valor ao produto, aumentar a renda de agricultores familiares e resgatar hortaliças que fazem parte da identidade gastronômica de uma região.

Palavras-chave: qualidade, hortaliça não convencional, minimamente processado

Abstract

Unconventional vegetables have already been widely consumed and cultivated in a familiar way, but with the passage of time have lost space for conventional vegetables. Minimal processing is an excellent option for re-inserting these vegetables into the market and consequently into the diet. The objective of the present study was to study the effect of temperature (0 °C, 5 °C and 10 °C) and cut type (ripped and chopped) during storage of minimally processed taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). The variables analyzed to verify the quality of the minimally processed were color (L*, C, h°), pH, soluble solids, titratable acidity, mass loss, vitamin C content, total phenolic content, phenolic profile and antioxidant activity. Most of the studied variables were influenced by the time, storage temperature and type of cut to which the vegetables were submitted. With the passage of time a decrease in several quality variables was observed. The best results were assigned at 0 °C or 5 °C for most variables. While the total phenolic content and antioxidant activity were positively inflated by the chopped cut, vitamin C content, weight loss and color had better values when ripped. The minimum processing of taioba stored at temperatures of 0 °C or 5 °C, torn or chopped, can be an alternative to add value to the product, increase the income of family farmers and rescue vegetables that are part of the gastronomic identity of a region.

Keywords: quality, unconventional vegetable, minimally processed

Introdução

Com o crescimento exponencial da população é imprescindível o desenvolvimento de alternativas seguras e nutritivas para atender a grande demanda, assim a inserção de hortaliças não convencionais na dieta humana pode ser vista como uma excelente alternativa. De forma geral, frutas e hortaliças têm atraído a atenção do mercado pelos reconhecidos benefícios à saúde, em especial, as minimamente processadas. Vegetais minimamente processados são produtos vivos, com frescor e manutenção de todas as propriedades nutricionais e funcionais que são atribuídos a frutas e hortaliças, porém passam por uma ou mais operações de beneficiamento. Para estender sua vida útil alguns parâmetros devem ser combinados, como por exemplo embalagem, umidade, composição de gases (Mahajan et al., 2017), além de temperatura de armazenamento e do tipo de corte, parâmetros que serão discutidos no presente trabalho.

Hortaliças não convencionais, em geral, são plantas silvestres que por vezes crescem de forma espontânea e sem a necessidade de cuidados especiais, se adaptam bem em diversos climas e são de grande relevância ecológica e cultural para as populações. Apesar de comestíveis, elas ainda não foram estudadas pela comunidade técnico-científica ou exploradas pela sociedade em grande escala, restringindo-se à agricultura familiar (Kinupp, 2007; Brasil, 2013).

Com o passar do tempo, hortaliças domesticadas foram ganhando destaque e inseridas nos mercados e na mesa do consumidor devido a maior incentivo de estudos genéticos e de produtividade, sendo consideradas mais atrativas ao produtor e ao público final. Esses, dentre outros fatores, fizeram com que o consumo de hortaliças não convencionais fosse reduzido consideravelmente a ponto de se tornar desconhecido para as novas gerações. No entanto, são produtos que representam parte da história de um povo, sendo ainda consumidas por indígenas e quilombolas ou mesmo populações rurais (Silva et al., 2018), porém vem despertando interesse da alta gastronomia.

É notório o potencial nutricional e funcional de várias espécies de hortaliças não convencionais seja por relatos na literatura ou por conhecimento popular. A taioba (*Xanthosoma sagittifolium Schott*), por exemplo, apresenta níveis significativos de carboidratos, proteínas, ferro, minerais e vitaminas A e C (Lu et al. 2005, Rodríguez et al. 2006, Brasil 2010, Ndabikunze et al., 2011). Teores que podem ser altamente dependentes de fatores ambientais, genéticos e de manejo (Arbos et al. 2010). Além disso, suas folhas e raízes são

usadas na medicina popular brasileira (De Oliveira et al., 2012).

Uma vez comprovado seu valor nutricional e funcional, a inserção dessas hortaliças não convencionais na alimentação se faz uma excelente opção de consumo, especialmente para populações em vulnerabilidade social e para a agricultura familiar, como obtenção de renda extra. No entanto, estudos que relatem suas propriedades nutricionais e funcionais ainda são restritos.

Em relação a taioba, poucos são os trabalhos dedicados a estudar as características físico-químicas e bioativas ou mesmo avaliar a estabilidade e quais fatores interferem na sua qualidade pós-colheita. Estudar a influência do processamento mínimo é fundamental para entender melhor como garantir o aumento da vida útil desse produto e oferecer uma nova opção de hortaliças ainda pouco explorada comercialmente.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da temperatura de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) e do tipo de corte (rasgada e picada) sobre a qualidade de taiobas (*Xanthosoma sagittifolium Schott*) minimamente processadas.

Material e Métodos

As folhas de taioba foram cedidas por agricultores familiares do município de Nepomuceno-MG (lat. -21°14'S; long. -45°14'W) e transportadas imediatamente após a colheita para o laboratório de processamento mínimo do Departamento de Ciências dos Alimentos na Universidade Federal de Lavras-MG. Em seguida foram selecionadas de acordo com a ausência de danos mecânicos e contaminação microbiológica, uniformidade de tamanho e coloração.

As folhas de taioba foram sanificadas em solução de hipoclorito de sódio 100 mg.L⁻¹ e o excesso de solução foi retirado individualmente das folhas como auxílio de papel toalha, para evitar crescimento microbiológico durante o armazenamento. Dois tipos de corte foram estudados neste trabalho, assim durante o processamento mínimo as taiobas foram rasgadas manualmente ou picadas (3mm) com o auxílio de uma faca. Para obtenção das amostras foram retirados o pecíolo e as nervuras principal e secundária. Após o processamento, 40 gramas de taioba foram acondicionadas em bandejas de tereftalato de polietileno (PET) (10X14X5cm) com tampa rígida e armazenada em diferentes temperaturas (0°C, 5°C, 10°C) por 10 dias. As análises foram realizadas em dias alternados.

A coloração foi determinada utilizando-se um colorímetro Minolta CR 400. Os valores a^* e b^* foram utilizados para calcular o ângulo Hue (h°) [$\arctan(b^*/a^*)$] e o Croma (C) [$(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$].

A perda de massa, da hortaliça ao longo do armazenamento, foi determinada com o auxílio de uma balança analítica digital levando-se em consideração o peso inicial da bandeja e o peso final. O resultado foi expresso em porcentagem.

A quantificação da concentração de vitamina C (ácido ascórbico) foi realizada por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de hortaliça, segundo Strohecker e Henning (1967).

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada por metodologia modificada por Waterhouse (2002). Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico.100g⁻¹ de hortaliça (mg EAG. 100g⁻¹).

A análise de perfil de compostos fenólicos foi realizada utilizando HPLC Shimadzu (Japão), equipado com bomba quaternária modelo LC-20AT, detector de arranjo de diodos (DAD) modelo SPDM-20A. Resumidamente, as análises cromatográficas foram realizadas utilizando uma coluna Ascentis C18 5- μ m. A fase móvel consistiu em ácido acético a 2% (v / v) em água (fase móvel A) e metanol / água / ácido acético 70: 28: 2 (fase móvel B), ajustado a um caudal de 1,0 mL / min, conduzida utilizando um programa de eluição de gradiente a um tempo de execução de 65 min. O volume de injeção foi de 20 μ L. As análises foram realizadas a 15°C. A maioria dos compostos fenólicos gerou um resultado espectral UV-vis no cromatograma de HPLC a 280 nm. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos seus tempos de retenção, espectros absorptivos UV-vis e padrões autênticos.

A atividade antioxidante foi calculada por três metodologias distintas ABTS, DPPH expresso em EC 50 e pela auto-oxidação do sistema do beta-caroteno/ácido linoleico. A capacidade antioxidante pela redução do radical livre ABTS+• foi determinada de acordo com o método modificado por Rufino et al., 2007^a, sendo os resultados expressos em μ M trolox.g⁻¹ da hortaliça.

Para o método de DPPH foi adotada a metodologia de Rufino et al., 2007^b, os resultados expressos em EC 50, que representa a quantidade de antioxidante para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50.

Para quantificação do sistema beta-caroteno/ácido linoleico adotou-se a metodologia modificada por Rufino et al., 2007^c. Os resultados foram expressos de acordo com as equações abaixo (1) e (2).

$$\% \text{ Oxidação} = \frac{[(\text{Redução Abs}) \text{ amostra} \times 100]}{(\text{Redução Abs}) \text{ sistema}} \quad (1)$$

$$\% \text{ Proteção} = 100 - (\% \text{ Oxidação}) \quad (2)$$

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial $2 \times 3 \times 6$, sendo 2 tipos de cortes (rasgado e picado), 3 temperaturas de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) e 6 tempos (0,2,4,6,8 e 10 dias), com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de uma bandeja de 40g de taioba.

Os resultados foram submetidos à análise de variância sendo as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey ou submetidas à regressão polinomial, a 5% de probabilidade, utilizando o pacote computacional SISVAR® (Ferreira, 2011). Para melhor interpretação dos dados nos casos de interação tripla optou-se por gráficos em 3d, seguidos de linhas de contorno.

Resultados e discussão

As variáveis L*, a*, b*, chroma (C), hue (h°), perda de massa, sólidos solúveis, vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante (independente da metodologia aplicada) foram influenciados pela interação tripla, neste caso, os fatores tempo, temperatura e tipo de corte juntos foram responsáveis pelas mudanças durante o experimento. A acidez titulável e o pH apresentaram interação dupla significativa, sendo tempo e temperatura para a primeira variável e tempo e tipo de corte, para a segunda variável.

As figuras de 1 a 3 trazem o comportamento das variáveis estudadas pelo sistema CIE, sendo eles, L*(claridade); C (Chroma); h° (Hue), respectivamente. A coloração, é um dos quesitos mais importantes para qualidade do minimamente processado, já que a cor exerce forte influência na decisão de compra do consumidor.

Maiores valores de L* (Figura 1) estão relacionados com amostras mais claras, enquanto valores menores com amostras mais escuras. Como é possível observar, áreas mais claras

(maiores valores de L^*) foram associadas ao final do armazenamento na temperatura de 10°C, tanto para taiobas picadas quanto rasgadas.

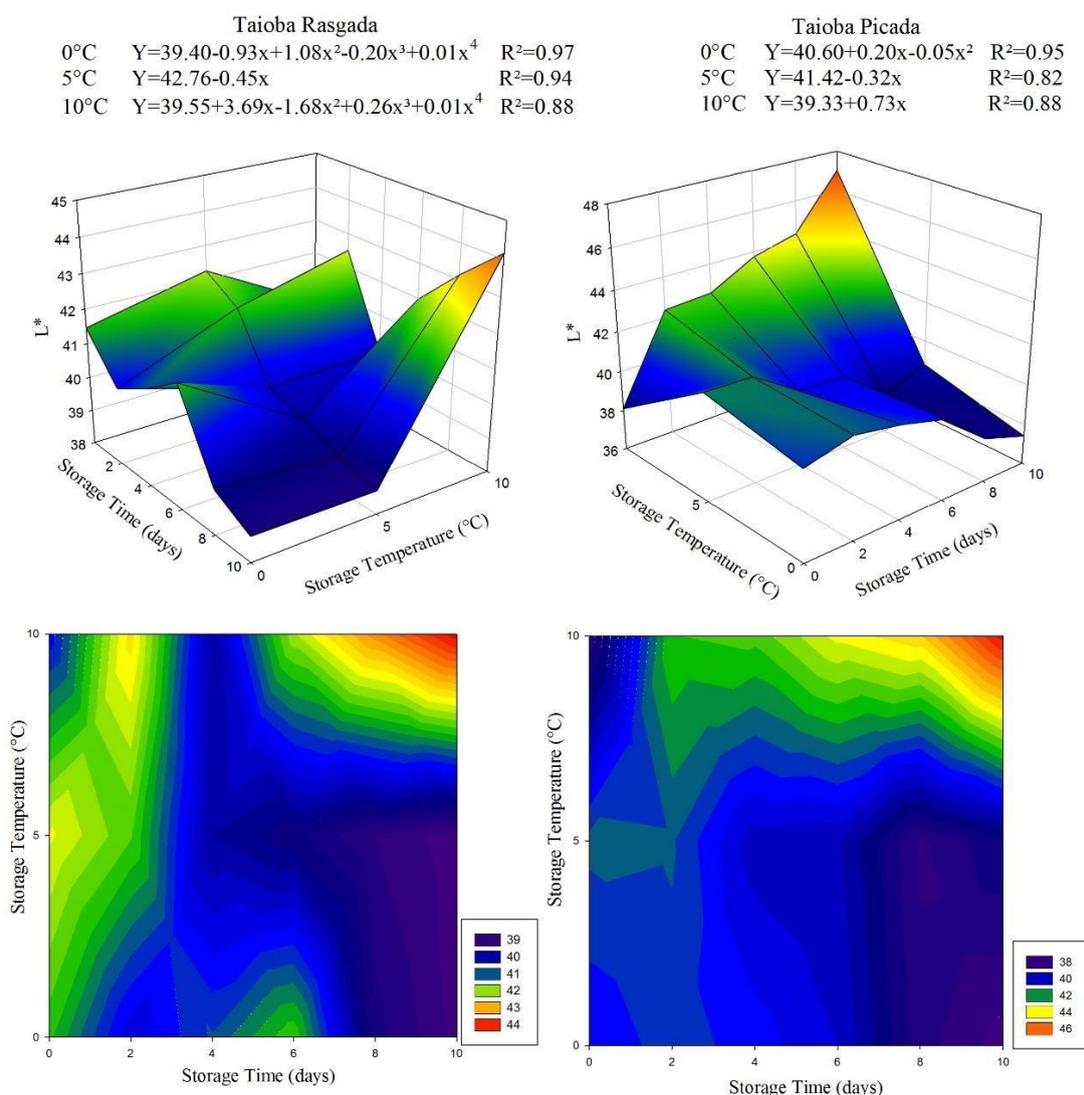


Figura 1 Valores médios de L^* para taioba submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Por outro lado, taiobas rasgadas a 0°C e 5°C eram mais claras no início do estudo e foram diminuindo seu valor de L^* , ou seja, tornando-se mais escuras ao longo do armazenamento. Já para taiobas picadas e armazenadas a 0°C e 5°C a mudança de L^* foi mínima, sendo seu valor médio no dia 0, 40,24 e no dia 10, 38,73. Na temperatura de 10°C, observou-se um aumento de L^* ao final do armazenamento, caracterizando o amarelecimento esperado dessas hortaliças.

O amarelecimento de vegetais verdes minimamente processados ocorre devido a degradação da clorofila, revelando pigmentos carotenoides preexistentes. A clorofila pode ser degradada por várias enzimas: clorofiloxidase, clorofilases e hidrolases. A degradação de

clorofila em produtos minimamente processados pode ser iniciada pela liberação de etileno proveniente do estresse ou por radicais livres oriundos da peroxidação de lipídios (Shewfelt e Del Rosário, 2000; Varoquaux e Wiley, 2017). De qualquer modo, o grau de injúria do processamento mínimo é capaz de acionar esse gatilho, que aliado ao aumento da temperatura teve sua velocidade de reação aumentada.

O chroma (C) descreve a pureza ou intensidade da cor e pode variar de 0 (para cores neutras) a 60 (para cores vivas), ou seja, valores altos estão relacionados com maior intensidade da cor (McGuire,1992). A figura 2 diz respeito ao comportamento do C em amostras rasgadas e picadas, armazenadas sob diferentes temperaturas.

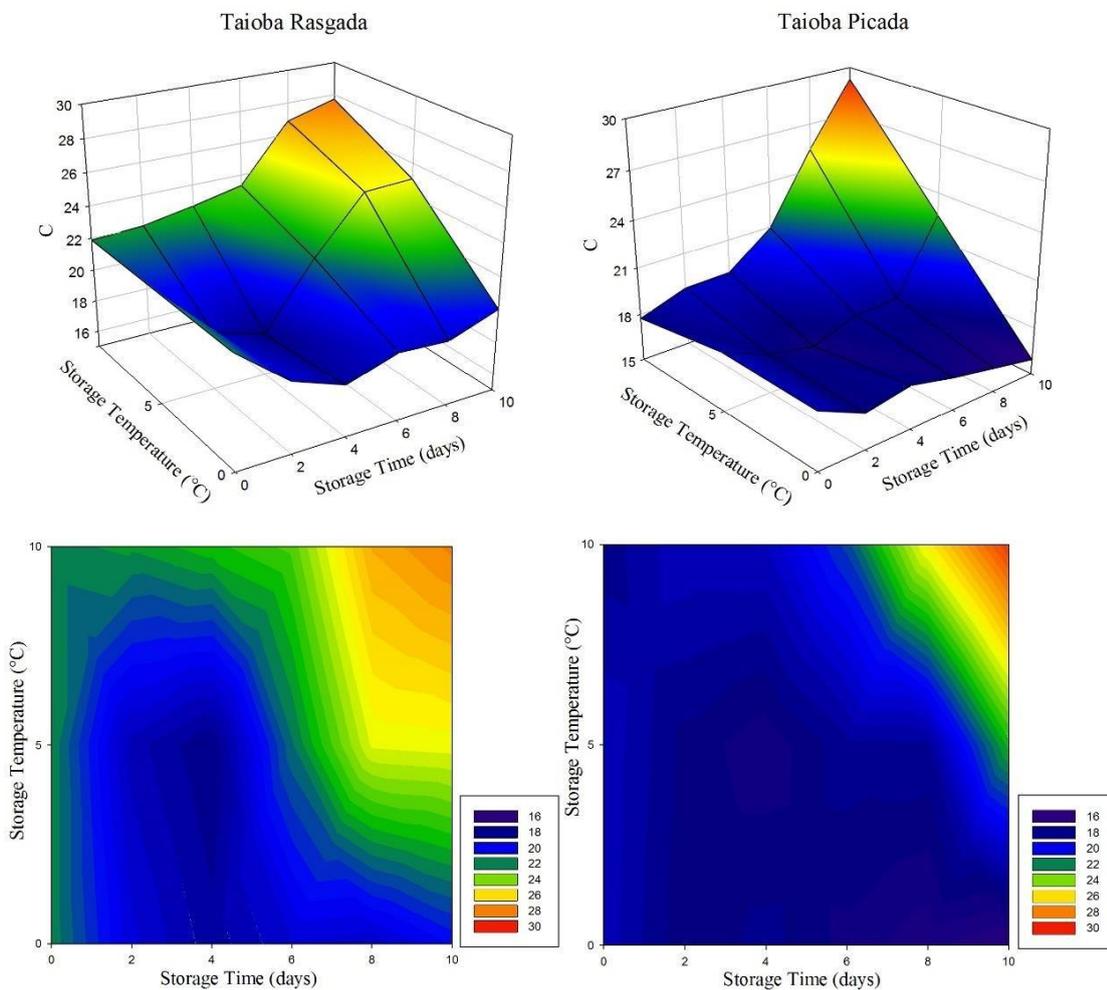


Figura 2 Valores médios de C para taioba submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Observa-se valores mais altos (cores mais vivas) para amostras armazenadas na maior temperatura (10°C) no final do armazenamento. Com relação ao tipo de corte, a taioba picada apresentou maior valor de C quando comparada com taiobas rasgadas ao final do estudo, 29,25 e 27,15, nessa ordem.

Chen et al., (2017) também relacionou o aumento de chroma com maior tempo de armazenamento de carambolas minimamente processadas, porém não encontrou nenhuma relação entre as diferentes temperaturas de armazenamento (0°C e 4°C).

Os dados de $^{\circ}h$ estão descritos na figura 3 e apresentaram comportamento semelhante para os tipos de corte, com valores mais elevados nos primeiros dias de armazenamento e queda ao longo do tempo. Observou-se que a maior temperatura de armazenamento relaciona-se de forma positiva com queda nos valores de $^{\circ}h$, principalmente em hortaliças rasgadas.

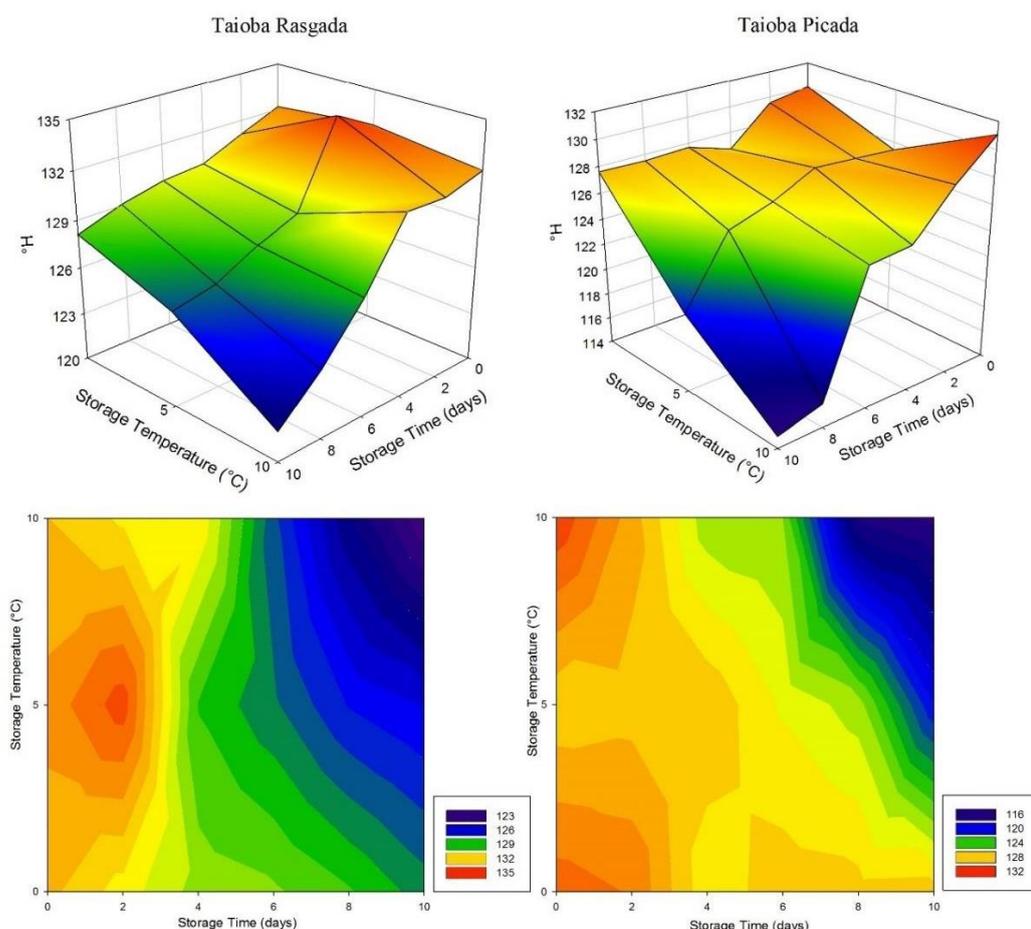


Figura 3 Valores médios de h° para taioba submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Ao longo dos 10 dias é possível observar redução acentuada no valor do h° em taiobas rasgadas a partir do 4º dia, mesmo na temperatura de 0°C. A perda de tonalidade em taiobas picadas foi observada a partir do 6º dia, quando armazenadas a 5°C e 10°C, chegando ao final do experimento com menores valores de h° (121,21° e 114,91°, respectivamente).

No espaço de cor os dados encontrados para $^{\circ}h$ representaram tonalidades que vão de amarelo a verde (90°-180°), sendo que valores menores estão mais próximos ao amarelo. Os

resultados encontrados para o h° podem ser relacionados com os encontrados para o parâmetro b^* , com queda dos valores e tendência de amarelamento no final do armazenamento quando submetidos a temperatura mais alta.

De modo geral, as melhores condições de processamento e armazenamento para a cor de taiobas minimamente processadas são aquelas capazes de minimizar as alterações entre os valores iniciais e finais de cada variável estudada. Assim, o armazenamento a 10°C foi ineficiente para ambos os cortes, porém os resultados negativos foram acentuados em folhas picadas. Para garantir a qualidade quanto a cor de folhas de taioba por mais tempo, recomenda-se o armazenamento a 0°C ou 5°C , independente do tipo de corte.

Na figura 4 encontra-se o comportamento da perda de massa em taiobas rasgadas e picadas armazenadas sob diferentes temperaturas. A perda de massa depende, entre outros fatores, da taxa de respiração da hortaliças, da razão entre superfície/volume das folhas, da embalagem e das condições de armazenamento (Bahram-Parvar e Lim, 2018).

Como é possível observar, taiobas picadas apresentaram maior perda de massa, sendo este resultado intensificado pela maior temperatura de armazenamento (10°C). Nessa temperatura, no 4º dia de armazenamento, taiobas picadas apresentavam 1,94% de perda de massa, enquanto nas rasgadas esse percentual era de 1,3%. A diferença significativa entre o tipo de corte permaneceu até o final do armazenamento, quando taiobas rasgadas e picadas apresentaram 4,46% e 3,64% de perda de massa, nessa ordem.

Diminuir a perda de massa é fundamental para garantir a qualidade final dos minimamente processados, já que influencia diretamente a textura e aparência das folhas. A perda de massa relaciona-se diretamente com a perda de água, que por sua vez traz prejuízos na aparência, como murchamento e enrugamento, na textura e na qualidade nutricional (Barba et al., 2017).

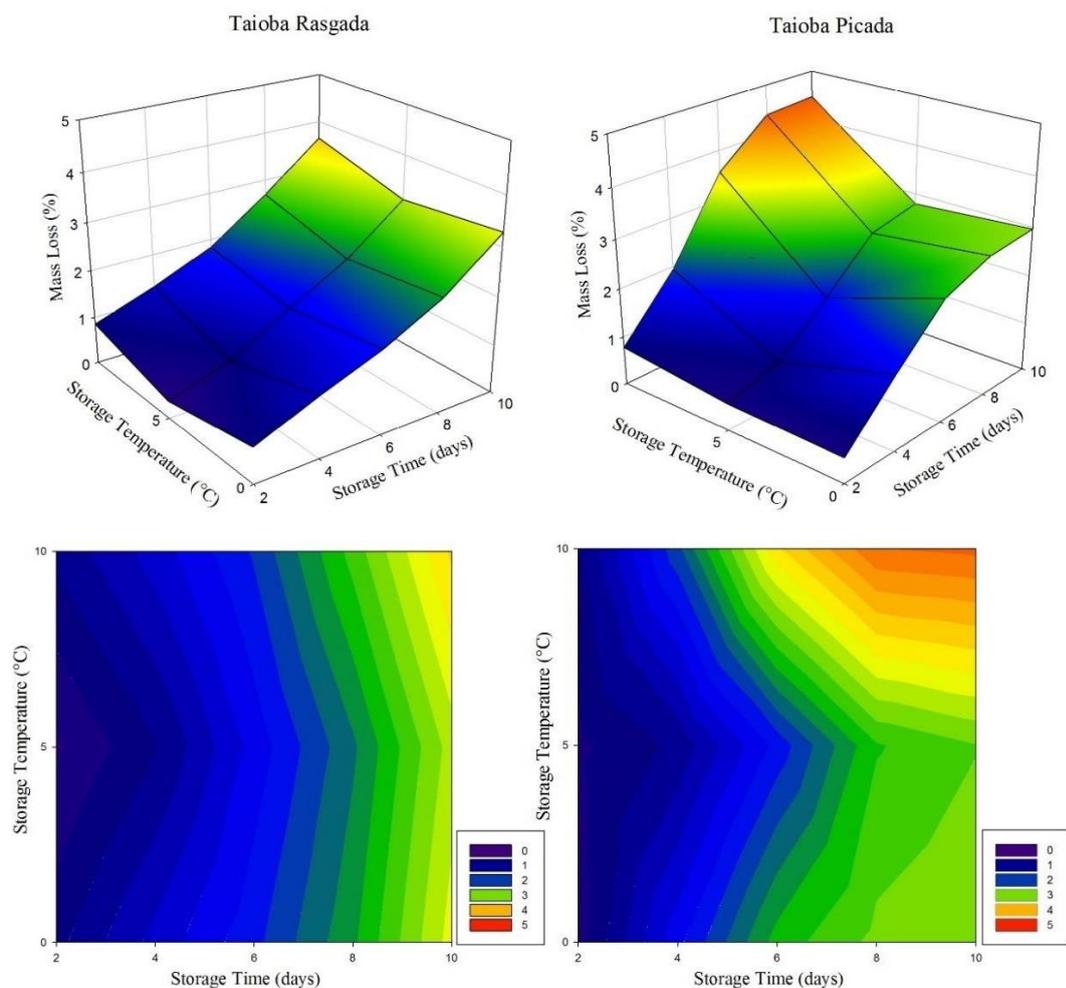


Figura 4 Valores médios de perda de massa (%) para taioba submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias

A principal causa de perda de massa em hortaliças se dá pela perda de água durante a respiração, sendo assim é esperado que a temperatura mais elevada, acelere o metabolismo do vegetal acarretando no aumento da taxa respiratória e consequentemente na maior perda de massa. Outro fator que pode intensificar as reações metabólicas são as injúrias, como por exemplo, o corte do tecido celular. Neste trabalho observou-se que o maior grau de injúria associado à mais elevada temperatura de armazenamento influenciaram de forma negativa na manutenção da qualidade do minimamente processado.

Nas demais temperaturas (0°C e 5°C) as diferenças não foram significativas, em média 3,10% e 2,94%, nas respectivas temperaturas, sendo considerados as melhores condições de armazenamento, independente do tipo de corte.

Variáveis como pH, acidez titulável e sólidos solúveis estão correlacionados a fatores intrínsecos da hortaliças, sendo indicativos para manutenção da vida útil do produto (Lima et

al.,2001). Vários trabalhos na literatura descrevem a importância de quantificar essas variáveis físico-químicas (Santos et al.,2014; Reis et al.,2014).

Segundo Cecchi (2003) a acidez titulável diz respeito a quantificação de ácidos orgânicos e influencia diretamente no sabor, aroma e na qualidade dos alimentos. O pH por sua vez é um indicativo de contaminação ou susceptibilidade microbológica e pode estar associado a palatabilidade já que se correlaciona inversamente com a acidez titulável (Silva et al.,2015).

Taiobas pertencem ao grupo de alimentos com baixo teor de ácidos. Nesse estudo houve variações no pH de 5,70 a 6,54 (figura 5). Com relação ao tipo de corte, foi observada uma redução drástica do pH em taiobas picadas aos 2 dias de armazenamento, o que segundo alguns autores pode ter sido influenciada pela injúria. Rico et al., (2007) relataram associação entre o tipo de corte e alterações no pH da cebola minimamente processada. Bahram-Parvar e Lim (2018) reafirmam em seu trabalho que o grau de injúria diminuiu o pH de vegetais minimamente processados como couve e cenoura.

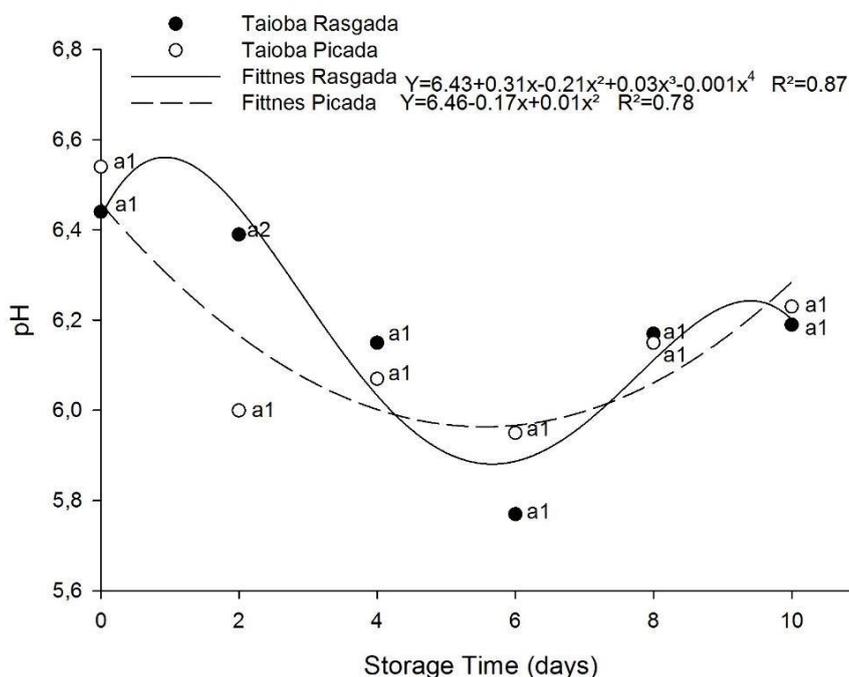


Figura 5 Valores médios de pH para taioba submetida a diferentes tipos de corte. Letras iguais no mesmo tempo de armazenamento: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os dados da acidez titulável podem ser observados na figura 8. Para temperatura de 0°C e 5°C não houve diferença significativa ao longo do armazenamento. No entanto com 8 dias de armazenamento houve um aumento na acidez titulável das taiobas armazenadas à 10°C, que

permaneceu até o 10º dia chegando a 0,59%. Em taiobas armazenadas a 0°C e 5°C, os valores para acidez titulável foram significativamente menores 0,36% e 0,33%, nessa ordem.

Na figura 6 encontram-se os dados do teor de sólidos solúveis das amostras de taiobas rasgadas e picadas sob diferentes temperaturas de armazenamento. Os dados foram descritos por meio de equações polinomiais de segundo, terceiro e quarto grau.

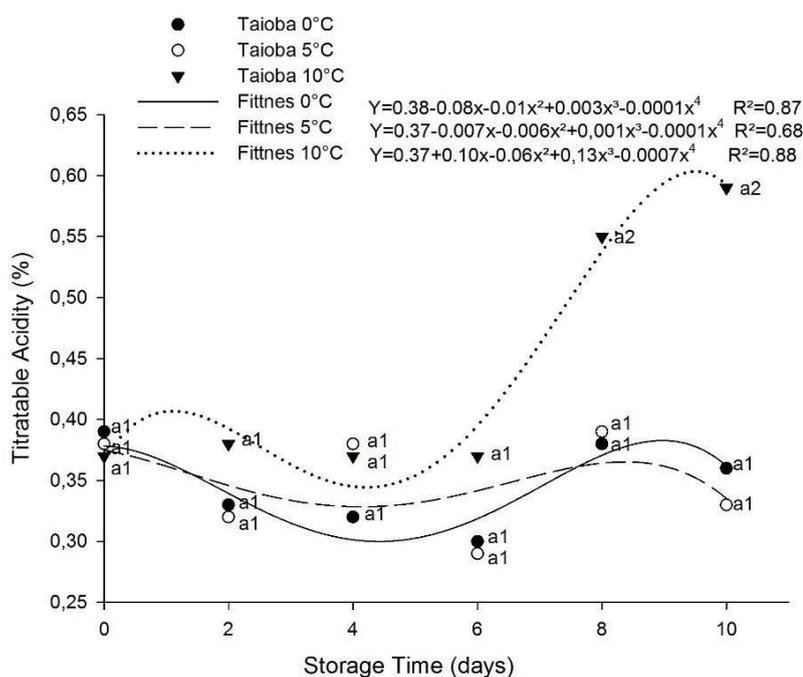


Figura 6 Valores médios de acidez titulável (%) para taioba submetida a diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias. Letras iguais no mesmo tempo de armazenamento: médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Os sólidos solúveis apresentaram comportamento semelhante a perda de massa, com maiores índices no final do armazenamento nas amostras picadas a 10°C (6,33%), seguida de 0°C e 5°C, 6% e 5,2%, respectivamente.

Nas amostras picadas, no tempo 0, independentemente da temperatura, o percentual de sólidos solúveis foi maior do que nas amostras aos 2 e 4 dias, indicando uma possível perda de água durante o processamento que não foi observada de forma tão evidente em taiobas rasgadas. Neste estudo, quando rasgadas, taiobas apresentaram aumento considerável no teor de sólidos solúveis somente a partir do 8º dia de armazenamento.

O principal motivo de perda de massa em hortaliças é a perda de água por transpiração, quando ocorre esse fenômeno é comum que os sólidos solúveis se concentrem e assim tem-se um aumento no seu percentual. Amostras armazenadas a 5°C, tiveram menor perda de massa

no final dos 10 dias, portanto conseqüentemente apresentaram menor % de sólidos solúveis. Ao mesmo tempo, na temperatura de 10°C foram encontrados os maiores teores de sólidos solúveis, o que também pode ser atribuído a maior perda de massa. Segundo Agüero et al., (2011) o estresse climático é um dos responsáveis por reduzir o teor de água e aumentar a perda de massa em alfaces, levando a um leve aumento do teor de sólidos solúveis.

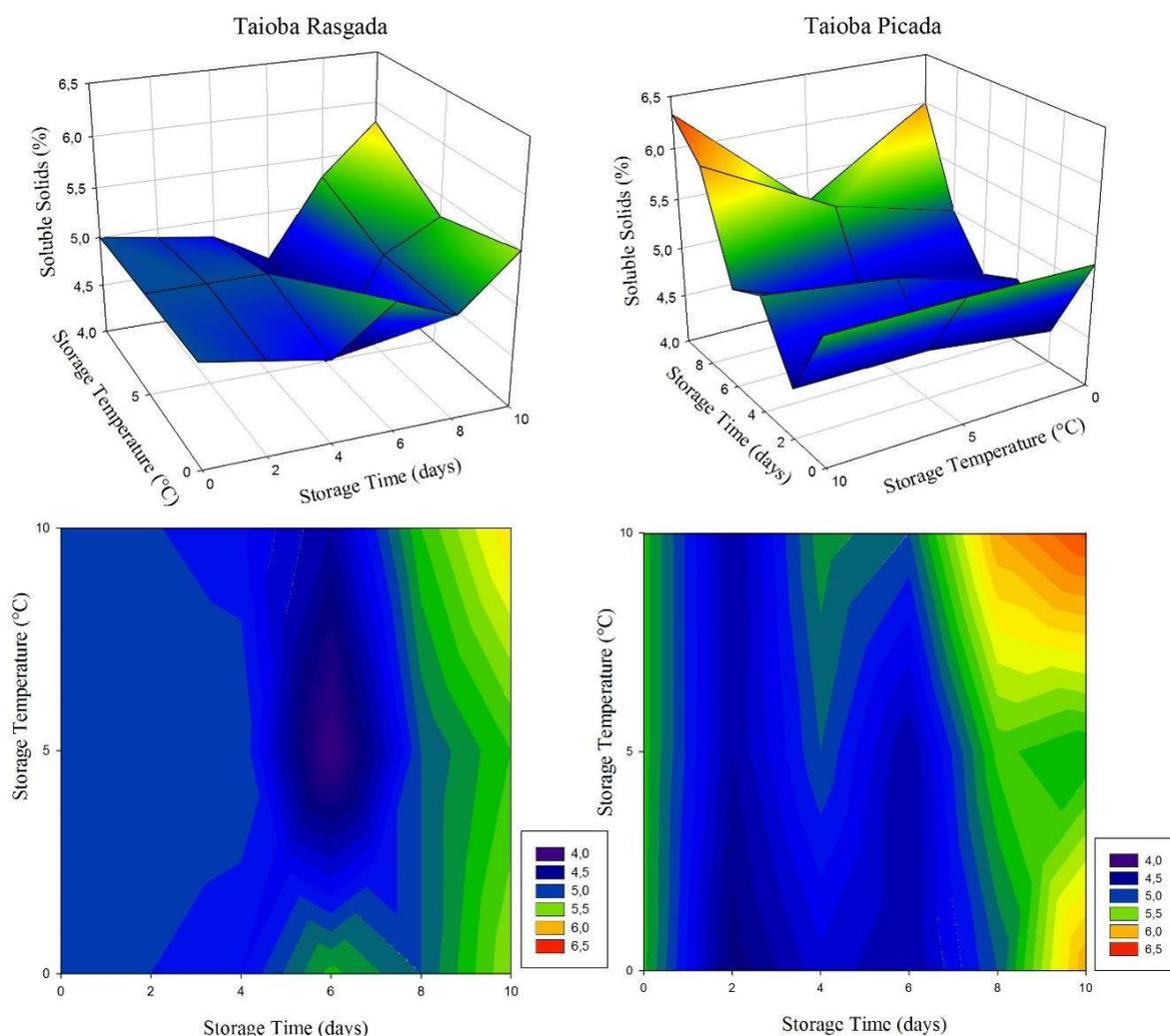


Figura 6 Valores médios do % de sólidos solúveis para taioba submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias

Os teores de vitamina C podem ser encontrados na figura 7. De modo geral observou-se redução da concentração de ácido ascórbico ao longo do experimento, independente da temperatura e do tipo de corte. O consumo de alimentos com concentrações significativas de ácido ascórbico traz benefícios para a saúde como prevenção de diabetes, de doenças cardiovasculares e de alguns tipos de câncer (Ames, Shigenaga, e Hagen, 1993; Mandl, Szarka e Banhegyi, 2009). Além disso, sua molécula participa da síntese de colágeno no organismo (Mandl, Szarka e Banhegyi, 2009).

Taiobas rasgadas a 0°C e 5°C foram mais efetivas em manter os teores de vitamina C durante todo experimento, ainda assim observou-se diferenças significativas nos tempos 4,6 e 8, nos quais o percentual de ácido ascórbico foi maior em folhas armazenadas a 5°C. Portanto taiobas rasgadas armazenadas a 0°C no 10º dia, apresentavam os maiores valores (93,32 mg AA.100g⁻¹), seguido da temperatura 5°C (73,90 mg AA.100g⁻¹) e por fim 10°C (47,43 AA.100g⁻¹).

Comportamento semelhante foi estabelecido em amostras picadas; o teor de ácido ascórbico foi maior na temperatura de 5°C nos dias 4 (144,21 AA.100g⁻¹), 6 (128,91 AA.100g⁻¹) e 8 (109,00 AA.100g⁻¹), porém no 10º houve diferença significativa entre 0°C e 5°C. A degradação nos teores de vitamina C ocorreu de forma mais efetiva nas taiobas picadas quando submetidas a 10°C. Amostras armazenadas a 0°C perderam menos de 43% do valor inicial de ácido ascórbico, enquanto, para taiobas armazenadas a 10°C foi observado um percentual de 78% de redução. Esse resultado deixa clara a influência da temperatura sobre a manutenção da qualidade de produtos minimamente processados.

O aumento da temperatura de armazenamento provoca maior degradação da molécula de vitamina C, bem como de outros compostos (Howard et al.,1999; Bouzari, Holstege e Barret, 2015 e Li et al.,2017). A vitamina C é descrita na literatura como um composto termolábil e seu mecanismo de degradação baseia-se em vias aeróbicas e anaeróbicas (Tannenbaum, 1976). A primeira baseia-se na presença de O₂ e pode ser catalisada pelo aumento da temperatura, enquanto a via anaeróbica é altamente dependente da temperatura de armazenamento. Além disso, as reações químicas das quais esse composto participa, como o escurecimento, também são influenciadas pela temperatura e pelo tempo de armazenamento (Rodriguez et al., 1991). Sendo assim, uma das formas conhecidas de minimizar a redução do ácido ascórbico ao longo do tempo é a diminuição da temperatura do meio.

Estabelecer condições que minimizem a degradação da vitamina C é a essência para oferecer um produto que supra ou auxilie de forma significativa na ingestão diária deste composto, uma vez que sua importância como cofactor enzimático e antioxidante são conhecidas e os seres humanos não podem sintetizar ou armazenar ácido ascórbico no corpo (Bernardi et al., 2014).

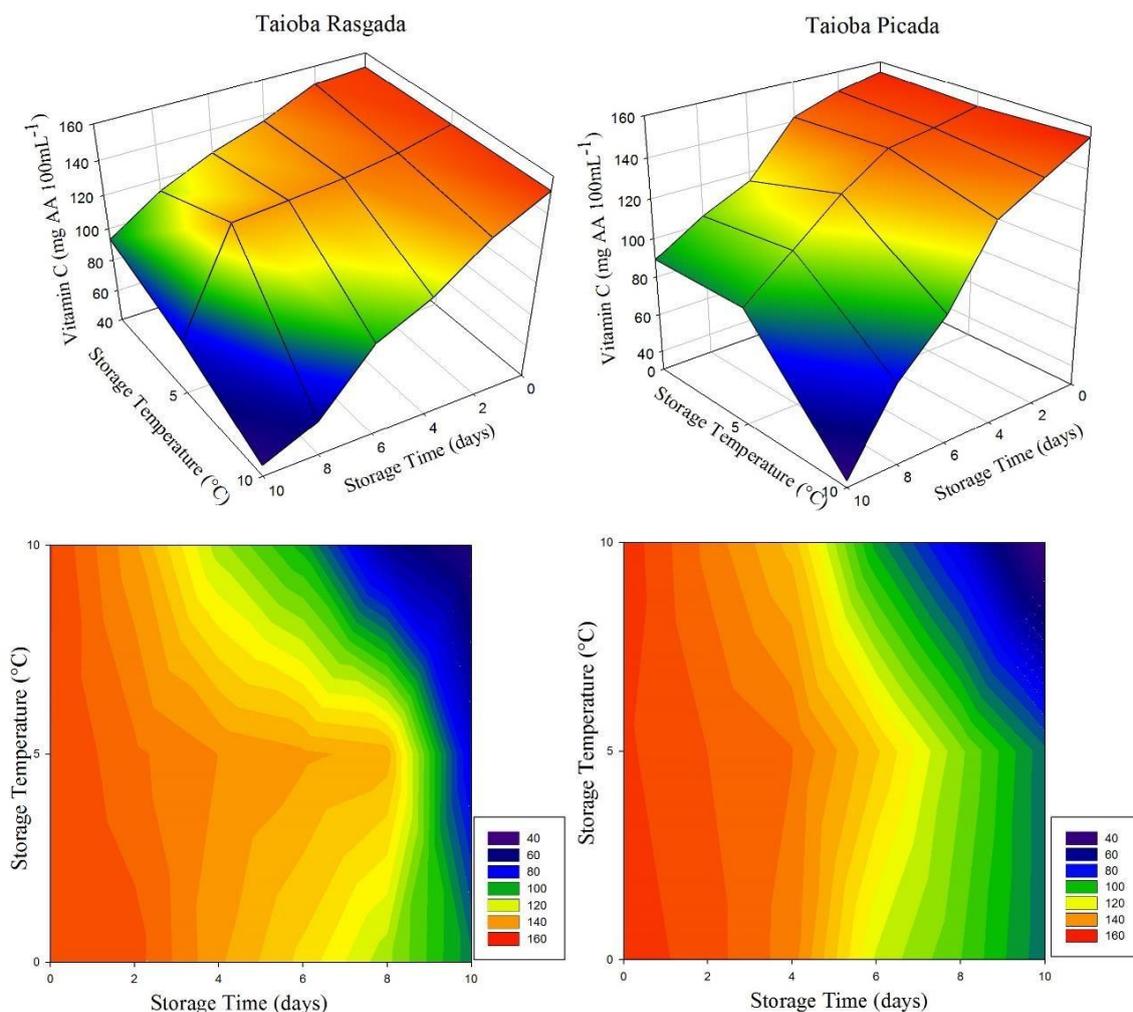


Figura 7 Valores médios dos teores de vitamina C ($\text{mg AA} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para taioba submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

Na figura a seguir (figura 8) é possível observar o comportamento da concentração de fenólicos totais durante o experimento. A partir do 4º dia de armazenamento taiobas picadas apresentaram valores superiores ($p < 0.05$) às rasgadas e assim foi mantido até o final do estudo, sugerindo que o tipo de corte, ou grau de injúria, foi determinante nas reações de síntese e degradação dos fenólicos totais.

O fator temperatura também influenciou o teor destes compostos no final do armazenamento. Taiobas picadas armazenadas a 0°C apresentaram maior concentração ($71,35 \text{ mg EAG} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) seguido de 5°C ($61,19 \text{ mg EAG} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) e 10°C ($57,67 \text{ mg EAG} \cdot 100\text{mL}^{-1}$). Sarikurkcü et al., (2017) estudaram as propriedades funcionais da taioba, entre elas o teor de fenólicos totais; o valor encontrado foi bem menor do que o descrito no presente trabalho ($32 \text{ mg EAG} \cdot 100\text{mL}^{-1}$). Vários fatores podem ter influenciado nessa divergência de valores, entre elas clima, tipo de solo, idade da folha, processamento mínimo e a metodologia aplicada.

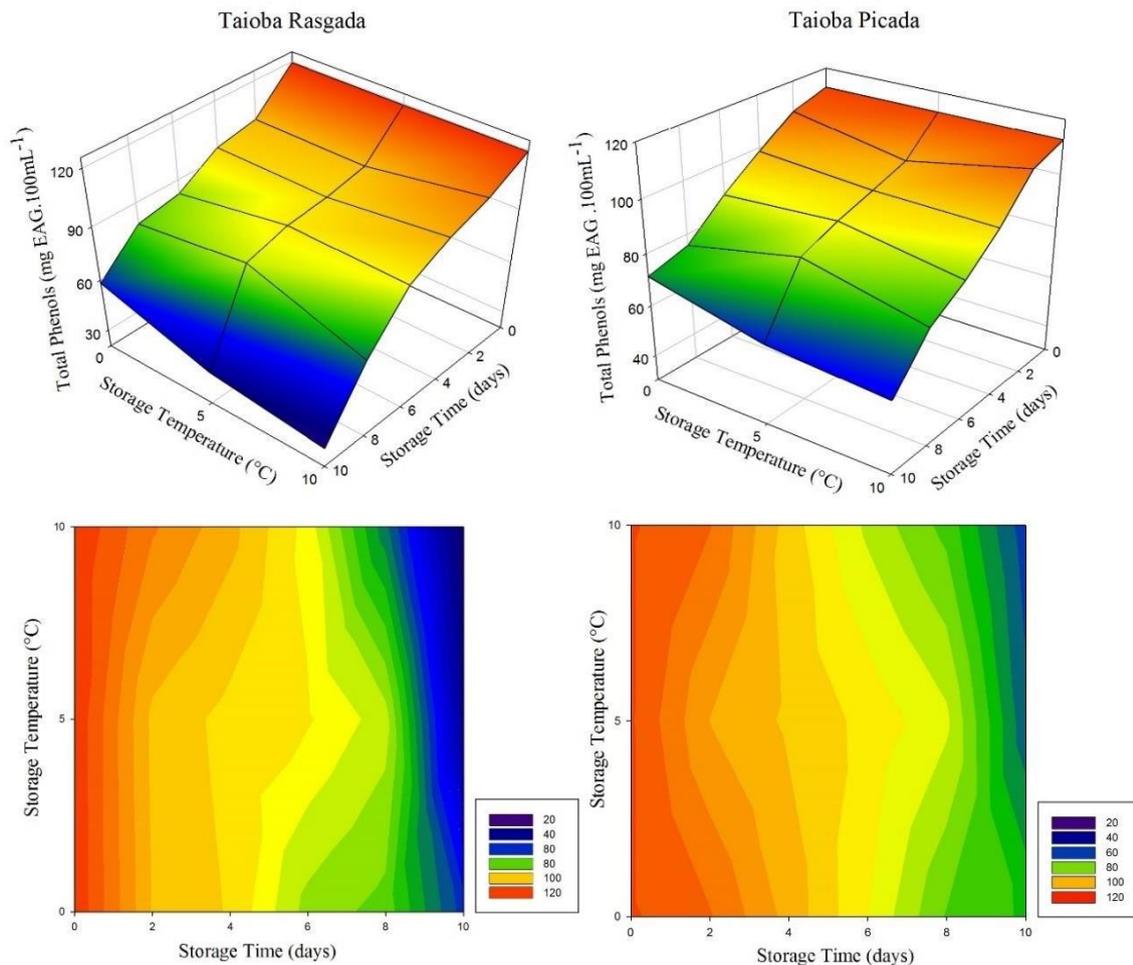


Figura 8 Valores médios da concentração de fenólicos totais ($\text{mg EAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para taioba submetidas a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenadas por 10 dias.

O percentual de retenção de fenólicos totais foi de 63%, 54% e 51% em taiobas picadas armazenadas a 0°C , 5°C e 10°C , respectivamente. Para taiobas rasgadas os valores encontrados foram de 48%, 43% e 26%, nas mesmas temperaturas e ordem. Levando-se em consideração os índices apresentados acima a melhor temperatura de armazenamento foi 0°C para ambos os cortes. Logo, o abaixamento da temperatura foi efetivo para minimizar reações degradativas que ocorrem naturalmente ao longo do armazenamento.

A relação entre o aumento de compostos fenólicos X estresse causado pelo tipo de corte em frutas e hortaliças já foi reportada anteriormente por Surjadinata e Cisneros-Zevallos, (2012); Zhan et al., (2012); Maribel Robles-Sanchez et al., (2013); Torres-Contreras et al., (2014) e Li et al., (2017). Segundo os autores a temperatura de armazenamento e o grau de injúria a qual foi submetida a hortaliça são responsáveis por provocar alterações, induzindo a síntese ou acelerando a degradação dos compostos fenólicos. Duas rotas principais podem estar envolvidas: na primeira a ruptura do tecido celular durante o corte provoca a oxidação de

compostos antioxidantes já existentes (Saltveit,2000). Na segunda, a injúria induz a atividade de algumas enzimas com o intuito de curar o dano causado, entre elas a fenilalanina amônia liase (PAL), principal responsável pela síntese de compostos fenólicos (Ryan,2000; Rakwal e Agrawal,2003)Portanto o teor de fenólicos ao final do armazenamento depende do equilíbrio entre as duas rotas (Reyes et al.,2007), que podem ser influenciadas também pela temperatura de armazenamento da hortaliça.

O perfil de fenólicos encontrado em taiobas rasgadas e picadas é apresentado nas tabelas 1 e 2, respectivamente. Foram identificados 7 compostos em taiobas rasgadas e 8 em picadas, dos 13 padrões disponíveis. A identificação de compostos fenólicos é uma missão complicada, principalmente quando se utiliza padrões puros. Chen e Zuo (2007) relatam que em se tratando de matrizes alimentares de origem vegetal dificilmente esses compostos estão na sua forma livre, sendo mais comum encontrá-los complexados com ésteres ou glicosídeos.

Os compostos predominantes encontrados na taioba rasgada foram a catequina e o ácido gálico, sendo mais expressivo no final do armazenamento. A catequina apresentou $1,866 \pm 0,11$ mg. $100g^{-1}$; $1,336 \pm 0,15$ mg. $100g^{-1}$; $1,810 \pm 0,25$ mg. $100g^{-1}$ nas temperaturas de $0^{\circ}C$, $5^{\circ}C$ e $10^{\circ}C$, respectivamente; já o ácido gálico as concentrações encontradas foram $1,57 \pm 0,82$ mg. $100g^{-1}$; $1,60 \pm 0,22$ mg. $100g^{-1}$; $2,26 \pm 0,02$ mg. $100g^{-1}$, nas mesmas temperaturas citadas anteriormente. o ácido *trans*-cinâmico, também apresentou concentrações consideráveis nas temperaturas de $0^{\circ}C$ ($2,85 \pm 0,71$ mg. $100g^{-1}$) e $5^{\circ}C$ ($2,29 \pm 0,96$ mg. $100g^{-1}$), no tempo 10. Na temperatura de $10^{\circ}C$, o teor encontrado de ácido *trans*-cinâmico foi menor que $0,5$ mg. $100g^{-1}$. Em concentrações menores foram detectados o ácido *o*-cumárico em todos os tempos e temperaturas; o ácido clorogênico e o ácido *p*-cumárico foram encontrados nas temperaturas de $0^{\circ}C$ e $5^{\circ}C$, porém não em todos os tempos.

Para taioba picada, o ácido vanílico apresentou os maiores valores, principalmente nas temperaturas menores: $0^{\circ}C$ ($6,32 \pm 1,02$ mg. $100g^{-1}$) e $5^{\circ}C$ ($7,76 \pm 1,12$ mg. $100g^{-1}$). Os ácidos gálico, clorogênico e *trans*-cinâmico, além da catequina apresentaram um aumento ao longo do armazenamento, sendo mais intenso em temperaturas mais elevadas.

Tabela 1. Perfil de compostos fenólicos (mg.100g⁻¹) detectados por HPLC em taioba rasgada armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias.

Taioba Rasgada									
Tempo(dias)	Galic Acid (mg.100g ⁻¹)			Chlorogenic Acid (mg.100g ⁻¹)			Trans-cinnamic acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.912±0.02	0.936±0.02	0.903±0.02	0.061±0.08	0.056±0.01	0.058±0.01	0.497±0.03	0.503±0.03	0.596±0.03
6	1.377±0.41	1.456±0.23	1.713±0.72	0.477±0.12	-	-	0.462±0.02	2.796±0.78	0.913±0.09
10	1.570±0.82	1.603±0.22	2.268±0.02	0.916±0.49	-	-	2.854±0.71	2.295±0.96	0.457±0.07
Tempo(dias)	Catechin (mg.100g ⁻¹)			m-Coumaric Acid (mg.100g ⁻¹)			o-Coumaric Acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.92±0.00	0.88±0.01	1.02±0.15	0.037±0.00	0.041±0.00	0.038±0.00	0.733±0.06	0.740±0.02	0.742±0.08
6	1.23±0.23	1.02±0.34	1.972±0.12	-	-	0.135±0.01	0.656±0.11	0.698±0.02	0.618±0.01
10	1.72±0.12	1.88±0.55	2.853±0.015	-	-	0.030±0.01	0.646±0.12	0.586±0.06	0.509±0.01
Tempo(dias)	p-Coumaric Acid (mg.100g ⁻¹)								
	0°C	5°C	10°C						
0	-	-	-						
6	0.245±0.02	0.344±0.01	-						
10	0.013±0.00	0.192±0.01	-						

Tabela 2. Perfil de compostos fenólicos (mg.100g⁻¹) detectados por HPLC em taioba picada armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias.

Taioba Picada									
Tempo(dias)	Galic Acid (mg.100g ⁻¹)			Chlorogenic Acid (mg.100g ⁻¹)			Trans-cinnamic acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.892±0.04	0.888±0.13	0.896±0.02	0.106±0.08	0.116±0.03	0.094±0.01	0.532±0.05	0.589±0.02	0.482±0.03
6	0.906±0.03	1.038±0.33	1.002±0.06	0.654±0.04	0.615±0.02	0.888±0.01	0.363±0.05	0.416±0.03	0.851±0.02
10	1.177±0.22	1.253±0.12	1.556±0.17	1.641±0.19	2.346±0.24	2.534±0.57	1.241±0.16	1.697±0.22	1.753±0.03
Tempo(dias)	Catechin (mg.100g ⁻¹)			m-Coumaric Acid (mg.100g ⁻¹)			o-Coumaric Acid (mg.100g ⁻¹)		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.92±0.11	1.02±0.18	1.07±0.05	0.031±0.06	0.034±0.02	0.038±0.01	0.531±0.03	0.578±0.02	0.538±0.07
6	1.063±0.11	1.533±0.13	1.930±0.32	0.029±0.01	0.019±0.02	0.019±0.00	0.405±0.03	0.463±0.05	-
10	1.966±0.11	1.936±0.15	2.181±0.25	-	0.006±0.00	0.007±0.00	0.332±0.06	-	-
Tempo(dias)	p-Coumaric Acid (mg.100g ⁻¹)			Vanillin (mg.100g ⁻¹)					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	-	-	-	0.107±0.04	0.121±0.02	0.109±0.02			
6	0.184±0.01	0.249±0.04	0.220±0.02	4.658±0.92	3.329±0.67	4.883±0.39			
10	0.494±0.06	0.044±0.01	0.029±0.02	6.325±1.02	7.769±1.12	3.942±0.66			

Os ácidos *m*-cumárico, *o*-cumárico e *p*-cumárico também foram detectados, porém em quantidades bem pequenas. Não há registros na literatura da descrição do perfil de fenólicos, impossibilitando a comparação com outros estudos. O aumento de compostos fenólicos ao longo do tempo pode ser associado ao aumento de atividade da PAL, enzima chave envolvida na síntese desses compostos. O aumento de atividade da PAL pode ser afetado por uma série de mecanismos induzidos pelo estresse, como ferimentos no tecido vegetal, exposição a altas temperaturas, ataque de patógenos entre outros (Alegria et al.,2016). De acordo com Formica-Oliveira et al., (2017) o processamento mínimo é capaz de provocar o aumento da atividade da PAL em cenouras durante o armazenamento a 4°C.Os compostos fenólicos são relacionados a várias propriedades promotoras de saúde, como anti-inflamatória e antitumoral, além de prevenir doenças neurodegenerativas e crônicas (Formica-Oliveira et al., 2017). Estudos apontam que o consumo de alimentos ricos nestas substâncias promove atividade biológica positiva contra doenças cardiovasculares, diabetes e patologias neurodegenerativas (Pastoriza et al.,2017).

A catequina, por exemplo, é frequentemente encontrada em chá verde e, apresenta propriedades antioxidantes e um alto potencial para combater o estresse oxidativo (De Oliveira et al., 2016). Além disso ações antidiabéticas e anticancerígenas já foram reportadas (Pastoriza et al.,2017). O ácido gálico, outro fenólico encontrado em taiobas, é sintetizado como um subproduto na via responsável pela produção de taninos e acredita-se que esse composto apresenta excelente capacidade antioxidantes e biodisponibilidade comprovada *in vivo* (Zappia et al.,2018). A vanilina, por sua vez, apresenta uma atividade antioxidante menor em relação a outros compostos fenólicos, como por exemplo o ácido gálico; essa pequena atividade é atribuída a metoxila na sua estrutura, porém existem trabalhos na literatura que pontuam sua função terapêutica (Sidhu e Zafar, 2018; Pathak et al.,2018).

A figura 9 mostra o comportamento da atividade antioxidante de taiobas rasgadas e picadas armazenadas sob diferentes temperaturas baseando-se na % de proteção do sistema beta-caroteno/ácido linoléico.

O tipo de injúria parece ter aumentado significativamente a atividade antioxidante da amostra, independentemente da temperatura de armazenamento. O percentual de proteção para taiobas rasgadas foi de 70%, enquanto taiobas picadas alcançaram 77%.

Na temperatura de 0°C, a partir do segundo dia, não é possível observar diferença significativa na atividade antioxidante para os diferentes tipos de corte, com exceção do tempo 10, onde novamente amostras picadas apresentam maior atividade antioxidante. Nas temperaturas de 5°C e 10°C, as amostras picadas foram superiores as rasgadas em todos os tempos, excluindo somente o tempo 10

na temperatura de 10°C. Para o tempo em questão observou-se uma redução acentuada do % de proteção, cerca de 23% em relação ao tempo 8 e 42% em relação ao tempo 0.

De forma geral a atividade antioxidante apresentou baixos percentuais de redução nas temperaturas de 0°C e 5°C. Taiobas rasgadas reduziram 21,57% (0°C) e 25,09% (5%), já taiobas picadas perderam 25,75% e 23,56%, nas mesmas temperaturas acima. A maior queda foi observada nas amostras picadas na maior temperatura de armazenamento (10°C) e no último tempo de estudo (42,09%).

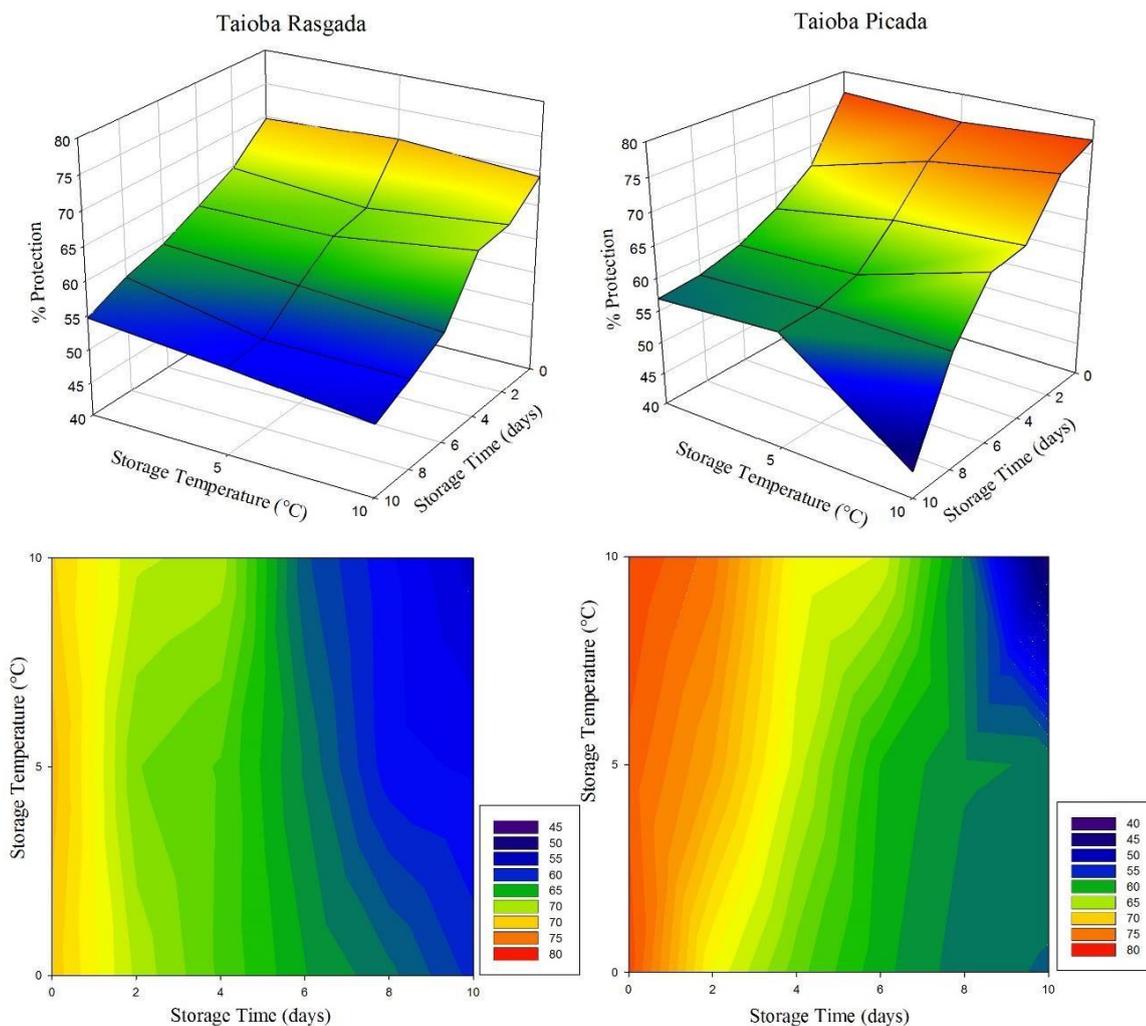


Figura 9 Valores médios do % proteção determinada pela a autooxidação do sistema do beta caroteno/ácido linoléico para taioba submetida a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenada por 10 dias.

Quedas mais significativas foram observadas no final do armazenamento entre os dias 8 e 10 para a maioria dos tratamentos. Sugere-se que o tipo de corte é um fator determinante tanto para a síntese quanto para a degradação de compostos que desempenhem atividade antioxidante, visto que as maiores porcentagens de proteção são atribuídas as taiobas picadas no tempo 0 e a maior redução as mesmas amostras quando submetidas a 10°C no final do experimento. Dessa forma é possível ver claramente a interação entre os três fatores estudados.

A figura 10 diz respeito a atividade antioxidante encontrada pelo método ABTS .Todos os dados foram ajustados de forma linear, deixando claro a queda de atividade antioxidante ao longo do tempo. A atividade antioxidante por meio do ABTS é largamente empregada quando se trata de extratos naturais, como é o caso da taioba (Ramkissoon, 2012; Rajabbeigi et al.,2013).

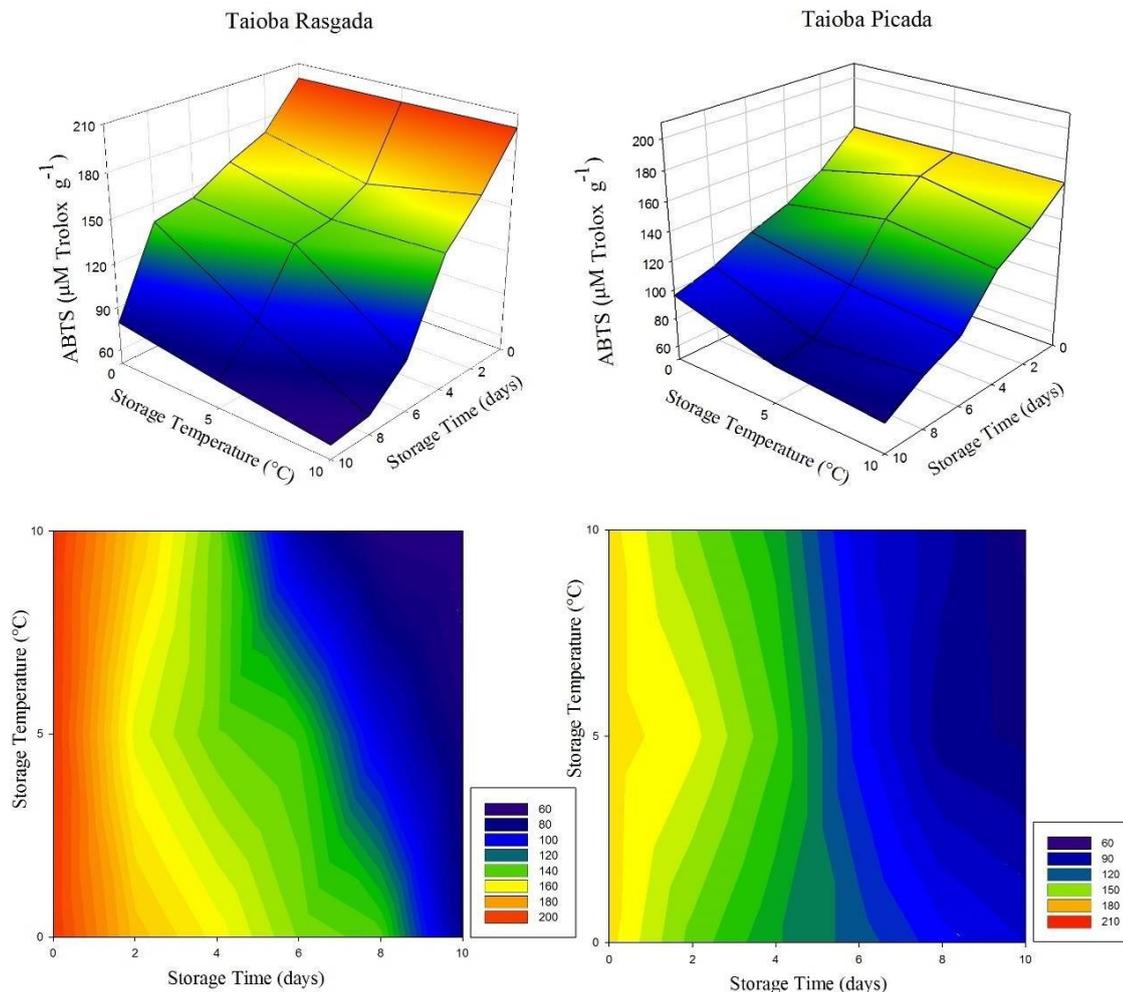


Figura 10 Valores médios da atividade antioxidante (ABTS) para taioba submetida a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenada por 10 dias.

Ao contrário do que foi observado no percentual de proteção do beta-caroteno, para ABTS os maiores valores de atividade antioxidante foram atribuídos a taiobas rasgadas ($200 \mu\text{g trolox.g}^{-1}$), enquanto taiobas picadas apresentaram em média $164,6 \mu\text{g trolox.g}^{-1}$. Apesar dos valores mais elevados no início do armazenamento, observou-se que as mesmas perderam grande parte de sua atividade com o passar dos dias, sendo mais intensa nos dias 8 e 10. A taioba rasgada a 10°C perdeu 70,43% da sua atividade inicial, seguida das amostras também rasgadas a 5°C e 0°C , 65,70% e 60,36%, respectivamente

A temperatura também influenciou na atividade antioxidante, assim como o tipo de corte. Dentro do mesmo tipo de corte, amostras que foram armazenadas em temperaturas mais elevadas

apresentaram menor percentual de retenção. A atividade antioxidante de amostras rasgadas a 10°C ao final do armazenamento foi de 29,57% da atividade inicial, enquanto a 0°C era de 39,64%.

O melhor comportamento levando em consideração o percentual de retenção da atividade antioxidante foi encontrado em taiobas picadas armazenadas a 0°C (58,55%). Taiobas rasgadas a 0°C apresentaram maior atividade antioxidantes até o tempo 8, porém, no tempo 10, observou-se uma brusca queda de 137,46 $\mu\text{g trolox.g}^{-1}$ para 79,25 $\mu\text{g trolox.g}^{-1}$, valor menor do que o encontrado para taioba picada sob as mesmas condições de armazenamento.

Os valores referentes a atividade antioxidante pelo método DPPH estão dispostos na figura 11. Para o DPPH, observa-se comportamento quadrático para amostras com 0°C, independentemente do tipo de corte e para taiobas rasgadas a 5°C. Taiobas picadas a 5°C e a 10°C independentemente do tipo de corte tiveram seus dados ajustados a modelos lineares.

A maior atividade antioxidante foi observada no início do experimento com queda gradual em todos os tempos. Taiobas rasgadas apresentaram uma atividade antioxidante semelhante até o 4º dia de armazenamento, enquanto para taiobas picadas é possível verificar diferença entre as temperaturas de armazenamento no tempo 2. Nesse caso observa-se efeito positivo da temperatura mais alta (10°C), nessa temperatura os índices de atividade antioxidante são mantidos por maior tempo.

Ao final do armazenamento taiobas rasgadas apresentaram 31,69 mg.L^{-1} ; 24,31 mg.L^{-1} ; 30,62 mg.L^{-1} quando armazenadas a 0°C, 5°C e 10°C, nessa ordem. Já taiobas picadas 22,25 mg.L^{-1} ; 20,67 mg.L^{-1} ; 26,46 mg.L^{-1} , nas mesmas temperaturas citadas acima. Como é possível observar a temperatura de 5 °C apresentou os melhores valores de EC50, independente do tipo de corte. Nas demais temperaturas (0°C e 10°C), a taioba rasgada apresentou menor atividade antioxidante quando comparada a taioba picada no final o experimento.

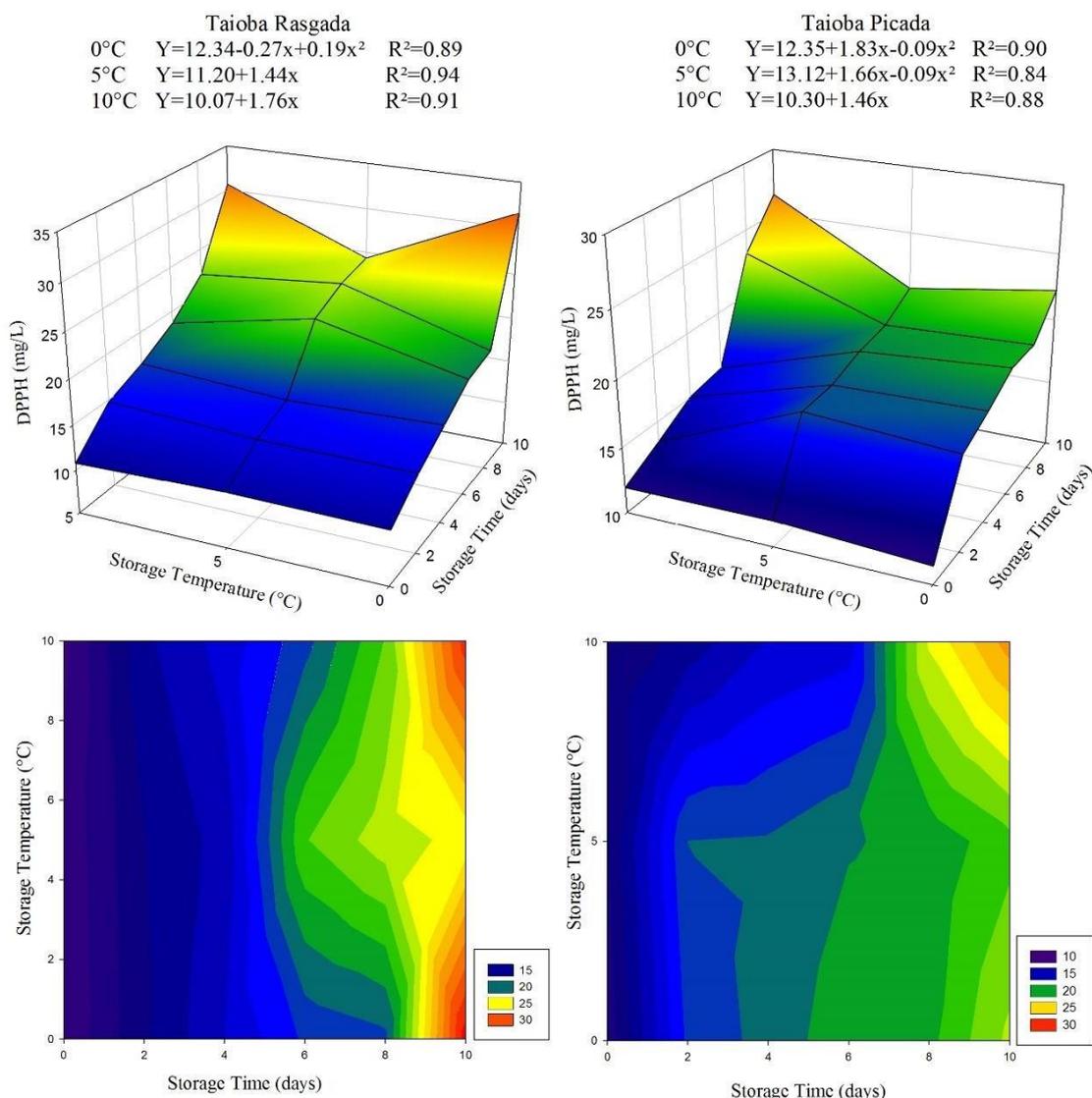


Figura 11 Valores médios da atividade antioxidante por DPPH (EC 50) para taioba submetida a diferentes tipos de corte e diferentes temperaturas armazenada por 10 dias.

Sarikurkcu et al., (2017) avaliou o perfil antioxidante de taioba por diferentes métodos, sem efetuar nenhum tipo de processamento na hortaliça. Para o DPPH o valor encontrado corresponde a $36\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ calculado em EC 50. Valores próximos a esse foram encontrados no final do experimento em taiobas rasgadas a 0° e 10°C . Em geral, a atividade antioxidante de vegetais está intimamente ligada ao conteúdo de compostos fenólicos e a sua capacidade de doar átomos de hidrogênio aos radicais livres (Tanruean, Kaewnarin e Rakariyatham,2014). Como foi visto anteriormente, o grau de injúria foi capaz de influenciar o teor de fenólicos totais da taioba. Sugere-se, portanto, que o processamento mínimo tenha aumentado a atividade antioxidante das folhas de taioba. Em seu trabalho Sarikurkcu et al., (2017) enfatiza o excelente potencial fitoquímico da taioba e reafirma o interesse acadêmico e comercial de hortaliças com elevado poder antioxidante. Outro composto que contribui para a atividade antioxidante em hortaliças é o ácido ascórbico (LUTSENKO et al., 2002;

NAIDU, 2003), e nesse estudo o teor de vitamina C foi influenciado positivamente pelo maior grau de injúria nos primeiros dias de experimento.

Conclusão

Para garantir a qualidade de taiobas minimamente processadas, o armazenamento deve ocorrer em temperaturas mais baixas (0°C e 5°C). O maior grau de injúria, gerado pelo tipo de corte picado, afetou positivamente a concentração de fenólicos totais e atividade antioxidante, porém, mostrou-se ineficiente para minimizar a perda de massa e alterações na cor. O processamento mínimo da taioba se faz uma excelente alternativa para difundir o consumo e a comercialização da hortaliça e auxiliar novamente na inserção da mesma na mesa do consumidor.

Referências bibliográficas

- Adeogun, O. O., Maroyi, A., & Afolayan, A. J. Research Article Effects of Leaf Extracts of *Ocimum gratissimum* L. on Quality of Fresh Cut *Cucumis sativus* L. **Asian J. of Plant Pathol.** n v.11, p. 174-184, 2017.
- Alegria, C., Gonçalves, E.M., Moldão-Martins, M., Cisneros-Zevallos, L., Abreu, M. Peel removal improves quality without antioxidant loss, through wound-induced phenolic biosynthesis in shredded carrot. **Postharvest Biol. Technol.** v.120, p.232–239, 2016.
- Agüero, M. V., Ponce, A. G., Moreira, M. R., & Roura, S. I. Lettuce quality loss under conditions that favor the wilting phenomenon. **Postharvest biology and technology**, v. 59, n. 2, p. 124-131, 2011
- Arbos Ka, Freitas Rjsd, Stertz Sc And Dornas Mf. Antioxidant activity and phenolic content in organic and conventional vegetables. **Ciênc Tecnol Aliment** v.30, p.501-506, 2010.
- Bahram-Parvar, M., & Lim, L. T. (2018). Fresh-Cut Onion: A Review on Processing, Health Benefits, and Shelf-Life. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.17,p.290-308, 2018.
- Balagiannis DP, Parker JK, Pyle DL, Desforges N, Wedzicha BL and Mottram DS, Kinetic modeling of the generation of 2- and3-methylbutanal in a heated extract of beef liver. **J Agric Food Chem** v.57,p. 9916–9922, 2009.
- Bernardi, J., Marocco, A., Caruso, P., & Licciardello, C. Molecular characterization of Citrus cultivars: insight from recent studies. **Molecular phylogeny, antioxidant properties and medicinal uses**, p. 13, 2014.
- Bouzari, A., Holstege, D., & Barrett, D. M. Vitamin retention in eight fruits and vegetables: a comparison of refrigerated and frozen storage. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.63,p. 957-962, 2015
- BRASIL. 2010. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo Hortaliças Não Convencionais (Tradicionais). Brasília, 54 p.
- BRASIL. 2013. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Manual de Hortaliças Não Convencionais. Brasília: MAPA/ACS, 99 p.
- Buttery, R. G., Seifert, R. M., Guadagni, D. G., & Ling, L. C. Characterization of some volatile constituents of bell peppers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**,17 (6), 1322–1327, 1969.
- Cecchi, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.
- Chen, H., & Zuo, Y. (2007). Identification of flavonol glycosides in American cranberry fruit. **Food Chemistry**, 101, 1357–1364.
- Chen, S. W., Hsu, M. C., Fang, H. H., Tsai, S. H., & Liang, Y. S. Effect of harvest season, maturity and storage

temperature on storability of carambola 'Honglong' fruit. **Scientia Horticulturae**, v.220, p.42-51,2017.

Costa, P., Velasco, C. V., Loureiro, J. M., & Rodrigues, A. E. (2016). Effect of cosmetic matrices on the release and odour profiles of the supercritical CO₂ extract of *Origanum majorana* L. **International journal of cosmetic science**, 38(4), 364-374, 2016.

El Hadi, M., Zhang, F.-J., Wu, F.-F., Zhou, C.-H., & Tao, J. (2013). Advances in fruit aroma volatile research. *Molecules*, 18(7), 8200.

Ferreira, D. F. (2011). SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35 (6), 1039-1042.

Formica-Oliveira, A. C., Martínez-Hernández, G. B., Díaz-López, V., Artés, F., & Artés-Hernández, F. Effects of UV-B and UV-C combination on phenolic compounds biosynthesis in fresh-cut carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 127, p. 99-104, 2017.

Fukami, K., Ishiyama, S., Yaguramaki, H., Masuzawa, T., Nabeta, Y., Endo, K., & Shimoda, M. (2002). Identification of distinctive volatile compounds in fish sauce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(19), 5412-5416.

Giri, A., Osako, K., & Ohshima, T. (2010). Identification and characterisation of headspace volatiles of fish miso, a Japanese fish meat based fermented paste, with special emphasis on effect of fish species and meat washing. **Food Chemistry**, 120(2), 621-631

Howard, L. A.; Wong, A. D.; Perry, A. K.; Klein, B. P., β -carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. **Journal of Food Science** 1999, 64, 929-936.

Jaeger, S. R., McRae, J. F., Salzman, Y., Williams, L., & Newcomb, R. D. (2010). A preliminary investigation into a genetic basis for cis-3-hexen-1-ol odour perception: A genome-wide association approach. **Food Quality and Preference**, 21(1), 121-131.

Kako, H., Kobayashi, Y., & Yokogoshi, H. (2011). Effects of n-hexanal on dopamine release in the striatum of living rats. **European Journal of Pharmacology**, 651(1-3), 77-82.

Kebede, B. T., Grauwet, T., Magpusao, J., Palmers, S., Michiels, C., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2015). Chemical changes of thermally sterilized broccoli puree during shelf-life: Investigation of the volatile fraction by fingerprinting-kinetics. **Food Research International**, 67, 264-271.

Kinupp, V. F., & de Barros, I. B. I. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 63-65, 2007

Li, X., Li, M., Han, C., Jin, P., & Zheng, Y. (2017a). Increased temperature elicits higher phenolic accumulation in fresh-cut pitaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 129, 90-96.

Lima, K. S. C.; Grossi, J. L.; Lima, A. L. S.; Alves, P. F. M. P.; Coneglian, R. C. C.; Godoy, R. L. O.; Sabaa-Srur, A. U. O. Efeito da irradiação ionizante gama na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 202-208, 2001.

Lu Tj, Chen Jc, Lin C And Chang Yh. 2005. Properties of starches from cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) tubers planted in different seasons. **Food Chem** 91: 69-77.

Mahajan, P. V., Caleb, O. J., Gil, M. I., Izumi, H., Colelli, G., Watkins, C. B., & Zude, M. Recent advances and future perspectives. **Food Packaging and Shelf Life**, 2017.

Mandl, J., Szarka, A., & Bánhegyi, G. Vitamin C: Update on physiology and pharmacology. *British Journal of Pharmacology*, 157(7), 1097-1110,2009.

Marx, Í.M.G., Rodrigues, N., Dias, L.G., Veloso, A.C.A., Pereira, J.A., Drunkler, D.A., Peres, A.M., 2017. Quantification of table olives' acid, bitter and salty tastes using potentiometric electronic tongue fingerprints. **LWT Food Sci. Technol.** 79, 394-401.

Mathieu S, Cin VD, Fei ZJ, Li H, Bliss P, Taylor MG, Klee HJ e Tieman DM., Flavour compounds in tomato

- fruits: Identification of loci and potential pathways affecting volatile composition. *J Exp Bot* v.60, p. 325–337,2009.
- Maribel Robles-Sanchez, R., Alejandra Rojas-Gratue, M., Odriozola-Serrano, I., Gonzalez-Aguilar, G., Martin-Belloso, O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut kent mangoes. *LWT—Food Sci. Technol.* 50 (1), 240–246, 2013.
- McGuire, R. D. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.
- Ndabikunze B, Talwana H, Mongi R, Issa-Zacharia A, Serem A, Palapala V And Nandi J. 2011. Proximate and mineral composition of cocoyam (*Colocasia esculenta* L. and *Xanthosoma sagittifolium* L.) grown along the Lake Victoria Basin in Tanzania and Uganda. *Afr J Food Sci* 5: 248-254.
- de Oliveira GI, Holanda Cavalcanti Andrade Ld, Morais de Oliveira AF. Species used to prevent osteoporosis in Brazilian traditional medicine. *Pharm Biol.* 2012; 50:930-932, 2012.
- de Oliveira, M. R., Nabavi, S. F., Daglia, M., Rastrelli, L., & Nabavi, S. M. Epigallocatechin gallate and mitochondria—a story of life and death. *Pharmacological research*, v. 104, p. 70-85, 2016.
- Pathak, S., Kesavan, P., Banerjee, A., Banerjee, A., Celep, G. S., Bissi, L., e Marotta, F. Metabolism of Dietary Polyphenols by Human Gut Microbiota and Their Health Benefits. In: **Polyphenols: Mechanisms of Action in Human Health and Disease**. Academic Press. p. 347-359, 2018.
- Pastoriza, S., Mesías, M., Cabrera, C., & Rufián-Henares, J. A. Healthy properties of green and white teas: an update. *Food & function*, v. 8, n. 8, p. 2650-2662, 2017.
- Rajabbeigi, E.; Ghanati, F.; Abdolmaleki, P.; Payez, A. Antioxidant capacity of Parsley cells (*Petroselinum crispum* L.) in relation to iron-induced ferritin levels and static magnetic field. *Electromagnetic Biology and Medicine* 2013, 32(4), 430-441.
- Rakwal, R., & Agrawal, G. K. Wound signaling-coordination of the octadecanoid and MAPK pathways. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 41, n. 10, p. 855-861, 2003.
- Ramkissoon, J. S., Mahomoodally, M. F., Ahmed, N., & Subratty, A. H. Relationship between total phenolic content, antioxidant potential, and antiglycation abilities of common culinary herbs and spices. *Journal of medicinal food*, v. 15, n. 12, p. 1116-1123, 2012.
- Reis, H. F. M.; Melo, C.; Melo, E. P.; Silva, R. A.; Scalon, S. P. Post-harvest conservation of crisp lettuce under modified atmosphere, cultivated on organic and conventional system. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 3, p. 303-309, 2014.
- Reyes, L. F., Villarreal, J. E., & Cisneros-Zevallos, L The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry*, v. 101, n. 3, p. 1254-1262, 2007.
- Rhodes, J. M., & Woollorton, L. S. C. . The biosynthesis of phenolic compounds in wounded plant storage tissues. *Biochemistry of wounded plant tissues*, p. 243-286, 1978.
- Rico D, Martin-Diana AB, Barat JM, Barry-Ryan C. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends Food Sci Technol* 18:373–86, 2007.
- Rodriguez, M., Sadler, G. D., Sims, C. A., & Braddock, R. J. Chemical changes during storage of an alcoholic orange juice beverage. *Journal of food science*, v. 56, n. 2, p. 475-479, 1991.
- Rodríguez, L., Lopez, D. J., Preston, T. R., & Peters, K. New Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) leaves as partial replacement for soya bean meal in sugar cane juice diets for growing pigs. *Livestock Research for Rural Development*, v. 18, n. 7, 2006.
- Rufino, M. S. M.; Alves, R.E.; Brito, E. S De; Filho, J.M; Moreira, A.V.B . **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema b-caroteno/ácidolinoléico**. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007a.

- Rufino, M. S. M.; Alves, R.E.; Morais, S. M.; Sampaio, C. G.; Perez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS⁺**. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007b.
- Rufino, M. S. M.; Alves, R.E.; Morais, S. M.; Sampaio, C. G.; Perez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza, CE: Embrapa Comunicado Técnico, “Não paginado”, 2007c.
- Ryan, C.A.. The systemin signaling pathway: differential activation of plant defensive genes. **Biochim. Biophys. Acta** 1477 (1–2), 112–121,2000
- Saltveit, M.E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biol. Technol.** 21 (1), 61–69,2000.
- Santos, J.; Herrero, M.; Mendiola, J. A.; Oliva-Teles, M. T.; Ibáñez, E.; Delerue-Matos, C.; Oliveira, M. B. P. P. Fresh-cut aromatic herbs: nutritional quality stability during shelf-life. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 59, n. 1, p. 101-107, 2014.
- Sarikurkcu, C., Targan, S., Ozer, M. S., & Tepe, B. Fatty acid composition, enzyme inhibitory, and antioxidant activities of the ethanol extracts of selected wild edible plants consumed as vegetables in the Aegean region of Turkey. **International Journal of Food Properties**, 20(3), 560-572, 2017.
- Sidhu, J. S., & Zafar, T. A. Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. **Food Quality and Safety**, 2018.
- Slim, S., Rodrigues, N., Dias, L.G., Veloso, A.C.A., Pereira, J.A., Oueslati, S., Peres, A.M., 2017. Application of an electronic tongue for Tunisian olive oils’ classification according to olive cultivar or physicochemical parameters. **Eur. Food Res. Technol.** 243, 1459–1470.
- Silva, A. P. G. D., Borges, C. D., Miguel, A. C. A., Jacomino, A. P., & Mendonça, C. R. B. (2015). Physicochemical characteristics of common and european chives. **Brazilian Journal of Food Technology**, 18(4), 293-298.
- Silva, L. F. L. E., Souza, D. C., Resende, L. V., Nassur, R. D. C. M., Samartini, C. Q., & Gonçalves, W. M. Nutritional Evaluation of Non-Conventional Vegetables in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, (AHEAD), 0-0, 2018
- da Silva, A. C., & Jorge, N. (2015). Cogumelos: compostos bioativos e propriedades antioxidantes. *Journal of Health Sciences*.
- Steele DH, Thornburg MJ, Stanley JS, Miller RR, Brooke R, Cushman JR, Cruzan G. 1994. Determination of styrene in selected foods. **J Agric Food Chem.** 42:1661–1665.
- Strohecker, R.; Henning, H. M. Analisis de vitaminas: metodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.
- Surjadinata, B.B., Cisneros-Zevallos, L., 2012. Biosynthesis of phenolic antioxidants in carrot tissue increases with wounding intensity. **Food Chem.** 134 (2), 615– 624.
- Tanruean, K.; Kaewnarin, K.; Rakariyatham, N. Antibacterial and antioxidant activities of Anethum graveolens L. dried fruit extracts. **Chiang Mai Journal of Science** 2014, 41(3), 649-660.
- Thomsen, B. R., Hyldig, G., Taylor, R., Blenkiron, P., & Jacobsen, C. Odour Detection Threshold Determination of Volatile Compounds in Topical Skin Formulations. **European Journal of Lipid Science and Technology**, 120(5), 2018.
- Torres-Contreras, A.M., Nair, V., Cisneros-Zevallos, L., Jacobo-Velazquez, D.A., 2014. Plants as biofactories: stress-induced production of chlorogenic acid isomers in potato tubers as affected by wounding intensity and storage time. **Ind. Crops Prod.** 62, 61–66.
- Waterhouse, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, p. 11.1.1-11.1.8, 2002.

Zappia, A., De Bruno, A., Torino, R., Piscopo, A., & Poiana, M. Influence of Light Exposure during Cold Storage of Minimally Processed Vegetables (Valeriana sp.). **Journal of Food Quality**, v. 2018, 2018.

Zhan, L.J., Li, Y., Hu, J.Q., Pang, L.Y., Fan, H.P., 2012. Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light. **Innovative Food Sci. Emerg. Technol.** 14, 70–76.

CAPÍTULO 5 - PERFIL DE VOLÁTEIS DE HORTALIÇAS NÃO CONVENCIONAIS MINIMAMENTE PROCESSADAS COM DIFERENTES CORTES E TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO

Resumo

As mudanças que ocorrem durante o armazenamento de hortaliças minimamente processadas são notórias, além do amarelecimento natural das folhas, é possível observar o surgimento de odores desagradáveis. O objetivo do presente estudo é avaliar o perfil de compostos voláteis de três hortaliças não convencionais minimamente processadas (azedinha, ora-pro-nóbis e taioba) submetidas a 2 tipos de corte (rasgada e picada) e 3 temperaturas de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) utilizando cromatografia gasosa associada à espectrometria de massa (CG-MS). Foram encontrados voláteis associados a sensação fresca, verde, folhas verdes e aromas frutados. Voláteis com percepção negativa também foram encontrados com predominância no final do armazenamento, especialmente na temperatura de 10°C, em ambos os cortes, sendo sua área mais expressiva em amostras picadas. As maiores diferenças foram observadas ao final do armazenamento a 10°C para todas as hortaliças, indicando que condições adequadas de processamento e armazenamento são essenciais para garantir o aroma e sabor das hortaliças minimamente processadas estudadas.

Palavras-chave: *Rumex acetosa L*, *Pereskia aculeata* Mill, *Xanthosoma sagittifolium*

Abstract

The changes that take place during the storage of minimally processed vegetables are notorious, besides the natural yellowing of the leaves, it is possible to observe the appearance of unpleasant odors. The objective of the present study was to evaluate the volatile compounds profile of three minimally processed non-conventional vegetables (sour, ora-pro-nóbis and taioba) subjected to 2 cutting types (ripped and chopped) and 3 storage temperatures (0 ° C , 5 ° C and 10 ° C) using gas chromatography associated with mass spectrometry (GC-MS). Volatiles were found associated with fresh, green sensation, green leaves and fruity aromas. Volatiles with negative perception were also found with predominance at the end of storage, especially at 10 ° C, in both cuts, being their most expressive area in chopped samples. The greatest differences were observed at the end of the storage at 10 ° C for all vegetables, indicating that adequate conditions of processing and storage are essential to ensure the aroma and taste of the minimally processed vegetables studied.

Keywords: *Rumex acetosa L*, *Pereskia aculeata* Mill, *Xanthosoma sagittifolium*

Introdução

Os compostos voláteis contribuem para a formação do aroma e sabor em frutas e hortaliças, o que faz deles essenciais para o desenvolvimento de características sensoriais apreciadas pelo consumidor. Eles são derivados de um conjunto diversificado de precursores, incluindo aminoácidos, ácidos graxos e carotenóides (Klee and Giovannoni,2011). Compostos voláteis têm sido usados como marcadores de qualidade em hortaliças em geral (Cozzolino et al., 2016). A ideia por trás desta abordagem parte da premissa que compostos voláteis podem ser usados como indicativo de mudanças na qualidade sensorial, como odor e sabor, ou até mesmo na indicação de processos deteriorantes associados a sua senescência (Luca, Kjær e Edelenbos, 2017).

Segundo Løkke et al., (2012) para a maioria das folhas, é difícil avaliar a percepção de frescor, portanto a ausência de voláteis negativos é usada como parâmetro de qualidade. O estudo desses compostos é fundamental, visto que o aroma tem a capacidade de impulsionar e valorizar o consumo e a comercialização de qualquer alimento. E a preocupação em manter os compostos voláteis pelo maior tempo possível nas hortaliças não convencionais não é diferente.

O ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill) possui folhas suculentas e comestíveis que apresentam em sua composição altos teores de proteínas e fibras, além de quantidades significativas de ferro e cálcio (Kazama et al.,2012). A azedinha (*Rumex acetosa* L.) além das propriedades nutricionais e funcionais, apresentam características sensoriais que facilitam o seu consumo, graças ao seu sabor ácido avinagrado que tem agradado o gosto do consumidor (Cunha et al., 2003). A taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) constitui parte importante da dieta de populações mais carentes localizadas no centro sul americano (FAO,2007, Lokesh et al. 2014). O baixo custo e a simplicidade de produção são fatores de incentivo para o amplo cultivo e consumo de hortaliças não comestíveis, podendo representar uma alternativa viável para a agricultura familiar e assim, auxiliam na inclusão social e na melhoria do estado nutricional de populações mais carentes (Lokesh et al. 2014).

O desenvolvimento de odores desagradáveis durante o armazenamento é um problema recorrente associado a perda de qualidade em minimamente processados (Tudela et al.,2013). Porém,

na literatura poucos estudos abordam o perfil de voláteis em hortaliças (Díaz-Mula et al.,2017) e os dados são ainda mais limitados quando se trata de hortaliças não convencionais. De modo geral, o aparecimento de odores desagradáveis (voláteis fermentativos) indica condições estressantes ou inadequadas de processamento ou armazenamento (Tudela et al.,2013; Cautwell et al.,2010).

A temperatura ótima de armazenamento é muito importante para garantir a qualidade de produtos minimamente processados, bem como a degradação e a síntese de compostos voláteis ao longo do tempo (Caleb et al.,2015). O grau de injúria durante o processamento também é fator decisivo no perfil de voláteis de frutas e hortaliças. Embora na literatura existam dados disponíveis que auxiliem na elucidação desse comportamento em frutas (Moretti et al.,2000; Figueiredo Neto et al., 2013; Tzin et al.,2015), existe uma lacuna a ser preenchida com relação ao impacto da injúria no desenvolvimento de compostos voláteis em hortaliças.

Dado o cenário, o objetivo deste estudo foi identificar o perfil de voláteis de três hortaliças não convencionais minimamente processadas (azedinha, ora-pro-nóbis e taioba), submetidas a diferentes tipos de cortes (rasgado e picado) e temperaturas de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C), utilizando cromatografia gasosa associada à espectrometria de massa (CG-MS).

Material e Métodos

As folhas de azedinha, ora-pro-nóbis e taioba foram adquiridas no município de Lavras-MG e Nepomuceno-MG e transportadas imediatamente após a colheita para a planta de processamento mínimo do Departamento de Ciências dos Alimentos na Universidade Federal de Lavras-MG. Em seguida foram selecionadas de acordo com a ausência de danos mecânicos e contaminação microbiológica, uniformidade de tamanho e coloração.

As hortaliças foram sanificadas em solução de hipoclorito de sódio 100 mg.L⁻¹ e o excesso de solução foi retirado individualmente das folhas como auxílio de papel toalha, para evitar crescimento microbiológico durante o armazenamento. Dois tipos de corte foram estudados neste trabalho, assim durante o processamento mínimo as taiobas foram rasgadas manualmente ou picadas (3mm) com o auxílio de uma faca. Após o processamento, 40 gramas de cada hortaliça foram

aconditionadas em bandejas de tereftalato de polietileno (PET) (15x11x6cm) com tampa rígida e armazenada em diferentes temperaturas (0°C, 5°C, 10°C) por 10 dias. A análise do perfil de voláteis foi realizada em dias alternados. Ora pro-nóbis picadas a 10°C apresentaram uma coloração escura a partir do 6º dia de estudo, inviabilizando análises posteriores (dias 8 e 10). As demais amostras rasgadas (0°C, 5°C e 10°C) e picadas (0°C e 5°C) foram avaliadas durante os 10 dias.

Os compostos voláteis foram extraídos pela técnica de microextração em fase sólida (SPME). Utilizou-se fibra de polidimetilsiloxano/divinilbenzeno (PDMS / DVB, 65 µm, Supelco) para a separação dos compostos voláteis presentes. A identificação dos compostos foi realizada por cromatografia gasosa, associada à espectrometria de massa (CG-MS). Utilizou-se cromatógrafo Shimadzu CG-2010 Plus (Shimadzu, Japan), equipado com injetor automático para líquidos e gases AOC-5000 (Shimadzu, Japan) com um detector de massa seletivo modelo QP5050A, sob as seguintes condições de funcionamento: coluna SLBTM (5% phenyl- 95% dimethylsiloxane) 30m × 0.25mm × 0.25µm de espessura, fase estacionária 5% de difenilo e 95% de polidimetilsiloxano (DB5); temperatura do injetor 220°C; temperatura inicial da coluna 40°C, aumentando 3°C por minuto até 240°C; Gás de suporte de hélio, a um caudal de 1,8 mL min⁻¹ na coluna; Razão de divisão 1:8; Volume injetado 1 µL e pressão inicial da coluna 100 KPa. As condições do espectrômetro de massa foram: detector de massa seletivo operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; Velocidade de exploração 1000 m/z s⁻¹; Intervalo de varrimento 0,5 fragmentos/segundos e fragmentos detectados de 29 e 600 Da. Cada componente foi tentativamente identificado por comparação dos seus índices de retenção relativamente à co-injecção de uma solução padrão de n-alcenos (C8-C20, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) e por comparação dos espectros de massa de banco de dados da biblioteca Wiley (Wiley 8. FFNSC, 1.2, lib e LIB) e da literatura (Adams, 2007). Os índices de retenção foram calculados usando a equação de Van den Dool e Kratz (1963) e para as atribuições, foram consultados os índices de retenção da literatura (Adams, 2007). As concentrações dos constituintes presentes na fração volátil foram expressas pela percentagem de área normalizada.

O experimento foi conduzido com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de uma bandeja de 40g da hortaliça. Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão.

Resultados e Discussão

Temperatura, tipo de corte e tempo de armazenamento foram responsáveis por mudanças no perfil de compostos voláteis em ora-pro-nóbis, azedinha e taioba minimamente processados.

Neste estudo, independente do tipo de corte, observou-se predominância de compostos derivados de seis carbonos (C6); voláteis como o hexanol e hex-2(E)-nol são produzidos a partir de feridas ou injúrias no tecido vegetal como produto da atividade enzimática da 13-hidroperóxidolase, um composto da via da lipoxigenase (Bai et al.,2011). Devido ao tipo de processamento ao qual as hortaliças foram submetidas é de se esperar maior quantidade desses compostos.

É importante observar que a maior parte dos voláteis encontrados nas três hortaliças minimamente processadas independente do tipo de corte e da temperatura remetem a sensação fresca(2-ethyl furan), verde (hex-2(E)-nal, pentenal), folhas verdes(hexanol, hex-3(Z)-enol), ou aromas frutados (pentan-3-one, pentenal,hex-3(Z)-enol, 2-penthyl furan). Segundo Hatanaka (1993), os aromas verde e fresco de folhas são normalmente atribuídos a 8 voláteis, entre eles o hex-2(E)-nal, hex-3(Z)-enol, ambos sintetizados a partir dos ácidos linolênico e linoleico via seus respectivos hidroperóxidos. Hatanaka percebeu experimentalmente uma diminuição dos ácidos linolênico e linoleico na fração fosfolipídica de folhas de chá preto e ao mesmo tempo observou um aumento de odor verde, logo associou a conversão desses ácidos em compostos de odor verde.

Os perfis de voláteis para azedinhas rasgadas e picadas estão dispostos nas tabelas 1 e 2, respectivamente. Para azedinha rasgada foram encontrados 20 voláteis, sendo 7 álcoois, 4 cetonas, 3 hidrocarbonetos, 5 ácidos orgânicos e 1 éster. Para azedinha picada a correspondência foi menor, apenas 18 compostos foram tentativamente identificados. Neste caso, 7 eram álcoois, 5 cetonas, 1 hidrocarboneto, 3 ácidos orgânicos e 2 ésteres. A maioria dos álcoois tentativamente identificados em azedinhas rasgadas e picadas apresentaram uma tendência de redução, seja ela impulsionada pelo tempo de armazenamento ou pela elevação da temperatura. O hex-3(Z)-enol e o hexanol são

exceções a esse comportamento, o maior tempo de armazenamento, bem como temperaturas mais elevadas parecem ter influenciado positivamente sua síntese. Outro fator que pode ter interferido no resultado é o grau de injúria, haja vista que azedinhas picadas apresentaram áreas maiores que azedinhas rasgadas. Hatanaka (1993) percebeu a influência positiva entre o aumento de temperatura de armazenamento e a síntese de ácidos como o hex-3(Z)-enol; ao estudar folhas de chá preto, o autor observou mudança na atividade de algumas enzimas chaves como a lipoxigenase e a hidroperóxido liase que estão diretamente relacionadas com a via destes compostos. De acordo com Hatanaka a atividade da lipoxigenase é influenciada pela temperatura, enquanto a hidroperóxido liase independente desse fator.

Com relação às cetonas em azedinhas rasgadas as maiores áreas são de butan-2-one ($14,87\% \pm 1,23$) e pentan-3-one ($15,03\% \pm 1,05$) no 10º dia quando armazenadas a 0°C. Para azedinhas picadas os maiores picos foram de butanone e butan-2-one, nas mesmas condições citadas anteriormente. O butan-2-one já foi encontrado em azeitona de mesa (Sansone-Land, Takeaka e Shoemaker, 2014) e brócolis (Hensen et al., 1992). O pentan-3-one já foi reportado em azeite de oliva (Hbaieb et al., 2015; Sanz et al., 2018). O butanone foi descrito em amostras de polpa de gengibre (Aboshora et al., 2017). Porém apesar de já mencionados anteriormente à literatura nenhum aroma específico foi associado a esses compostos.

Concentrações significativas de benzeneethanol e 2-pentyl furan foram encontrados em azedinhas rasgadas armazenadas a 10°C. O benzeneethanol já foi identificado anteriormente em sucos de peras e sua estabilidade foi testada em temperaturas de esterilização. Segundo Wang et al., (2018) sua presença foi associada a produto com aroma terroso e gramíneo. Já a formação de 2-pentyl furan traz fortes indícios da síntese futura de furanos diversos, uma vez que essa molécula é fortemente associada às principais rotas de produção (Lyumugabe et al., 2018). Sabe-se que essa formação é indesejável em alimentos, embora sua presença não possa ser completamente evitada em produtos processados (Arisseto e Toledo, 2008). Anteriormente já foi encontrado em espargos, salsa e folhas de chá. Seu aroma é descrito como ligeiro químico, com nuances de vegetais verdes e

semelhante a repolho (Brewer et al.,2013). Outros produtos de origem vegetal também apresentaram presença de 2-pentyl furan, como vinhos (Welke et al.,2012) e bebida de sorgo (Lyumugabe et al.,2013).

O único hidrocarboneto encontrado em azedinhas picadas foi hexane, enquanto em azedinhas rasgadas foram identificados hexane, ciclohexene e undecene, o último apresentou áreas superiores a 35% no início do armazenamento nas temperaturas de 0°C e 5°C e cerca de 14% a 10°C. Lim et al.,(2018) destaca a presença de undecene em vegetais verdes, sendo considerado um parâmetro de qualidade com odor leve e agradável.

Os ácidos orgânicos, tanto em azedinhas rasgadas quanto picadas apresentaram áreas com percentuais menores que 3%, com exceção do ácido butanoico que alcançou no final do armazenamento áreas equivalentes a $5,95\% \pm 0,87$ a 0°C, $6,44\% \pm 1,04$ a 5°C e $8,03\% \pm 1,43$ a 10°C em azedinhas rasgadas. O ácido butanoico teve o mesmo comportamento em azedinhas picadas. Neste caso sua detecção ocorreu ao final do armazenamento e sua síntese parece relacionar-se positivamente com o aumento de temperatura, sendo o ácido de maior expressão para ambos os cortes. De acordo com Riddiford (1967), mudanças sutis na composição do perfil de fenólicos ou até mesmo compostos com pequenos percentuais de área são capazes de alterar significativamente o aroma percebido pelo consumidor, sendo assim os chamados compostos de impacto podem estar presentes em concentrações extremamente baixas nos alimentos.

O ácido acético foi observado somente no tempo inicial para azedinhas rasgadas, sendo sua maior área obtida na temperatura de 10°C ($1,89\% \pm 0,03$). Em azedinhas picadas o volátil apresentou áreas inferiores a 1%, sendo, porém, detectado durante os 10 dias de análise.

Tabela 1. Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em azedinha rasgada armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias

Azedinha Rasgada									
Alcoois									
Tempo(dias)	Benzeneethanol			Butanol			Hexanol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	18.01±1.04	18.26±1.37	18.13±1.21	2.82±0.03	2.94±0.16	3.01±0.64
6	-	-	9.42±1.07	13.07±1.00	7.84±0.89	3.00±0.06	5.64±1.21	16.26±1.59	14.25±1.86
10	-	-	10.51±1.02	4.07±0.21	3.95±0.78	3.84±0.39	14.55±4.71	18.19±1.36	20.67±2.75
Tempo(dias)	Hexen-1-ol			Hex-2(E)-enol			Hex-3(Z)-enol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	1.53±0.15	1.58±0.02	1.63±0.06	6.57±1.09	6.92±1.04	6.84±1.23	2.78±0.12	2.54±0.09	2.50±0.16
6	1.85±0.08	-	-	-	-	-	10.53±0.23	15.54±1.02	18.96±1.23
10	-	-	-	-	-	-	-	-	19.26±1.32
Tempo(dias)	Penten-3-ol								
	0°C	5°C	10°C						
0	-	-	-						
6	1.76±0.02	-	-						
10	2.14±0.65	-	-						
Cetona									
Tempo(dias)	Butan-2-one			2-Heptanone			Pentan-2-one		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	3.45±0.45	3.56±0.71	3.75±0.26	3.21±0.78	3.78±0.49	3.92±0.32
6	24.19±2.02	14.41±1.56	1.94±0.21	-	-	-	-	3.01±0.19	2.84±0.07
10	14.87±1.23	4.98±0.99	0.65±0.08	-	-	-	-	2.58±1.03	2.73±0.03
Tempo(dias)	Pentan-3-one								
	0°C	5°C	10°C						
0	5.23±0.98	5.32±0.54	5.74±0.78						
6	8.26±0.96	4.90±0.32	-						
10	15.03±1.05	1.39±0.41	-						
Hidrocarboneto									
Tempo(dias)	Cyclohexene			Hexane			Undecene		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C

0	0.60±0.09	0.62±0.05	0.76±0.07	5.05±0.03	5.01±0.07	5.12±0.01	35.52±2.31	39.35±2.59	14.78±1.77
6	1.53±0.04	-	-	17.58±1.02	9.87±0.99	6.78±0.87	-	-	-
10	1.68±0.12	-	-	8.56±1.09	5.92±0.95	4.38±0.86	-	-	-

Ácidos Orgânicos

Tempo(dias)	Acetic Acid			Benzoic Acid			Butanoic Acid		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	1.50±0.04	1.76±0.07	1.89±0.03	-	-	-	-	-	-
6	0.06±0.01	-	-	-	-	0.94±0.07	-	-	2.84±0.02
10	-	-	-	-	0.23±0.02	1.73±0.13	5.95±0.87	6.44±1.07	8.03±1.43

Tempo(dias)	Hexanoic Acid			Propanoic acid		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	-	-	-
6	-	-	0.85±0.06	-	-	0.56±0.01
10	-	-	1.02±0.05	-	0.32±0.01	3.31±0.59

Éter

Tempo(dias)	2-pentyl furan		
	0°C	5°C	10°C
0	-	-	4.31±0.76
6	-	-	4.05±1.19
10	-	-	3.98±0.79

Tabela 2. Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em azedinha picada armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias.

Azedinha Picada									
Alcoois									
Tempo(dias)	Butanol			Hexanol			Hexen-1-ol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	3.18±0.25	3.22±1.01	3.21±0.65	16.87±2.12	18.09±1.96	15.46±2.23	2.59±0.49	2.48±0.65	2.41±0.74
6	3.53±0.31	3.85±1.23	4.77±0.89	18.70±2.08	15.12±2.54	19.03±1.01	2.60±0.83	1.67±0.21	0.47±0.03
10	3.64±1.18	3.32±1.56	5.84±0.91	20.72±0.43	19.28±0.79	25.76±1.23	1.87±0.38	0.64±0.11	-
Tempo(dias)	Hex-2(E)-enol			Hex-3(Z)-enol			Penten-3-ol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	9.47±1.21	9.34±1.72	9.42±1.08	3.51±1.03	4.02±0.98	8.89±0.88	-	-	-
6	5.14±0.24	3.67±0.98	-	8.53±1.02	13.39±1.21	12.15±1.12	1.31±0.32	-	-
10	1.12±0.55	0.09±0.00	-	10.50±0.66	6.15±0.92	14.34±0.99	2.23±0.78	-	-
Tempo(dias)	Undecanol								
	0°C	5°C	10°C						
0	19.86±2.93	17.98±2.27	-						
6	15.98±2.02	14.99±1.33	-						
10	14.87±2.87	13.06±1.94	-						
Cetona									
Tempo(dias)	Butanone			Butan-2-one			3-Octanone		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	1.78±0.56	1.65±0.15	1.69±0.33	1.84±0.27	1.93±0.72	1.92±0.23
6	3.56±0.31	4.82±0.96	-	3.86±0.45	9.87±1.01	4.89±0.99	-	1.71±0.67	1.01±0.17
10	7.54±1.58	12.78±2.50	-	9.00±0.93	16.43±1.35	0.02±0.00	-	1.30±0.15	0.08±0.01
Tempo(dias)	Pentan-2-one			Pentan-3-one					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	2.60±0.14	2.56±0.53	2.69±0.24	4.53±1.09	4.78±0.92	4.43±0.64			
6	-	4.64±0.56	2.06±0.51	3.02±0.31	5.01±0.67	4.20±1.02			
10	-	-	-		5.92±0.82	3.58±0.99			
Hidrocarboneto									
Tempo(dias)	Hexane								
	0°C	5°C	10°C						

0	4.96±1.11	5.01±0.87	4.98±0.63
6	6.93±1.02	10.05±0.96	4.56±0.89
10	16.91±1.27	12.01±1.14	3.34±0.94

Ácidos Orgânicos

Tempo(dias)	Acetic Acid			Butanoic Acid			Hexadienoic acid		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.04±0.01	0.07±0.01	0.10±0.01	-	-	-	-	-	-
6	0.03±0.01	0.04±0.01	0.06±0.00	-	-	1.76±0.34	-	0.30±0.01	1.23±0.23
10	0.02±0.01	0.04±0.01	0.04±0.00	-	2.63±0.76	3.56±0.83	-	0.45±0.01	1.34±0.37

Éter

Tempo(dias)	2-ethyl furan			Amida		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	-	-	-
6	4.97±0.58	18.91±1.23	3.76±0.91	-	-	9.49±0.27
10	5.67±0.82	19.23±1.37	4.69±0.93	-	-	14.89±1.55

Em azedinhas picadas observou-se a presença de undecanol e xantosina em quantidades relevantes, enquanto o primeiro foi detectado nas temperaturas de 0°C e 5°C, a xantosina foi observada somente a 10°C nos tempos 6 e 10.

A xantosina é associada constantemente a síntese de teobromina e cafeína em chás, café e cacau. Uma das principais rotas de síntese de xantosina é derivada do ciclo da L-metionina (SAM) por meio da liberação da adenisina advinda da S-Purina adenosil-L-homocisteína (Crozier e Ashihara, 2006). A xantosina, segundo Crozier e Ashihara (2006), pode ser convertida em ácido alantóico, que possui efeito fitoterápico (Caparroz-Assef et al., 2005; Siqueira et al., 2006; Kalluf, 2008), CO₂ e NH₃, essa conversão ocorre no catabolismo de purinas. A maior concentração desse composto nos dias 6 e 10 em azedinhas picadas armazenadas a 10°C sugere alteração na rota de degradação da xantosina. A elevação da temperatura aliada com maiores tempos de armazenamento diminui a concentração de ácido alantóico e conseqüentemente os benefícios atribuídos a ele.

Quanto ao perfil de voláteis de folhas de ora-pro-nóbis foram tentativamente identificados um total de 13 voláteis para amostras rasgadas (tabela 3) e 12 voláteis para amostras picadas (tabela 4). As amostras picadas armazenadas a 0°C e 5°C foram analisadas durante 10 dias de experimento e os resultados podem ser observados a seguir, já amostras a 10°C foram estudadas somente até o dia 6, devido ao escurecimento excessivo das folhas nesse tempo.

O percentual de área dos voláteis tentativamente identificados em folhas rasgadas de ora-pro-nóbis foi 42% álcoois, 25% aldeídos, 16% cetonas e 16% éteres; já para folhas picadas os percentuais foram de 36%; 27%; 27% e 9%, respectivamente. Houve predominância de álcoois em concentrações significativas tanto em ora-pro-nóbis rasgadas, quanto em picadas. O hexanol, hex-(2)-enol e hex-(3)Z-enol foram os mais expressivos e apresentaram comportamento distinto dependendo do tipo de corte e da temperatura de armazenamento.

Em ora-pro-nóbis rasgadas houve presença do hexanol, hex-2(E)-enol e hex-3(Z)-enol em todos os tempos e temperaturas. Enquanto o hex-2(E)-enol apresentou uma diminuição ao longo do tempo, acentuada em amostras armazenadas a 10°C, o hexanol teve o seu percentual de área elevado

com os passar dos dias, sendo esse aumento máximo no 10º dia a 10°C ($61,89\% \pm 4,56\%$). O hex-3(Z)-enol apresentou comportamento semelhante ao hexanol, porém seu aumento não ocorreu de forma tão expressiva. Além do hexanol, hex-2(E)-enol e hex-3(Z)-enol, ainda observou-se presença de pent-2(Z)-enol e penten-3-ol.

Os mesmos álcoois foram encontrados em folhas de ora-pro-nóbis picadas, com exceção do penten-3-ol. Neste caso, o hex-2(E)-enol diminuiu com o avançar do armazenamento, apresentando quantidades indetectáveis em alguns tempos nas temperaturas de 5°C e 10°C. Para o hex-3(Z)-enol e o hexanol observou-se comportamento semelhante ao de amostras rasgadas com aumento substancial em amostras armazenadas a 10°C. Harzalli et al., (2018) atribuíram a esse composto aroma de folhas verdes e leve sensação de banana. O pent-2(Z)-enol apresentou uma quantidade significativa a 10°C no 6º dia de armazenamento ($6,29 \pm 0,65$).

Com relação aos aldeídos descritos para ora-pro-nóbis rasgada observou-se a presença de 2,4 hexadienal, enquanto na picada observou-se a presença de pentanal; o primeiro foi encontrado apenas no final do armazenamento (dias 6 e 10) na temperatura de 10°C, com área de $2,77\% \pm 0,96\%$ no 6º dia, com pequeno aumento no 10º dia ($3,09 \pm 0,31\%$). O pentanal por sua vez foi detectado em todas as temperaturas, porém somente no tempo 0, seu percentual variou de 0,47% a 1,59%, levando em consideração o desvio padrão atribuído aos dados; seu aroma tem sido associado a odores de verde, florais e frutados (Buttery et al., 1969; Acree e Arn, 2018), por esse motivo está associado a produto fresco e de boa qualidade.

Tabela 3. Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em folhas de ora-por-nóbis rasgada armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias

Ora-Pro-Nóbis Rasgada									
Alcoois									
Tempo (dias)	Hexanol			Hex-2(E)-enol			Hex-3(Z)-enol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	31.40±2.31	30.90±1.25	30.23±2.08	27.73±1.12	28.65±2.67	27.01±2.64	10.89±1.07	10.94±1.86	10.45±1.03
6	33.48±2.53	34.37±2.88	39.95±3.01	22.31±1.99	22.77±1.41	31.39±2.98	12.25±1.64	10.66±1.31	17.08±1.37
10	37.01±2.67	35.78±2.09	61.89±4.56	29.49±2.61	21.10±1.35	10.62±1.69	10.51±1.33	12.91±1.63	28.76±1.69
Tempo (dias)	Pent-2(Z)-enol			Penten-3-ol					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	-	-	-	1.47±0.67	1.34±0.31	1.49±0.84			
6	0.29±0.06	1.56±0.13	1.87±0.48	2.47±0.91	1.68±0.42	2.40±0.25			
10	0.93±0.07	1.76±0.39	2.01±0.93	2.76±0.64	2.15±0.78	1.60±0.56			
Aldeído									
Tempo (dias)	1-Hexanal			Hex-2(E)-nal			2,4 Hexadienal		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.62±0.06	0.88±0.07	0.89±0.03	2.14±0.45	2.34±0.39	2.78±0.78	-	-	-
6	0.30±0.07	0.59±0.09	0.19±0.01	-	-	-	-	-	2.77±0.96
10	0.16±0.02	0.54±0.05	0.02±0.00	-	-	-	-	-	3.09±0.31
Cetonas									
Tempo(dias)	Butan-2-one			Pentan-3-one					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	-	-	-	-	-	-			
6	-	-	0.46±0.01	-	-	0.98±0.08			
10	-	-	2.19±0.98	2.29±0.76	2.23±0.31	2.86±0.17			
Éteres									
Tempo(dias)	2-ethyl furan			2-pentyl furan					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	12.70±1.09	12.09±1.32	12.23±1.89	0.48±0.08	0.36±0.09	0.32±0.04			
6	9.80±1.56	8.36±1.64	-	0.57±0.07	1.25±0.23	1.15±0.98			
10	9.08±1.87	4.25±1.37	-	0.72±0.03	0.59±0.04	1.01±0.99			

Tabela 4. Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em folhas de ora-pro-nóbis picadas armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias

Ora-Pro-Nóbis Picada									
Álcoois									
Tempo(dias)	Hexanol			Hex-2(E)-enol			Hex-3(Z)-enol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	31.93±2.82	34.67±3.01	34.93±2.82	31.27±2.23	31.09±2.86	30.87±2.07	12.99±1.03	12.89±1.36	1.77±0.79
6	16.78±2.01	22.70±2.68	26.78±2.01	24.54±2.45	5.78±1.61	-	16.90±1.34	13.01±1.38	19.82±1.05
10	-	-	-	16.90±1.42	-	-	13.45±2.87	19.35±2.05	-
Tempo(dias)	Pent-2(Z)-enol								
	0°C	5°C	10°C						
0	-	-	-						
6	-	3.98±0.99	6.29±0.65						
10	-	1.87±0.13	-						
Aldeído									
Tempo(dias)	1-Hexanal			Hex-2(E)-nal			Pentanal		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	2.20±0.89	2.19±0.67	2.08±1.00	17.30±1.05	17.23±2.00	16.94±1.99	1.03±0.56	1.07±0.23	1.02±0.19
6	-	-	-	14.64±1.89	14.64±2.07	5.40±0.90	-	-	-
10	-	-	-	13.16±1.98	10.00±2.21	2.14±0.87	-	-	-
Cetonas									
Tempo(dias)	Pentan-2-one			Pentan-3-one			3-Octanone		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	3.39±0.65	3.31±0.32	3.28±0.23	1.99±0.49	1.87±0.99	1.65±0.35	-	-	-
6	5.12±0.90	5.71±0.67	12.78±1.89	2.09±0.58	4.16±0.34	26.23±2.86	10.98±0.23	-	-
10	5.68±1.27	9.84±1.87	-	2.12±0.73	4.59±0.35	-	36.76±2.44	-	-
Éter									
Tempo(dias)	2-ethyl furan								
	0°C	5°C	10°C						
0	5.35±1.21	5.08±1.92	5.21±1.31						
6	5.71±1.62	4.93±1.35	-						
10	4.17±1.77	1.01±1.58	-						

O hexanal e o hex-2(E)-nal estiveram presentes em ambos os cortes. O teor de hexanal foi relativamente maior em folhas de ora-pro-nóbis picadas no tempo 0, sua área atingiu um percentual de 2% do perfil total de voláteis, tal composto apresenta um poderoso aroma frutado característico de vegetais frescos (Du et al.,2011), sendo considerados voláteis de impacto para qualidade do produto final. O hex-2(E)-nal também apresentou o maior percentual na temperatura de 0°C (13,16%). Certos aldeídos como é o caso do hexanal e do hex-2(E)-nal tem sua concentração aumentada após a ruptura do tecido vegetal e posteriormente são reduzidos a álcoois como o hexanol com o auxílio da enzima álcool desidrogenase (Manriquez et al., 2006). Hatanaka et al.,(1992) ao estudar tomates, observou que a concentração de hex-2(E)-nal no fruto intacto era mínima, porém quando seccionado a concentração desse composto aumentava consideravelmente, mesmo num curto espaço de tempo.

Entre as cetonas encontradas em ora -pro-nóbis rasgadas estão o butan-2-one e o pentan-3-one, o segundo esteve presente apenas no décimo dia de armazenamento, em todas as temperaturas com áreas inferiores a 3%. A presença de butan-2-one parece ser influenciada pela temperatura de armazenamento, uma vez que sua presença somente foi observada em amostras armazenadas a 10°C.

3 cetonas foram tentativamente identificadas em folhas picadas de ora-pro-nóbis: pentan-2-one, pentan-3-one e 3-octanone. Os dois primeiros voláteis tiveram seu percentual de área aumentado com o passar dos dias em todas as temperaturas, com destaque para amostras a 10°C; o 3-octanone por sua vez foi detectado somente a 0°C com área relativamente alta ao final do experimento (36,76%±2,44).

O 2-ethyl furan foi encontrado em ambos os cortes, porém o tipo de processamento e a temperatura parecem ter influenciado o comportamento deste composto. Observou-se tendência de queda ao longo do tempo para ora-pro-nóbis rasgadas e picadas, sendo as maiores áreas atribuídas as amostras rasgadas a 0°C e 5°C. Cozzolino et al., (2016) ao estudar a chicória (*Cichorium intybus*) encontrou uma correlação positiva entre 2-ethyl furan e um sabor adocicado e notas de frescor.

As tabelas 5 e 6 trazem a relação de voláteis para taiobas rasgadas e picadas, respectivamente. Foram tentativamente identificados 19 compostos voláteis na taioba rasgada e 13 voláteis para taioba picada, a classe predominante para ambos os cortes foi a dos álcoois (42,10% e 46,15%, nesta ordem).

O hexanol e o hex-2(E)-enol apresentaram aumento da sua concentração durante o armazenamento, atingindo o ápice aos 10 dias para ambos os cortes. O hexanol é responsável por atribuir notas de “verde” no aroma de muitas hortaliças (Kako, Kobayashi e Yokogoshi, 2011), sendo neste estudo o composto majoritário para os dois tipos de corte. O aumento da temperatura parece ter

influenciado positivamente a síntese deste volátil, já que amostras armazenadas a 10°C tiveram maiores valores do que aquelas armazenadas a 5°C e 0°C, independente do tipo de corte. Já o hex-2(E)-enol, apresentou comportamento semelhante ao descrito anteriormente para taiobas rasgadas, porém para taiobas picadas, as maiores áreas foram atribuídas a menor temperatura (0°C), seguida de 5°C e 10°C.

Para o hexanal, outro volátil caracterizado por apresentar aroma de folhas verdes, sua degradação foi acelerada nas temperaturas mais altas de armazenamento, as maiores concentrações foram observadas no tempo 0, sendo sua degradação mais significativa na maior temperatura de armazenamento. O tipo de corte também parece ter intensificado sua degradação; taiobas picadas apresentaram valores menores de área, quando comparadas a taiobas rasgadas, ao final de 10 dias de estudo. Comportamento semelhante foi observado ao hex-2(E)-nal. No entanto, observa-se que o % de área é bem maior quando se trata de taiobas picadas. No tempo 0, enquanto amostras picadas apresentavam cerca de 31,19%±1,95% de área, as rasgadas apresentavam áreas bem menos significativas (1,15%±0,01%). Ambos compostos foram associados a vegetais frescos em estudo realizado por Cozzoline et al., (2016).

Sugere-se que o tipo de corte tenha induzido de alguma forma a rota de síntese do hex-2(E)-nal, já que a diferença pôde ser observada desde o início do armazenamento. Apesar dos altos índices observados no tempo 0, aos seis dias de armazenamento a 5°C e 10°C não há a detecção deste

composto. O hex-2(E)-nal, mesmo em áreas menos expressivas é encontrado até o final do armazenamento em amostras submetidas a 0°C, independentemente do tipo de corte.

Luca, Kjær e Edelenbos (2017) ao estudar espinafre minimamente processado detectou presença de penten-3-ol, hex-2(E)-enol, pentanol, hexanol, hex-3(Z)-enol. Apenas o pentanol foi descrito negativamente como aroma fermentado. De fato, os dados do presente trabalho mostram um aumento expressivo da concentração de pentanol em taiobas a 10°C no final do armazenamento, independente do tipo de corte, o que seria um indicativo de perda de qualidade do produto.

O hex-3(Z)-enol caracteriza-se pelo aroma verde semelhante a grama (Jaeger et al.,2010) e foi encontrado em quantidades significativas em taiobas picadas no tempo 0 para 5°C e 10°C e somente no 6° dia para amostras submetidas a 0°C. Os maiores valores ao final do armazenamento foram atribuídos a temperatura de 0°C (6.02 ± 1.24), seguida de 5°C (5.68 ± 0.27) e por último 10°C (3.08 ± 1.42). Hatanaka (1993) constatou que o hex-3(Z)-enol apresentava maior percepção do aroma verde e notas frescas do que qualquer outro álcool ou aldeído estudado em folhas de chá e ressaltou a importância deste volátil para qualidade do produto.

O hex-3(Z)-enol, bem como o hexanol, são voláteis de folhas verdes descritos a partir da via do lipoxigenase (Loreto e Schnitzler,2010). Tais compostos são liberados em quantidades significativas imediatamente após o dano celular (Dudareva et al.,2013). Luca, Kjær e Edelenbos (2017) e Dudareva et al., (2013) ressaltaram que o acúmulo de compostos advindos dessa via foi descrito por padrão sensorial com odor de ranço no final do armazenamento. De acordo com os estudos, inicialmente apresentam aroma verde ou de grama, que com o passar dos dias e o aumento de suas concentrações são associados a vegetais podres.

Em taiobas rasgadas o 3-methylbutanal e o hexane apresentaram traços (áreas menores que 1%) evidenciados no final do armazenamento, exceto para a temperatura de 0°C, na qual não foi possível identificar o hexane em qualquer tempo estudado. O propanal foi identificado pontualmente na maior temperatura de estocagem e no último tempo (10 dias), com área equivalente a $4.19\%\pm 0.84\%$. Os compostos voláteis de C5, como é o caso do 3-methylbutanal são descritos na

literatura como aromas “maltados” e sugere-se que sua síntese ocorra a partir da leucina (Balagiannis et al., 2009). Embora o mecanismo não seja completamente elucidado acredita-se que se inicie a partir da remoção dos grupos amino dos aminoácidos pela ação das aminotransferases de cadeia ramificada (Mathieu et al.,2009).

Marx et al., (2017) e Slim et al., (2017) usaram um dispositivo semelhante a uma língua eletrônica e atribuíram a sensação de folhas frutadas ou verdes ao hex-3(Z)-enyl acetate, composto que apresentou áreas significativas no tempo 0 em todas as temperaturas para a taioba rasgada. Observou-se, no entanto, que a partir do 6º dia de armazenamento não houve presença deste composto em amostras armazenadas a 5°C e 10°C, enquanto na temperatura de 0°C, o nível se manteve próximo ao encontrado no tempo 0. Com 10 dias de armazenamento não foi possível detectar hex-3(Z)-enyl acetate em nenhuma das temperaturas estudadas.

Os compostos 3-octanol e octen-3-ol apresentaram baixo percentual de área (<2%) e foram observados apenas em taiobas rasgadas. Os maiores índices foram verificados ao final do armazenamento. Há relatos na literatura que a síntese destes compostos normalmente está ligada a degradação oxidativa do ácido linoleico e outros ácidos graxos insaturados (El Hadi et al.,2013). Álcoois insaturados como octen-3-ol são derivados principalmente da degradação do ácido linoleico pelo peróxido de hidrogênio e geralmente tem grande impacto no aroma e na qualidade do minimamente processado, já que apresentam o limiar mais baixo do que a maioria dos álcoois saturados (Wu et al., 2014).

O 2-pentyl furan foi identificado tanto em amostras rasgadas, quanto em amostras picadas, porém apresentou um baixo percentual de área, independente do tempo, da temperatura ou do tipo de corte. Esse composto já foi descrito na literatura algumas vezes com odores marcantes de gramíneo, verde, feijão e manteiga (Buttery et al.,1969; Fukami et al.,2002).

Em taiobas picadas observou-se a presença de grandes quantidades de 2-ethyl furan . Uma das rotas conhecidas por gerar este composto se dá por meio da reação química entre os aminoácidos livres presentes e um carboidrato redutor e trata-se de um composto de extrema importância para

formação do flavor em alimentos (Kebede et al.,2015). No presente estudo sua concentração aumentou com o passar dos dias e a elevação da temperatura contribuiu negativamente para sua síntese. Assim, na temperatura de 0°C a área máxima atingida foi de 20.62 ± 1.99 , seguida de 5°C (19.44 ± 1.23) e 10°C ($16,76\pm 1.11$). Em experimento realizado por Thomsen et al., (2018) o 2-ethyl furan forneceu um odor doce semelhante a baunilha. Buttery et al., (1969) e Giri, Osako e Ohshima (2010) encontraram correspondência diferente atribuindo aroma pungente a esse volátil. Costa et al., (2016) afirma que o aroma ou sensação do volátil varia de acordo com matriz alimentar onde o mesmo está inserido, portanto tais divergências são aceitáveis.

O estireno também foi observado, porém somente em amostras picadas e no final do armazenamento com áreas equivalentes a $8.24\pm 1.02\%$ e $7.89\pm 0.75\%$, nas temperaturas de 5°C e 10°C, respectivamente. Não houve presença de estireno na temperatura de 0°C em nenhum tempo estudado. Steele et al., (1994) sugerem que a síntese deste composto possivelmente esteja ligada a biodegradação de algumas moléculas aromáticas, como por exemplo ácido cinâmico, aldeído cinâmico e acetato de cinamila. No presente trabalho somente no 10º dia de armazenando houve presença de estireno, sugere-se que o tipo de corte (picado), a elevação da temperatura (10°C), bem como o tempo de armazenamento influenciaram na degradação dos compostos citados acima, originando a síntese do estireno, porém esse mecanismo ainda não foi elucidado. Quantidades significativas de estireno foram encontradas em folhas de oliveira quando processadas após 15 dias de armazenamento (Dursun et al.,2017) e em plantas medicinais como maria-milagrosa (*Cordia verbenacea*) (Fernandes et al.,2007).

Tabela 5. Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em taioba rasgada armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias.

Taioba Rasgada									
Álcoois									
Tempo(dias)	Hexanol			Hex-2(E)-enol			4-Methyl-3-heptanol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	2.82±0.03	2.94±0.16	3.01±0.64	-	-	-	2.12±0.02	1.83±0.02	2.03±0.03
6	5.64±1.21	21.26±1.59	14.25±1.86	-	8.73±1.34	3.61±1.11	-	-	-
10	24.55±4.71	18.19±1.36	34.67±2.75	5.17±1.01	10.83±0.91	14.81±1.13	-	-	-
Tempo(dias)	Pentanol			Pent-2(Z)-enol			Penten-3-ol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.40±0.11	0.76±0.02	0.58±0.18	0.38±0.01	0.48±0.03	0.31±0.01	-	-	-
6	-	0.74±0.13	1.47±0.02	1.57±0.01	3.5±0.94	1.15±0.61	1.80±0.29	4.43±0.82	2.8±0.21
10	-	0.63±0.01	5.25±0.01	0.84±0.12	2.63±0.59	1.40±0.43	0.59±0.03	7.62±1.02	-
Tempo(dias)	3-Octanol			Octen-3-ol					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	-	-	-	0.63±0.01	0.54±0.12	0.79±0.34			
6	0.28±0.01	0.79±0.08	0.79±0.07	0.80±0.01	0.75±0.02	0.84±0.01			
10	1.28±0.02	0.99±0.12	0.9 ±0.03	1.58±0.02	1.72±0.12	1.95±0.34			
Aldeído									
Tempo(dias)	3-Methylbutanal			1-Hexanal			Hex-2(E)-nal		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	24.79±1.67	25.01±2.17	24.87±1.94	1.15±0.01	1.28±0.13	1.43±0.02
6	-	0.13±0.01	0.13±0.02	10.54±1.52	3.40±0.17	14.59±1.53	1.24±0.12	0.12±0.02	0.61±0.01
10	0.11±0.01	0.19±0.01	0.21±0.01	6.03±0.95	0.51±0.11	0.15±0.03	1.68±0.27	-	-
Tempo(dias)	Pent-2(E)-enal			Propanal					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	0.11±0.01	0.18±0.04	0.14±0.03	-	-	-			
6	0.25±0.04	0.14±0.01	0.40±0.02	-	-	-			
10	-	-	-	-	-	4.19±0.84			
Hidrocarboneto									
Butane			Hexane			1,3 Hexadiene			

Tempo(dias)	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	0.64±0.02	0.58±0.06	0.62±0.04	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	0.38±0.02	-	-
10	-	-	-	-	0.9±0.07	0.74±0.12	1.30±0.06	-	-

Outros

Tempo(dias)	Benzoic Acid			2-pentyl furan			Hex-3(Z)-enyl acetate		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	0.93±0.02	1.02±0.05	0.89±0.02	13.47±2.10	14.87±2.36	14.90±2.02
6	0.15±0.01	-	0.20±0.02	0.67±0.02	0.66±0.01	0.96±0.03	13.69±1.96	-	-
10	0.38±0.03	-	0.38±0.02	-	0.84±0.02	0.76±0.11	-	-	-

Tabela 6. Perfil de compostos voláteis expresso em % de área em taioba picada armazenada em diferentes temperaturas por 10 dias

Taioba Picada									
Alcoois									
Tempo(dias)	Hexanol			Hex-2(E)-enol			Hex-3(Z)-enol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	7.50±0.24	7.79±0.72	7.21±0.41	1.70±0.21	1.89±0.01	1.73±0.12	-	0.49±0.45	2.49±0.99
6	27.98±1.91	23.55±1.10	31.11±1.88	12.66±0.70	5.44±0.55	4.98±0.53	2.37±0.97	3.35±1.11	4.61±0.23
10	25.78±1.34	22.35±1.59	44.18±2.01	10.39±0.62	7.02±0.38	5.16±0.81	6.02±1.24	5.68±0.27	3.98±1.42
Tempo(dias)	Pentanol			Pent-2(Z)-enol			Penten-3-ol		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	1.04±0.02	1.12±0.11	1.07±0.21	0.94±0.08	0.88±0.01	0.96±0.06
6	-	-	2.34±0.02	1.60±0.13	2.79±0.07	1.68±0.05	2.9±0.21	5.79±0.33	4.02±0.17
10	-	2.38±0.10	8.61±0.01	1.85±0.08	3.80±0.04	2.89±0.05	3.32±0.73	6.22±0.12	4.53±1.09
Aldeído									
Tempo(dias)	1-Hexanal			Hex-2(E)-nal					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	21.83±1.21	22.09±1.24	21.98±0.99	31.19±1.95	30.76±1.83	32.18±1.92			
6	11.91±1.09	0.67±0.05	0.46±0.03	18.07±1.76	-	-			
10	3.48±0.98	0.18±0.01	-	12.37±1.73	-	-			
Hidrocarboneto									
Tempo(dias)	Styrene			1,3 Hexadiene					
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C			
0	-	-	-	13.47±1.02	13.89±1.21	14.76±1.68			
6	-	8.24±1.02	7.89±0.75	1.08±0.05	-	-			
10	0.55±0.04	18.39±1.42	17±1.08	0.53±0.07	-	-			
Acido Orgânico					Éter				
Tempo(dias)	Acetic Acid			2-ethyl furan			2-pentyl furan		
	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C	0°C	5°C	10°C
0	-	-	-	12.34±0.35	11.89±1.08	12.12±1.68	1.06±0.08	0.98±0.03	1.00±0.12
6	-	-	-	23.96±1.56	19.34±2.44	16.82±1.92	0.37±0.04	0.67±0.02	0.92±0.005
10	-	-	1.66±0.04	20.62±1.99	19.44±1.23	16.76±1.11	0.17±0.02	0.49±0.01	0.47±0.01

Conclusão

Os maiores percentuais de área encontrados nas hortaliças remetem a voláteis característicos de folhas verdes, aromas frutados e sensação fresca, com predominância de álcoois como hexanol, hex-2(Z)-enol e hex-3(Z)-enol. Diferenças foram observadas quanto a composição e concentração no perfil de voláteis dentro dos diferentes tipos de cortes e temperaturas. A maior temperatura de exposição, bem como maiores tempos de armazenamento foram responsáveis pelo desenvolvimento de compostos com odores negativos, como o pentanol e pela redução de compostos voláteis desejáveis como 2-ethyl furan.

Referencial Bibliográfico

- Aboshora, W., Idriss, S. E., Omar, K. A., Hassanin, H. A., Yu, J., Abdalla, M., & Zhang, L. Volatile Flavor Compounds of Peel and Pulp from Doum (*Hyphaene thebaica* L.) Fruit. **American Journal of Food Science and Nutrition Research**, v. 4, n. 5, p. 165-169, 2017.
- Arisseto, A. P.; Toledo, M. C. F. Revisão: Furano: um contaminante formado durante o processamento de alimentos. **Braz. J. Food Technol**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2008.
- Acree, T. e Arn, H. Flavornet. Internet database: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>. Accessed 28/06/2018.
- Balagiannis DP, Parker JK, Pyle DL, Desforges N, Wedzicha BL and Mottram DS, Kinetic modeling of the generation of 2- and 3-methylbutanal in a heated extract of beef liver. **J Agric Food Chem** 57: 9916–9922 (2009).
- Bai JH, Baldwin EA, Imahori Y, Kostenyuk I, Burns J and Brecht JK, Chilling and heating may regulate C6 volatile aroma production by different mechanisms in tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. **Postharvest Biol Technol** 60: 111–120 (2011).
- Bell, L., Oruna-Concha, M. J., & Wagstaff, C. (2015). Identification and quantification of glucosinolate and flavonol compounds in rocket salad (*Eruca sativa*, *Eruca vesicaria* and *Diplotaxis tenuifolia*) by LC-MS: Highlighting the potential for improving nutritional value of rocket crops. *Food Chemistry*, 172, 852–861.
- Buttery, R.G., Seifert, R. M., Guadagni, D. G., Ling, L. C., *J. Agric. Food Chem.* **1969**, 17, 1322.
- Caleb, O. J., Fawole, O. A., Mphahlele, R. R., & Opara, U. L. (2015). Impact of preharvest and postharvest factors on changes in volatile compounds of pomegranate fruit and minimally processed arils—Review. *Scientia Horticulturae*, 188, 106-114.
- Cantwell, M., Hong, G., Nie, X., 2010. Using tissue ammonia and fermentative volatile concentrations as indicators of beneficial and stressful modified atmospheres for leafy and floral vegetables. *Acta Hort.* 876, 165–171.

Caparroz-Assef, S.M. *et al.* Toxicity studies of *Cordia salicifolia* extract. *Acta Sci. Health Sci.*, v.27, n.1, p.41-44, 2005.

Costa, P., Velasco, C. V., Loureiro, J. M., & Rodrigues, A. E. Effect of cosmetic matrices on the release and odour profiles of the supercritical CO₂ extract of *Origanum majorana* L. **International journal of cosmetic science**, 38(4), 364-374, 2016.

Cozzolino, R., Martignetti, A., Pellicano, M. P., Stocchero, M., Cefola, M., Pace, B., & De Giulio, B. (2016). Characterisation of volatile profile and sensory analysis of fresh-cut “Radicchio di Chioggia” stored in air or modified atmosphere. *Food Chemistry*, 192, 603–611.

Crozier, Alan; Ashihara, H. The cup that cheers. **Biochemist**, 2006, 28.5: 23.

Cunha, A.P., Silva, A.P., Roque, O.R.(2003). Plantas e produtos vegetais em fitoterapia. *Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian*, p. 152-53.

Díaz-Mula, H. M., Marín, A., Jordán, M. J., Gil, M. I. (2017). Off-odor compounds responsible for quality loss of minimally processed baby spinach stored under MA of low O₂ and high CO₂ using GC–MS and olfactometry techniques. *Postharvest Biology and Technology*, 129, 129-135.

Du XF, Plotto A, Baldwin E and Rouseff R, Evaluation of volatiles from two subtropical strawberry cultivars using GC-olfactometry, GC-MS odor activity values, and sensory analysis. **J Agric Food Chem** 59: 2569–12577 (2011).

Dudareva, N., Klempien, A., Muhlemann, J.K., Kaplan, I., (2013). Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. *New Phytol.* 198,16–32.

FAO (Food And Agriculture Organization). Disponível em <http://faostat.fao.org/default.aspx>, Acessado em 12 de setembro de 2018.

Dursun, A., Güler, Z., Özkan, D., & Konaşkan, D. B. Identification of Volatile Compounds (VCs) in the Leaves Collected from ‘Gemlik’, ‘Halhalı’ and ‘Sarı Hasebi’ Olive Tree Varieties. **International Journal of Secondary Metabolite**, v. 4, n. 3, Special Issue 1, p. 195-204, 2017.

Fernandes, E. S., Passos, G. F., Medeiros, R., da Cunha, F. M., Ferreira, J., Campos, M. M.. & Calixto, J. B. (2007). Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (–)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **European journal of pharmacology**, v. 569, n. 3, p. 228-236, 2007

Figueiredo Neto, A., Cárdenas Olivier, N., Rojas, G., Bienvenido, A., Castro Silva, J., Padilha, C. Avaliação pós-colheita de mamão variedade Formosa submetido a danos mecânicos e ensaios de compressão durante o armazenamento. *Revista Ciências Técnicas Agropecuárias*, 22, 05-10, 2013.

Fukami, K., Ishiyama, S., Yaguramaki, H., Masuzawa, T., Nabeta, Y., Endo, K., & Shimoda, M. Identification of distinctive volatile compounds in fish sauce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(19), 5412-5416, 2002.

Giri, A., Osako, K., & Ohshima, T. Identification and characterisation of headspace volatiles of fish miso, a Japanese fish meat based fermented paste, with special emphasis on effect of fish species and meat washing. **Food Chemistry**, 120(2), 621-631, 2010.

Harzalli, U., Rodrigues, N., Veloso, A. C., Dias, L. G., Pereira, J. A., Oueslati, S., & Peres, A. M. A taste sensor device for unmasking admixing of rancid or winey-vinegary olive oil to extra virgin olive oil. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 144, p. 222-231, 2018.

Hatanaka, A., Kajiwara, T., Matsui, K., & Kitamura, A. . Expression of lipoxygenase and hydroperoxide lyase activities in tomato fruits. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 47, n. 5-6, p. 369-374, 1992.

- Hansen, M., Buttery, R. G., Stern, D. J., Cantwell, M. I., & Ling, L. C Broccoli storage under low-oxygen atmosphere: identification of higher boiling volatiles. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 40, n. 5, p. 850-852, 1992.
- Hbaieb, R. H., Kotti, F., García-Rodríguez, R., Gargouri, M., Sanz, C., & Pérez, A. G. Monitoring endogenous enzymes during olive fruit ripening and storage: Correlation with virgin olive oil phenolic profiles. **Food chemistry**, v. 174, p. 240-247, 2015.
- Jaeger, S. R., McRae, J. F., Salzman, Y., Williams, L., & Newcomb, R. D. A preliminary investigation into a genetic basis for cis-3-hexen-1-ol odour perception: A genome-wide association approach. **Food Quality and Preference**, 21(1), 121–131,2010.
- Kako, H., Kobayashi, Y., & Yokogoshi, H. Effects of n-hexanal on dopamine release in the striatum of living rats. **European Journal of Pharmacology**, 651(1– 3), 77–82, 2011.
- Kazama, C. C., Uchida, D. T., Canzi, K. N., Souza, P.; Crestani, S., Gasparotto-Junior, A., Laverde Junior, A. (2012). Involvement of arginine vaso press in inthe diuretican dhy potensive effects of *Pereskia grandifolia* Haw. (Cactaceae). **Journal of Ethnopharmacology**,144, 86-93.
- Kebede, B.T., Grauwet, T., Tabilo-Munizaga, G., Palmers, S., Vervoort, L., Hendrickx, M., Van Loey, A., Headspace components that discriminate between thermal and high pressure high temperature treated green vegetables: identification and linkage to possible process-induced chemical changes. **Food Chem.** 141, 1603–1613, 2013.
- Klee, H. J., & Giovannoni, J. J. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. **Annual review of genetics**, 45, 41-59,2011.
- Lim, D. K., Mo, C., Lee, D. K., Long, N. P., Lim, J., & Kwon, S. W. Non-destructive profiling of volatile organic compounds using HS-SPME/GC–MS and its application for the geographical discrimination of white rice. **Journal of food and drug analysis**, v. 26, n. 1, p. 260-267, 2018
- Lokesh, M., Patil, S., Nagesh S., Naik, V., Prashantha, A., Chandan, K. Evaluation of germplasms of *Colocasia esculenta* (L.) Schott and *Xanthosoma sagittifolium* (L.) (Schott and Melet) against leaf blight (*Phytophthora colocasiae* Raciborski.) in Central Western Ghats of Uttara Kannada of Karnataka in India. **Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.**, 6,180-184,2014.
- Løkke, M.M., Seefeldt, H.F., Edelenbos, M.. Freshness and sensory quality of packaged wild rocket. **Postharvest Biol. Technol.** 73, 99–106,2012.
- Loreto, F., Schnitzler, J.-P. Abiotic stresses and induced BVOCs. **Trends Plant Sci.**15, 154–166, 2010.
- Lyumugabe, F., Bajyana, E., Wathelet J.P., and Thonart, Ph. Volatile compounds of the traditional sorghum beers ikigag brewed with *Vernonia amygdalina* “umubirizi”. **Cerevisia**, 37, pp. 89-96, 2013.
- Lyumugabe, F., Iyamarere, I., Kayitare, M., Museveni, J. R., & Songa, E. B Volatile aroma compounds and sensory characteristics of traditional banana wine “Urwagwa” of Rwanda. **Rwanda Journal**, v. 2, n. 1, 2018.
- Luca, A., Kjær, A.,Edelenbos, M. Volatile organic compounds as markers of quality changes during the storage of wild rocket. **Food chemistry**, 232, 579-586, 2017.
- Manriquez, D, El-Sharkawy I, Flores FB, El-Yahyaoui F, Regad F, Bouzayen M. Two highly divergent alcohol dehydrogenases of melon exhibit fruit ripening-specific expression and distinct biochemical characteristics. **PlantMol Biol** 61: 675–685 ,2006.

- Marx, Í.M.G., Rodrigues, N., Dias, L.G., Veloso, A.C.A., Pereira, J.A., Drunkler, D.A., Peres, A.M. Quantification of table olives' acid, bitter and salty tastes using potentiometric electronic tongue fingerprints. **LWT Food Sci. Technol.** 79, 394–401, 2017.
- Mathieu S, Cin VD, Fei ZJ, Li H, Bliss P, Taylor MG, Klee HJ e Tieman DM., Flavour compounds in tomato fruits: Identification of loci and potential pathways affecting volatile composition. **J Exp Bot** 60: 325–337, 2009.
- Moretti, C. L., Sargent, S. A., Balaban, M. O., Puschmann, R. Electronic nose: a non-destructive technology to screen tomato fruit with internal bruising. *Horticultura Brasileira*, 18, 20-23,2000.
- Sansone-Land, A., Takeoka, G. R., & Shoemaker, C. F. Volatile constituents of commercial imported and domestic black-ripe table olives (*Olea europaea*). **Food chemistry**, v. 149, p. 285-295, 2014
- Sanz, C., Belaj, A., Pascual, M., & Pérez, A. G. Natural variation of volatile compounds in virgin olive oil, 2018.
- Siqueira, V.L.D. *et al.* Pharmacological studies of *Cordia salicifolia* Cham in normal and diabetic rats. *Braz. Arch. B iol. Technol.*, v.49, n.2, p.215-218, 2006.
- Riddiford, Lynn M. Trans-2-hexenal: mating stimulant for polyphemus moths. *Science*, v. 158, n. 3797, p. 139-141, 1967.
- Slim, S., Rodrigues, N., Dias, L.G., Veloso, A.C.A., Pereira, J.A., Oueslati, S., Peres, A.M., 2017. Application of an electronic tongue for Tunisian olive oils' classification according to olive cultivar or physicochemical parameters. **Eur. Food Res. Technol.** 243, 1459–1470.
- Steele DH, Thornburg MJ, Stanley JS, Miller RR, Brooke R, Cushman JR, Cruzan G. Determination of styrene in selected foods. **J Agric Food Chem.** 42:1661–1665,1994.
- Tzin, V., Rogachev, I., Meir, S., Moyal Ben Zvi, M., Masci, T., Vainstein, A., Aharoni, A., Galili, G. Altered levels of aroma and volatiles by metabolic engineering of shikimate pathway genes in tomato fruits. **AIMS Bioengin**, 2, 75-92,2015.
- Tudela, J.A., Marín, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Medina-Martínez, M.S., Gil, M.I., (2013). Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is na unresolved problem. **Postharvest Biol. Technol.** 75, 75–85,2013.
- Wang, P., Zhan, P., Tian, H., Zhang, F., & Xi, J. Characterization of the Influence of Thermal Sterilization on the Volatiles in Flat Peach Juice. **Analytical Letters**, p. 1-11, 2018.
- Welke, J.E., Manfroí, V., Zanús, M., Lazarotto, M., and Alcaraz Zin, C. Characterization of the volatile profile of Brazilian Merlot wines through comprehensive two dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometric detection., **Journal of Chromatography A**,1226, 124–139,2012.
- Wu, W., Tao, N.-P., Gu, S.-Q.. Characterization of the key odor-active compounds in steamed meat of *Coilia ectenes* from Yangtze River by GC–MS-O. **Eur. Food Res. Technol.** 238, 237–245, 2014.