



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS PIAUÍ
CURSO LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA

LÁZARO SANTOS NETO

**OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO POR SOLVENTES DE B-CAROTENO EM
AMOSTRAS DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*), ABÓBORAS (*Cucurbita
sp*) E BETERRABAS (*Beta vulgaris*, L)**

**PICOS
2019**

LÁZARO SANTOS NETO

OTIMIZAÇÃODA EXTRAÇÃO POR SOLVENTES DE B-CAROTENO EM
AMOSTRAS DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*), ABÓBORAS (*Cucurbita sp*) E
BETERRABAS (*Beta vulgaris, L*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado Ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí– IFPI, como requisito parcial para a obtenção do grau licenciado em química.

Orientador: Prof. Me. Luiz Brito de Souza Filho

FICHA CATALOGRÁFICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECA
SERVIÇO DE PROCESSOS TÉCNICOS

S237o Santos Neto, Lázaro

Otimização da extração por solventes de B-caroteno em amostras de tomates (*Solanumlycopersicum*), abóboras (*Cucurbitasp*) e beterrabas (*Beta vulgaris*, L) / Lázaro Santos Neto. — 2019.
50 f.: il.

Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Picos, 2019.

Orientador: Prof. Me. Luiz Brito de Souza Filho.

1. Química - experiências. 2. Química orgânica. I. Título.

CDD: 540.724



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: " OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO POR SOLVENTE DO β -CAROTENO EM AMOSTRAS DE TOMATE, ABÓBORA E BETERRABA ".

ALUNO: LÁZARO SANTOS NETO

DATA: 14 de maio de 2019.

Monografia defendida junto à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química,
aprovada pela banca examinadora:


Me. Luiz Brito de Souza Filho – IFPI – Orientador


Me. Francisco de Assis Araújo Barros – IFPI - Membro Examinador


Me. Ézio Raul Alves de Sá – IFPI - Membro Examinador

Picos (PI), 14 de maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela oportunidade e graça em permitir concluir todas as etapas do curso.

Agradeço a minha família, na pessoa dos meus pais, Maria de Fátima Santos Neto e José Antônio Neto, por sempre acreditar nos meus sonhos e proporcionar todo subsídio possível para que concretizasse esse grande objetivo.

Agradeço a minha namorada, Karine Oliveira, pelo incentivo de cada dia e por sempre acreditar que seria possível conseguir cumprir com todos os requisitos do curso.

Agradeço aos amigos discentes do Campus IFPI Picos, pela amizade e afetividade que foi semeada no decorrer dos anos.

Agradeço a todo corpo docente, técnicos-administrativos, servidores, do Campus IFPI Picos, sem sombras de dúvidas somaram diretamente para a concretização desse objetivo.

Agradeço de forma especial ao meu orientador e coorientador, na pessoa do excelentíssimo Prof. Me. Luiz Brito e Prof. Me. Darlisson Silva, ambos foram peças fundamentais para que obtivesse êxito.

“Conhecimento é saber que um
tomate é fruta, sabedoria
é saber que não se deve
usar um tomate em uma
salada de frutas”.

Charliton Albert

RESUMO

O tomate, a abóbora e a beterraba possuem alto teor de carotenoides, os quais podem ser entendidos como pigmentos de tonalidades vermelho-alaranjados. Nestes vegetais são encontrados carotenoides, como por exemplo, o licopeno e betacaroteno. O Betacaroteno é encontrado nesses vegetais, apresentando, de forma considerável atividade provitamina. Em razão da grande importância os carotenoides vêm sendo determinados em inúmeros alimentos. Salienta-se que são extraídos por meio de solventes orgânicos, no entanto apresentam instabilidade diante da luz, oxigênio e do aquecimento. O presente trabalho possui como escopo principal, analisar como se dá a extração e a quantificação de carotenoides do tomate, da abóbora e beterraba através da utilização dos solventes: acetona, etanol e metanol, verificando, assim, qual o melhor solvente extrator. A metodologia empregada baseia-se na extração por solventes através da aplicação do planejamento de misturas, Simplex-Centroid, para os solventes etanol, acetona e metanol. Os resultados obtidos, em laboratório, demonstraram que o solvente com maior desempenho para extração de carotenoides nas amostras de abóbora e tomate, foi a acetona, seguida pelo solvente etanol para ambas as amostras. Em relação a amostra de beterraba, o solvente com maior desempenho foi o metanol, seguido da acetona. Esses resultados demonstram qual solvente apresenta maior rendimento de extração nas amostras utilizadas, além de acrescentar informações relacionadas a essa linha de pesquisa.

Palavras-chave: carotenoides; tomates; abóbora, beterrabas, solventes orgânicos;

SUMMARY

Tomato, pumpkin and beet are high in carotenoids, which can be understood as red-orange pigments. Carotenoids are found in these vegetables, such as lycopene and beta-carotene. Beta-carotene is found in these vegetables, with considerable provitamin activity. Because of the great importance carotenoids are being determined in numerous foods. It should be noted that they are extracted by means of organic solvents, however they are instable in the face of light, oxygen and heating. The present work has the main objective of analyzing the extraction and quantification of carotenoids from tomato, pumpkin and beet by the use of solvents: acetone, ethanol and methanol, thus verifying the best extraction solvent. The methodology used is based on solvent extraction through the application of the blends planning, Simplex-Centroid, for the solvents ethanol, acetone and methanol. The results obtained in the laboratory showed that the solvent with the highest performance for the extraction of carotenoids in the pumpkin and tomato samples was acetone, followed by ethanol solvent for both samples. In relation to the beet sample, the solvent with the highest performance was methanol, followed by acetone. These results demonstrate which solvent has the highest extraction yield in the samples used, besides adding information related to this line of research.

Keywords: carotenoids; tomatoes; pumpkin, beets, organic solvents;

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição dos frutos maduros de tomate.....	25
Tabela 2 - Planejamento de Misturas Simplex-Centroid para Etanol, Acetona e Metanol.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise de Variância (ANOVA) para os modelos linear e quadrático na extração de β -Caroteno em Abóbora.....	37
Quadro 2 - Análise de Variância (ANOVA) para os modelos linear e quadrático na extração de β -Caroteno em Tomate.....	39
Quadro 3 - Análise de Variância (ANOVA) para os modelos linear e quadrático na extração de β -Caroteno em Beterraba.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fórmula Estrutural do β -Caroteno.....	13
Figura 2 - Fórmula Estrutural da Vulgaxantina I.....	32
Figura 3 - Planejamento de misturas para a extração de β -caroteno.....	36
Figura 4 - Gráfico de contorno para o modelo quadrático (ABÓBORA).....	37
Figura 5 - Gráfico de Pareto (Abóbora).....	38
Figura 6 - Gráfico de contorno para o Modelo Quadrático (TOMATE).....	38
Figura 7 - Gráfico de Pareto (TOMATE).....	39
Figura 8 - Gráfico de contorno para o Modelo Quadrático (BETERRABA)....	40
Figura 9 - Gráfico de Pareto (BETERRABA).....	41

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1.Geral.....	16
2.2. Específicos.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 A CULTURA DE TOMATES, ABÓBORAS E BETERRABA.....	17
3.2 CAROTENOIDES.....	21
3.3 TOMATE.....	22
3.3.1. Breve histórico.....	22
3.3.2. Benefícios.....	23
3.3.3. Composição química.....	24
3.3.4. Carotenoides no tomate.....	26
3.4. A ABÓBORA.....	27
3.4.1. Breve histórico.....	27
3.4.2. Benefícios.....	27
3.4.3 Composição química.....	28
3.4.4. Carotenoides na abóbora.....	29
3.5. A BETERRABA.....	30
3.5.1. Breve histórico.....	30
3.5.2. Benefícios.....	30
3.5.3. Composição química.....	31
3.5.4. Carotenoides na Beterraba.....	32
3.6. PLANEJAMENTO DE MISTURAS NA EXTRAÇÃO.....	33
4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL (Extração de Carotenoides).....	35
4.1. Amostras e Reagentes.....	35
4.2. Otimização da extração do β -Carotenos.....	35
4.3. Análise Espectrofotométrica.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

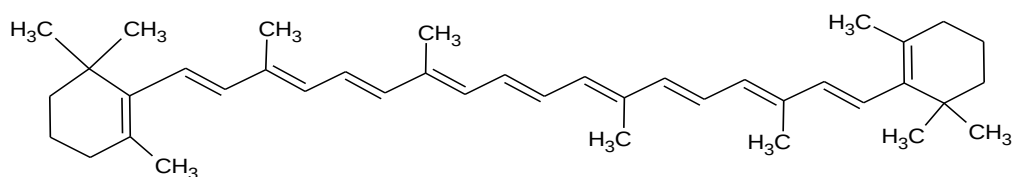
Os carotenoides são pigmentos naturais, derivados do isopreno, sendo caracterizados estruturalmente por uma longa cadeia de duplas ligações conjugadas, sempre com uma ou duas estruturas cíclicas (anel β -ionona) que terminam em ligações conjugadas (CARDOZO, 2007). São compostos lipossolúveis responsáveis pela cor atraente e característica de muitos alimentos. Além de possuírem atividade antioxidante através da interação com radicais livres e sequestro do oxigênio singlete alguns possuem atividade pró-vitâmica A (UENOJO, 2007). Sabe-se que as funções dos carotenoides não estão completamente determinadas, em contrapartida, sabemos que assumem um papel muito importante no organismo humano.

Estudos revelam que existem mais de 700 carotenoides na natureza, onde apenas 50 destes fazem parte da dieta humana, 6 deles somam mais de 95% do total de carotenoides consumidos na dieta humana: β -caroteno, licopeno, β -criptoxantina, α -caroteno, luteína, zeaxantina (DARVIN, 2011).

O β -caroteno é o mais abundante dentre os carotenoides e, além da ação antioxidante, ele apresenta atividade pró-vitamina A, ou seja, é um precursor da vitamina A em mamíferos. Além do β -caroteno, outros carotenoides como α -caroteno e β -criptoxantina também apresentam atividade pró-vitamina A, mas em menor quantidade. A função vitamínica adquire maior importância em regiões onde a vitamina A pré-formada é raramente ingerida pela maior parte da população, como no Nordeste do Brasil (CAMPOS, 2006).

Sabe-se que o β -caroteno, Figura 1, é um carotenoide. Como é de conhecimento, os carotenoides são pigmentos naturais encontrados em plantas e responsáveis pelas cores vibrantes de algumas frutas e legumes, dentre essas cores podemos destacar a coloração laranja da abóbora, o amarelo intenso da manga e o vermelho característico do tomate e beterraba (COSTA, CHAVES, 2005).

Figura 1. Fórmula Estrutural do β -Caroteno



Fonte – Autor.

Esses vegetais contêm alto teor de carotenoides, sendo alimentos consumidos por boa parte da população mundial, além de apresentar aspectos importantes relacionadas a sua versatilidade e seu sabor, assim como a facilidade do seu cultivo, os tornaram um dos vegetais mais consumidos em muitos países. Apresentam-se como alimentos carregados com uma grande quantidade de antioxidantes, suas propriedades beneficiam a promoção da perda de peso, são favorecidos de uma grande variedade e concentração de vitaminas e minerais, além de agregar valor de prevenção e alívio da hipertensão, redução dos níveis de colesterol e etc (GOMES, 2007; LEUNG, 2008).

Um crescimento muito grande na horticultura tem sido observado no Brasil, principalmente no desenvolvimento de pesquisas visando ao melhoramento genético em sementes como as do tomate, e na plantação de beterrabas e abóboras.

Há cerca de duas décadas, tem-se investigado a relação entre o consumo de vitaminas e de carotenoides e a gênese do câncer. Um dos maiores interesses em relação aos carotenoides, está relacionado a sua ação antioxidante que reduz o estresse oxidativo do organismo, atuando na prevenção de determinados tipos de câncer, de doenças cardiovasculares, bem como sobre o sistema imunológico (GOMES, 2007; LEUNG, 2008).

A presença de antioxidantes nos alimentos pode explicar o poder de curar e prevenir muitos dos nossos problemas de saúde. Os oxidantes se formam através da ação de formas tóxicas do oxigênio, podendo atuar na obstrução das artérias, na transformação das células em cancerosas, ocasionar problemas nas articulações, além de estar associadas ao envelhecimento. Os oxidantes assumem várias formas e aspectos, sendo que a mais comum é a dos radicais livres. Sendo assim, os antioxidantes atuam combatendo a formação e ação dos radicais livres (CARVALHO, 2006).

Fazendo uso de técnicas experimentais para obtenção e estudo em relação aos procedimentos adotados ao alvo da análise, utilizou-se como parte dos processos a técnica de extração por solvente, método este que envolve a separação de compostos, presente na forma de uma solução ou suspensão em um determinado solvente. A escolha dos solventes orgânicos empregado nos experimentos, segue a linha de raciocínio baseadas nas características peculiares de cada composto dos

respectivos solventes, levando-se em consideração a afinidade química existente com o objeto de estudo para a elucidação de informações.

A motivação reside em identificar quais solventes, possuem maior rendimento para extração de β -caroteno do tomate, da abóbora e beterraba.

Justifica-se a escolha do presente tema, devido à grande importância do tomate, da beterraba e da abóbora para a alimentação humana, sendo vegetais, portadores de grandes vantagens para a saúde, além da necessidade de conhecimento de suas composições químicas para a produção adequada. Além disso, a pesquisa poderá servir de fonte para trabalhos futuros.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Otimizar o processo de extração por solventes do β -caroteno a partir das amostras de abóbora, tomate e beterraba.

2.2. Específicos

- Identificar dentre os solventes qual possui maior rendimento na extração de β -caroteno;
- Avaliar o efeito da polaridade dos solventes na extração de β -caroteno;
- Analise variacional das amostras;
- Demonstrar como se dá o processo de extração de β -caroteno.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DO TOMATE, ABÓBORA E BETERRABA

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é originário da América do Sul e pesquisas apontam que já era cultivado pelos incas e astecas há cerca de 1300 anos. Bolívia, Chile, Equador e Peru destacam-se como centros de distribuição dessa hortaliça (CURRENCE, 1963).

Segundo informações, baseadas em estudos literários, constata-se que o tomate é cultivado em quase todo o mundo, e a sua produção global duplicou nos últimos 20 anos. Um dos principais fatores para a expansão da cultura é o crescimento do consumo. Em 2012, a produção mundial foi de 161 milhões de toneladas, o que evidencia a importância econômica dessa cultura (FAOSTAT, 2014).

O tomate tem como áreas de cultivo em regiões de caráter de clima tropicais e subtropicais no mundo inteiro, ressaltando aqui suas formas de consumo que podem ser tidas para consumo *in natura*, de origem vegetal, assim como para a indústria de processamento, através do cultivo rasteiro, sendo uma das hortaliças mais cultivadas no mundo.

Um fator importante que está associado ao crescente consumo do tomate, está vinculado a busca de alimentos mais saudáveis, uma vez que o tomate apresenta na sua essência altos teores de vitaminas A e C, além de ser rico em licopeno, substância que está presente tanto no fruto fresco como no processado, que ajuda na prevenção de cânceres, principalmente aqueles relacionados ao aparelho digestivo (CARVALHO & PAGLIUCA, 2007).

Para fins estatísticos, em escala mundial, os países com maior produção é a China, Estados Unidos e Turquia. O Brasil é o oitavo produtor de tomate com 3,0 % da produção global, alcançando a produção 3.737.925 mil toneladas, em uma área de 58.785 hectares, obtendo produtividade de 63,6 t/ha. A região brasileira de maior produção de tomate é o sudeste, atingindo 1.799.478 t, sendo o estado São Paulo, o maior produtor, com 753.283 t (IBGE 2017).

Com um crescimento acima da média mundial, o Brasil vem ganhando notoriedade na esfera de produtividade de tomate. Esse desenvolvimento, em parte, se deve a difusão de técnicas de irrigação, uso intensivo de insumos e a introdução de híbridos mais produtivos e com menores perdas pós-colheita, foram alguns dos

principais fatores que contribuíram para o aumento da produtividade do tomate nacional (CARVALHO & PAGLIUCA, 2007).

Já a produção mundial de abóbora refere-se mais ao território brasileiro, exportando para vários países.

Por fim, ressalta-se a produção mundial de beterrabas em âmbito mundial. A área cultivada com beterraba para a safra 2016/2017 na União Europeia (UE) foi de 5,6% maior em comparação com a safra do ano anterior. Segundo dados da Datagro estiveram disponíveis para a colheita 1,497 milhão de hectares (DATAGRO, 2015).

A beterraba é a principal matéria-prima para a produção de açúcar no bloco europeu. Na França, maior produtor de beterraba do bloco europeu, a área disponível para colheita cresceu 4,0% para 398 mil hectares nos últimos anos. Na Alemanha, segundo maior produtor, a área com beterraba atingiu 334,5 mil hectares para a safra 2017/18, aumento de 6,9% sobre a temporada anterior. Entre todos os países da UE que produzem a planta, a maior expansão de plantio ocorre na Lituânia, com 15,6 mil hectares, mais 27,5%. Por outro lado, a área de cultivo no Reino Unido caiu pela quarta temporada consecutiva: 80 mil hectares, queda de 11,1% sobre a safra passada. Desta forma, a produção de açúcar no bloco europeu deve chegar a 16,3 milhões de toneladas no período 2018/2019. O plantio de beterraba foi menor do que o esperado, assim como o rendimento agrícola. Com isso, a Comissão Europeia espera um ano de aperto no balanço doméstico de açúcar caso nenhuma medida extra seja tomada para aumentar as importações (DATAGRO, 2015).

Observa-se que a produção de beterraba, abóbora e tomate cada vez mais crescem em âmbito nacional, influenciando diretamente em aspectos socioeconômicos, como a geração de empregos e, além disso, há uma produção de alimentos de suma importância para a saúde humana.

Entre 2007 a 2011, a produção de tomate no Brasil aumentou aproximadamente 28%. Apenas no ano de 2011, foram produzidas mais de 4,4 milhões de toneladas de tomate no Brasil (FAOSTAT, 2013)

No que diz respeito ao volume, a produção brasileira, na safra 2017-18, foi de 3,45 milhões de toneladas, valor 3% maior que o obtido com a safra 2016-17. Os Estados com maior atuação na safra nacional foram Goiás (26,67%), São Paulo (22,29%) e Minas Gerais (13,37%). A safra brasileira 2017-18 apresentou 2,41% de

expansão na área cultivada em relação à de 2016/17, e de 0,91% em relação à safra 2015-16 (FAOSTAT, 2008).

Nesse contexto, a cultura do tomate vem se propagando cada vez mais, essa notabilidade é reflexo das aplicações técnicas introduzidas em benefício aos ganhos genéticos de melhoramento de plantas, desenvolvimento nos procedimentos de áreas de cultivo e adoção de métodos para superação de muitos problemas, principalmente fitossanitários (SOUZA, 2003).

A região sudeste do Brasil é a maior produtora de tomate de mesa (CAMARGO & FILHO, 2008). Entre 2007 a 2016, esta região produziu uma média de 1.543.015 toneladas anuais. Neste mesmo período, o Estado do Rio de Janeiro contribuiu com uma média superior a 204 mil toneladas de tomate, credenciando-o como o sexto maior produtor nacional. As cidades de Cambuci e São José de Ubá são as maiores produtoras com mais de 30% da produção do Estado e 63% da região noroeste Fluminense (IBGE, 2013).

Nesse contexto, fica evidente que a cultura do tomateiro é uma das principais hortaliças produzida e comercializada no país e com destaque na região sudeste. No entanto, o tomate apresenta elevadas variações de preços, seja pela influência de clima, de logística de comercialização ou mesmo de falta de planejamento adequado que compromete a sintonia entre as quantidades ofertadas e as consumidas. As hortaliças folhosas, flores e condimentares sofrem influência das condições climáticas na fase de produção e na variação da quantidade de demanda. Como consequência, o preço varia ao longo das estações. Tais características expõem os produtores a riscos e incertezas de preços (FILHO & CAMARGO, 2008).

A crescente demanda por hortaliças de alta qualidade e ofertadas durante o ano todo tem contribuído para o investimento em novos sistemas de cultivo que permitam produção adaptada a diferentes regiões e condições adversas do ambiente. No Brasil, o cultivo de hortaliças em ambiente protegido, vem ganhando espaço entre os produtores, devido principalmente, à relativa facilidade em manejar as condições de cultivo quando comparado ao sistema convencional em campo aberto (CARIJJO, 2004).

O nome *Solanum lycopersicum* é uma espécie, cuja designação científica pertence ao gênero *Solanum*, e família *Solanaceae*. Essa é a denominação mais aceita devido a evidências genéticas. No entanto, para fins de nomenclatura, existem

outros nomes que já foram utilizados para nomear esta espécie, entre elas podem ser mencionados o *Lycopersicum esculentum*, respondendo a denominações que eram aceitas anteriormente (HILTY, JOHN, 2006).

O consumo regular de tomate e seus produtos tem sido correlacionado à redução do risco de vários tipos de câncer e doenças cardiovasculares (GIOVANNUCCI, 1995; CLINTON, 1998). Essa característica positiva é atribuída aos antioxidantes, particularmente, aos carotenoides (licopeno e β -caroteno) e aos compostos fenólicos.

Outro elemento que soma na construção da ideia é referente a conceituação do licopeno, outro carotenoide encontrado em elevada concentração no tomate e seus produtos derivados, possuindo uma importante função antioxidante. Além disso, a presença de licopeno na dieta se relaciona com a redução de certos tipos de câncer e redução do risco de ataque cardíaco (CARVALHO, 2006).

O tomate é um alimento carregado com uma poderosa bateria de antioxidantes, onde tem como peculiaridades uma grande diversidade e concentração de vitaminas e mineiras, contribuem para a prevenção da hipertensão, além de apresentar ações anti-inflamatória, dentre outros aspectos (SOUZA, 2003).

Já a produção de beterraba no território brasileiro São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia e Goiás, respondem por cerca de 87% da comercialização de beterraba. Os três primeiros estados têm maior produção, favorecidos pelo clima frio. O plantio geralmente ocorre por meio de sementes, que podem ser semeadas diretamente ou por produção de mudas. Os tratos culturais são básicos, havendo controle de plantas daninhas, pragas e doenças, e cuidados com a irrigação, indispensável para melhor qualidade. (FAO, 2018).

A área plantada no Brasil com beterraba vermelha corresponde a 18 mil hectares, com uma produção anual de 280 mil toneladas. O Estado de São Paulo possui, segundo informações do LUPA (Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo) de 2007/2008, 1230 estabelecimentos agrícolas que cultivam um total de 2784 hectares com beterraba. Os dez principais municípios produtores, representando mais de 85% da área produtiva de beterraba do estado, são: Piedade, Moji das Cruzes, São José do Rio Pardo, Itobi, Mococa, Ibiúna, Suzano, Biritiba Mirim, São Paulo e Itaquaquecetuba (LUPA, 2007/2008).

Os principais produtores de abóbora no Brasil são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia, Paraná e Santa Catarina. O plantio é realizado com sementes híbridas ou mudas, sendo que as regiões ideais para a atividade são as com clima quente e úmido (CEPEA; HORTIFRUTI, 2016).

3.2 CAROTENÓIDES

Os carotenoides são um grupo de pigmentos mais difundidos na natureza (GROSS, 1991). Conferem a coloração do amarelo ao vermelho, encontrando-se na fração insaponificável dos lipídios animais e vegetais, sendo responsáveis pela cor de frutas, flores, lagosta e outros crustáceos, alguns peixes e pássaros. Os carotenoides são sintetizados em plantas constituindo nessas a fonte animal (GROSS, 1991; AMAYA, 1982).

O nome dos carotenos deriva do maior representante do grupo, o β -caroteno. São hidrocarbonetos altamente insaturados, compostos de unidade 6 de isoprenos poliênicos formados por oito unidades de isoprenos. Apresentam fórmula geral $C_{40}H_{56}$, com ligação cabeça-cauda das 8 unidades de isoprenos, exceto no centro da molécula que as unidades são ligadas cauda-cauda, produzindo uma estrutura simétrica reversa no centro da molécula (GROSS, 1991; FIGUEIREDO, 1973).

São classificados quimicamente em dois grupos: carotenos que possuem somente carbono e hidrogênio e os derivados oxigenados, sendo eles as xantofilas (monoois, diois e poliois), epóxidos, metoxilas, aldeídos, cetonas e ésteres (AMAYA, 1982).

São, ainda, classificados como carotenos, acíclicos e alicíclicos, mono e bicíclicos. Segundo GROSS (1991), os carotenoides são solúveis em lipídios e solventes orgânicos como a acetona, álcool, éter etílico, éter de petróleo, hexano e clorofórmio. Os carotenos apresentam melhor solubilidade em solventes mais apolares, porém as xantofilas são solúveis em solventes mais polares, como os álcoois. Absorvem luz na região do espectro ultravioleta (UV) e no ultravioleta-visível (UV-visível).

O caráter estrutural responsável pela absorção de luz são os cromóforos, que são constituídos de uma cadeia de duplas ligações conjugadas. São necessárias pelo menos 7 duplas ligações para a percepção da cor. São caracterizados pelo espectro

de absorção eletrônica que apresentam. Absorvem, principalmente na região do azul (430-470 nm), e também absorvem nas regiões do espectro do azul-verde (470-500 nm) e verde (500-530 nm) e sua cor é caracterizada pela luz que refletem ou transmitem quando em solução (GROSS, 1991).

Carotenos que possuem 7 duplas ligações, apresentam coloração amarelada, intensificando a tonalidade de laranja para vermelho à medida que aumenta as duplas conjugadas na cadeia. Por outro lado, as duplas ligações presentes nos anéis não contribuem para a percepção da cor, como as presentes na cadeia (AMAYA, 1982).

3.3. O TOMATE

3.3.1. Breve histórico

De acordo com alguns estudos, os mesmos revelam que as espécies selvagens de tomate são provenientes da região andina, extensão da América do Sul constituída pelos países: Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru. Registros históricos asseguram que as formas ascendentes de tomate sejam primitiva dessa área, tendo como domesticação e utilização como alimento sua origem no México, expandido por todo o mundo depois da colonização das Américas pelos Europeus (PAZINATO & GALHARDO, 1997).

A inserção do tomate na Europa foi realizada pelos espanhóis no início do século XVI e sua aceitação como uma cultura cultivada, e a sua inclusão no preparo como alimento foi aumentando a passo lento, ficando seu uso restrito à região de origem por quase dois séculos (HARVEY, 2002). A princípio, o tomateiro era cultivado apenas como planta ornamental, pois seus frutos eram considerados venenosos, devido a sua cor avermelhada, intimamente relacionada, à época, com perigo e morte. Sabe-se hoje que o tomate contém um alcalóide, a tomatina, que se encontra em elevada concentração nas folhas e nos frutos verdes e que se degrada em componentes inertes nos frutos maduros (FILGUEIRA, 2000). Existem evidências de que os italianos foram os primeiros a cultivar o tomate, por volta de 1550, inicialmente pela curiosidade e valor ornamental de seus frutos (FILGUEIRA, 2000). Em meados do século XVI, já aceito para consumo, passou a ser cultivado e consumido no sul da

Europa, e só se tornou popular no Norte da Europa e Ocidente no final do século XVIII (HARVEY, 2002).

Segundo relata HARVEY. (2002), a produção e o consumo de tomate rapidamente expandiram-se para os Estados Unidos, no século XIX, e, até ao final desse século, seus produtos derivados na forma de sopas, molhos, bebidas e catchup já eram consumidos regularmente.

No Brasil, seu hábito de consumo foi introduzido por imigrantes europeus no final do século XIX. Atualmente, a cultura está espalhada por todo o mundo. O tomate começou a ter expressão mundial a partir de 1900 e, nos dias de hoje, é o segundo produto olerícola mais cultivado no mundo, sendo a quantidade produzida superada apenas pela batata, que juntamente com a cebola e o alho são os alimentos mais industrializados (FILGUEIRA, 2000).

O tomate é considerado uma importante espécie, esses valores estão relacionados tanto pelo seu valor nutricional como também por sua demanda de consumo como forma de atender diversas demandas desse importante mercado.

3.3.2. Benefícios

No que se refere aos benefícios do tomate é válido ressaltar que estudos científicos identificaram uma série de vantagens para aqueles que consomem este fruto: estimula as enzimas, previne a coagulação sanguínea, anticancerígeno porque inibe as enzimas responsáveis pela metástase das células cancerígenas (SMIDT & BURKE, 2004).

Como possui ferro previne e cura a anemia, fraqueza, palidez, o fósforo que contém aumenta a resistência física. Age sobre os ossos, distúrbios nervosos, stress e problemas de obesidade, além de fortalecer o cérebro auxiliando-o no aprendizado. O magnésio protege contra doenças cardiovasculares, hipertensão, nervosismo, tensão pré-menstrual, problemas da próstata, combate depressão e tremores, enquanto que o potássio, age também contra fraqueza em geral, a arritmia e também pressão alta (SOMMERBURG, 1999).

A vitamina B2 (riboflavina) protege contra distúrbios nos olhos, os distúrbios digestivos e ferimentos na boca e apresenta ainda outros benefícios provenientes da

vitamina C que aumenta a imunidade contra os resfriados e contra outras infecções inclusive AIDS (DE SOUZA, 2005).

O tomate pode ser consumido cru, cozido ou em molhos pois não perde suas propriedades, o consumo de tomates verdes é de evitar, pois é contraindicado para os rins e sempre que possível também os molhos e extratos industrializados por conterem diversos produtos químicos que não são saudáveis (BALCEWICZ, 1999).

As identidades e qualidades do fruto devem ser analisadas pelos produtores, especialmente no que se refere a suas características físico-químicas, pois uma produção sem estudos de especialistas, sem sombra de dúvidas trará consequências maléficas no que se refere ao cultivo e consequentemente na lucratividade (LEITE, 2019).

3.3.3. Composição química do tomate

O fruto do tomateiro possui em sua composição de 93% a 95% de água. Nos 5% a 7% restantes, encontram-se compostos inorgânicos, ácidos orgânicos, açúcares, sólidos insolúveis em álcool e outros compostos, embora as vitaminas estejam presentes em uma pequena proporção do total da matéria seca, essas substâncias são importantes do ponto de vista nutricional (SILVA & GIORDANO, 2006).

Segundo estudos, o tomate possui em cada 100 gramas de polpa fresca e seca ao ar 92,37% de água, 1,25% de elementos nitrogenados, 0,84% de lignina, 0,63% de cinzas é também uma fonte de solanina, saponinas, corantes e vitaminas como A, B, C, e E. Possui ainda elementos vitamínicos como: rádio, ferro, cobre, boro, níquel, cobalto, licopeno, flavonóides, fósforo, magnésio e potássio (PORTO & OLIVEIRA, 2006).

A composição dos frutos de tomate para indústria vem sendo alterada por meio de melhoramento genético com o objetivo de selecionar cultivares com características desejáveis para o processamento. A composição dos frutos é uma característica da cultivar, mas também pode ser influenciada pelas condições edafoclimáticas da região produtora (ALVARENGA, 2004).

Durante o processo de maturação dos frutos, ocorrem grandes transformações em suas características. Consequentemente, para uma comparação mais precisa das características químicas e bioquímicas entre as distintas cultivares, é necessária uma amostragem bastante cuidadosa visando comparar os frutos no mesmo estágio de maturação fisiológica. O processamento industrial também altera a composição da matéria-prima (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Tabela 1. Composição dos frutos maduros de tomate.

Componente	Quantidade
Vitamina A (β -caroteno)	900-1271 i.u.*
Vitamina B1 (tiamina)	50-60 mg
Vitamina B2 (riboflavina)	20-50 mg
Vitamina B3 (ácido pantotênico)	50-750 mg
Vitamina do complexo B6	80-110 mg
Vitamina C	15.000-23.000 mg
Vitamina E (α -tocoferol)	40-1.200 mg
Ácido fólico	6,4-20 mg
K, Ca, Mg e P	8**
Ácido cítrico	9**
Frutose	25**
Glucose	22**
Proteínas	8**

*i.u.(unidade internacional) = 0,6 mg de β -caroteno.

**% na matéria seca.

Fonte: Adaptado de (SILVA & GIORDANO, 2006).

Dentre os princípios ativos ressaltam-se ácido abscísico, ácido acético, ácido arábico, ácido ascórbico, ácido caféico, ácido cítrico, alanina, campesterol, chlorina, citral, damascenona, eugenol, farnesal, glicoalcalóide tóxico em frutos verdes (solanina), iodina, kaempferol, licopeno, licopersiconolídeo, linalol, lupeol, pectina,

pró-vitamina A, quercetina, quercitrina, rutina, tomatina, vanilina, vitaminas C, A, K e do complexo B, potássio, cálcio, fósforo, ferro, sódio, cloro (RIGO, 2008).

3.3.4. Carotenoides no Tomate

Os carotenoides são compostos amplamente encontrados na natureza e não são sintetizados pelos animais, mas por plantas e micro-organismos, nos quais desempenham funções essenciais como pigmentos acessórios na fotossíntese e na foto proteção. Estas duas funções são consequências da estrutura conjugada de polieno dos carotenoides que permitem à molécula absorver luz e inativar oxigênio singlete e radicais livres (PAULA, 2004).

Os carotenoides apresentam pigmentos responsáveis pela cor amarelo-laranja-vermelho, encontrados nas plantas, microrganismos, vegetais e frutas, tendo como característica principal a oferta de efeitos benéficos à saúde. Esses compostos têm ganhado evidência por terem efeitos benéficos à saúde. A característica de maior destaque nestas moléculas é um sistema extenso de duplas ligações conjugadas que confere aos carotenoides as suas atraentes cores. Carotenoides hidrocarbonetos são denominados simplesmente de carotenos. (ROSEIN, 2006).

Cerca de mil carotenoides naturais já foram identificados. Aproximadamente 10% deles podem ser encontrados na dieta humana e cerca de vinte podem ser encontrados no plasma e tecidos de mamíferos. Os principais carotenoides são β -caroteno, licopeno, luteína, β -criptoxantina e α -caroteno, que contribuem para cerca de 90% dos carotenoides circulantes em humanos (ASTORG, 1997; PAULA, 2004). Há alguns anos, tem-se investigado a relação entre o β -caroteno e a gênese do câncer. Existem grandes quantidades de trabalhos em torno dessa temática como forma de esclarecer essa hipótese, formulada a partir de achados epidemiológicos e experimentais, de que o carotenoide poderia agir como anticarcinogênico de origem alimentar (GOMES, 2007; LEUNG, 2008)

Ao longo do tempo, o tomate, tem conquistado notoriedade tanto no ramo científico assim como relacionado aos aspectos de seus valores nutricionais. O consumo do tomate é recomendado por nutricionistas por ser um alimento rico em

licopeno, vitaminas do complexo A e complexo B e minerais importantes, como o fósforo e o potássio, além do ácido fólico, cálcio e frutose (LUZ, 2008).

3.4. A ABÓBORA

3.4.1. Breve histórico

A abóbora (*Cucurbita moschata*) tem como centro de origem as Américas, com significativa participação na alimentação de muitos países. A família *Cucurbitaceae*, grupo vegetal que ocorre nas regiões tropicais do mundo, é formada por cerca de 120 gêneros que contêm mais de 800 espécies. No Brasil, ocorrem cerca de 30 gêneros e 200 espécies (TEPPNER, 2004).

A abóbora é do gênero *Cucurbita* e da família *Cucurbitaceae*. Possui origem na Guiné, chegando ao Brasil, no século XVI, pelas mãos dos portugueses. O gênero *Cucurbita* é nativo das Américas. Entre as espécies mais cultivadas, tem-se a abóbora (*Cucurbita moschata*), a moranga (*Cucurbita máxima*) e o mogango (*Cucurbita pepo*) (MARTIN, 2008). Dentre essas espécies, a *Cucurbita moschata* destaca-se devido à possibilidade de certos acessos apresentarem altos teores de α -caroteno e β -caroteno e, portanto, de vitamina A. Entretanto, este conteúdo sofre interferência de fatores genéticos, sazonais dentre outros (JACOB VALENZUELA, 2011).

A abóbora é, em termos botânicos, o fruto da aboboreira, uma planta rasteira da família das cucurbitáceas, a mesma da melancia e do pepino. Vulgarmente classificada como hortaliça, a abóbora possui diferentes denominações no Brasil, como moranga, na região Sul, e jerimum, na região Norte e Nordeste. Originária da América, a hortaliça fez parte da alimentação de muitos povos, como os astecas, incas e maias (DANTAS, 2017).

3.4.2. Benefícios

Tem alto valor nutritivo, contém β -caroteno, precursor da Vitamina A, ótimo para fortalecer a visão, vitaminas do complexo B e sais minerais. Suas sementes, para os índios Cherokee, podem curar cólicas, diminuir pedras nos rins e acalmar febres desde que servidas em chás. Na Índia, a polpa da abóbora colocada diretamente

sobre a testa alivia dores de cabeça e, nas Filipinas, o caldo do pé de abóbora é recomendado na cura de dores de ouvido (UENOJO, 2007).

De alto valor nutritivo, a abóbora contém grande quantidade de vitamina A, indispensável à vista, conserva a saúde da pele e das mucosas, evita infecções e ainda auxilia o crescimento. Possui ainda Niacina, que faz parte das vitaminas do Complexo B, cuja função é evitar problemas de pele, do aparelho digestivo, do sistema nervoso e reumatismo. Tem, ainda, sais minerais como Cálcio e Fósforo, que participam da formação de ossos e dentes, construção muscular, coagulação do sangue e transmissão de impulsos nervosos (BARROSO, 1999).

É indicada para pessoas de todas as idades por ser de fácil digestão. Laxativa e diurética, contém sementes tidas como potentes vermífugos, que agem principalmente contra a tênia (solitária). Para essa finalidade, as sementes devem ser utilizadas frescas, sem a película que as cobre, moídas e misturadas com açúcar. Elas são boas também contra náuseas em geral e vômitos de gestantes. A abóbora é indicada na recuperação de enfermidades agudas do aparelho digestivo, especialmente inflamações dos intestinos (MARTIN, 2004).

Observa-se a quantidade de benefícios proporcionada pela abóbora para o organismo humano, sendo ricas em vitaminas, evitando um número considerável de patologias.

3.4.3 Composição química

A abóbora é um alimento que vai de encontro às exigências de uma alimentação saudável, sendo muito apreciada pelos consumidores pelo seu sabor suave e o seu elevado valor nutritivo. Destaca-se pela sua importância como fonte de pectina, sais minerais, α - e β -caroteno, luteína, vitaminas A e C, fibras e minerais, bem como compostos fenólicos e outros componentes benéficos para a saúde humana. São também atribuídas à abóbora outras funções bioativas, como antidiabética, anti-hipertensiva, antibacteriana e antioxidante (ZHOU, 2014).

No âmbito comercial, a composição química da abóbora assume um papel de relevante importância porque a dureza da polpa interfere diretamente nas características finais dos produtos processados. Essa dureza é influenciada

diretamente pela quantidade de amido e de sólidos solúveis presentes na polpa, e devido ao fato da conversão do amido em açúcares aumentar durante o período de armazenamento. Desse modo, os frutos recentemente colhidos são os preferidos para processamento por apresentarem uma textura menos mole (CARMO, 2009).

3.4.4. Carotenoides na Abóbora

O β -caroteno é encontrado em legumes e frutas amarelo-alaranjadas como, por exemplo, cenoura, abóbora, o melão, mamão, manga, pêssego, laranja, milho; vegetais folhosos verdes escuros como a couve, espinafre, chicória, brócolis, mostarda, agrião, folhas do nabo. A deficiência de vitamina A pode causar cegueira noturna (distúrbio denominado xeroftalmia), lesões na pele, diminuição do olfato e do paladar, aumento do atrito entre as pálpebras dos olhos, além da redução da capacidade de defesa do organismo (GALLAGHER, 2005).

Parte da diversidade genética da família *Cucurbitaceae*, das quais se encontra a abóbora, disponível na Região Nordeste está preservada no BAG de Cucurbitáceas da Embrapa Semiárido, onde cerca de 543 acessos estão preservados. Um estudo com alguns dos acessos deste BAG da Embrapa Semiárido mostrou grande variação nos teores de carotenoides totais (19,1 a 78,5 μ g g⁻¹) (AMARIZ, 2009).

No entanto, uma maior ação que amplie a identificação e o conhecimento da variabilidade genética existente nos acessos preservados é necessária para uma mais ampla utilização (AMARIZ, 2009). A identificação de materiais com altos teores de carotenoides poderá possibilitar a multiplicação e a distribuição direta destes, de modo a fornecer uma fonte extra e de baixo custo de vitamina A (SOUZA, 2010).

A concentração dos carotenoides totais entre os diferentes acessos de abóbora é bastante variável. Os acessos de mais altos teores de carotenoides totais são fontes apreciáveis de β -caroteno e consequentemente de vitamina A, portanto estas linhagens segregantes de carotenoides pró-vitamina A representam uma fonte apreciável destes importantes compostos para a alimentação humana, sendo possível um maior aproveitamento de seu potencial (AMARIZ, 2009).

3.5 A BETERRABA

3.5.1. Breve Histórico

A beterraba (*Beta vulgaris* L) é uma hortalça pertencente à família *Chenopodiaceae*, a mesma da acelga e do espinafre, cuja raiz tuberosa serve para diversos fins. Seu nome provém da palavra francesa “betterave” (FILGUEIRA, 1982; RESENDE e CORDEIRO, 2007; SILVA, 2011).

É recomendável optar por beterrabas de tamanho médio e cor concentrada. Sua casca deve estar lisa e sem ferimentos. Além disso, é melhor que as mesmas sejam consumidas cruas, em saladas, já que muitos de seus nutrientes são perdidos durante o cozimento. A beterraba também pode ser utilizada no preparo de sucos, bolos, suflês, sopas, etc. Em virtude do fato da raiz ser uma grande fonte de sacarose, desde 1747 a mesma é usada para se fazer o açúcar (TRANI, 2004; ZÁRATE, 2008).

A beterraba possui sua origem na Europa, norte da África e oeste da Ásia, são plantas típicas de climas temperados. No Brasil, a beterraba é mais cultivada nos estados de São Paulo, Minas Gerais e nos estados da região Sul (IBGE, 2009a; TIVELI, 2011).

Do latim *beta*, beterraba vermelha e do grego *xanthos*, amarelo, as betaxantinas são abundantes na beterraba *golden* e no cactus de pera. Na beterraba vermelha ela é a betalaína que aparece em segunda maior quantidade. As betaxantinas diferem das betacianinas pelo fato do ácido betalâmico estar ligado a um aminoácido. Além disso, apresentam coloração amarela e o comprimento de onda de máxima absorção em torno de 480nm (HAMERSKI, REZENDE & SILVA, 2013).

3.5.2. Benefícios

Beterraba contém potássio, magnésio, ferro, vitaminas A, B6 e C, ácido fólico, carboidratos, proteínas, antioxidantes e fibras solúveis (FERREIRA, 1990).

Baseado em estudos realizados por Leite (2019), discorre sobre os principais benefícios da beterraba: A beterraba é uma fonte excepcional de nutrientes literalmente da raiz às folhas. As suas folhas verde-escuras são ricas em cálcio, ferro e vitaminas A e C. A raiz, roxa e doce, é uma excelente fonte de ácido fólico, fibras,

manganês e potássio. Para se aproveitar bem a planta o ideal é preparar uma receita com a raiz e outra com a folhagem. Esta pode ser cozida da mesma forma que se faria o espinafre. Sendo assim, a beterraba também é utilizada para fins medicinais desde a antiguidade, principalmente para tratar doenças do fígado, pois ajuda a estimular os processos de descontaminação do órgão. A cor roxa da raiz da beterraba vem de um pigmento chamado betacianina um poderoso antioxidante apontado em algumas pesquisas como supressor do desenvolvimento de alguns tipos de câncer.

Por ser rica em fibras, a beterraba exerce efeitos favoráveis ao intestino, prevenindo a constipação e ajudando a reduzir os níveis de colesterol. Ela também traz benefícios ao intestino porque contém glutamina, um aminoácido essencial para a saúde do trato intestinal. Em pesquisas, as fibras de beterraba também se mostraram capazes de aumentar o nível de enzimas antioxidantes no organismo, assim como aumentar o número de glóbulos brancos, que são as células de defesa do nosso sistema imunológico (LEITE, 2019).

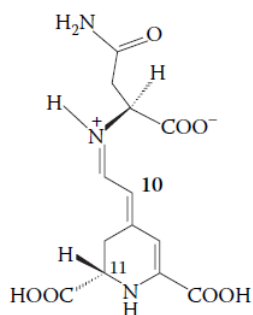
3.5.3. Composição química

As raízes de beterraba, *Beta vulgaris*, L., pertencentes a família *Chenopodiaceae*, são de importância econômica pelo seu alto valor nutritivo e industrial, além de ser uma olerícola de cultivo relativamente fácil (KANNER, 2001).

A composição química da *Beta vulgaris*, L. varia com a cultivar, podendo variar numa mesma cultivar dependendo das condições do cultivo. Além do açúcar que constitui a principal parte da raiz, a beterraba contém: amido, proteína, fibra, cinza, vitaminas, água, corantes amarelos – β -xantinas e, corantes vermelhos - betacianinas (TYHAK, 1962) e pectina sob a forma de protopectina (KARPOVICH *et al.*, 1981). Por sua vez, o poder antioxidante da beterraba é atribuído à presença de betalaínas, sendo estas associadas à prevenção de algumas doenças relacionadas ao estresse oxidativo em humanos, como alguns tipos de câncer (TIVELLI *et al.*, 2011).

Foram identificadas 20 β -xantinas na natureza, sendo a vulgaxantina I aquela que existe majoritariamente na *Beta vulgaris*, representando 95% das β -xantinas presentes (CAI, SUN e CORKE, 2005). A vulgaxantina I tem o ácido glutâmico como aminoácido substituinte (Figura 2).

Figura 2 – Fórmula Estrutural da Vulgaxantina I.



Fonte – Adaptado de KUGLER, STINTZING & CARLE, 2004.

Do ponto de vista industrial, as betalaínas têm sido cada vez mais utilizadas na substituição de corantes artificiais na indústria alimentícia. Há vasta empregabilidade em alimentos com pouco teor de umidade e que não tenham processamento prolongado em temperaturas elevadas, tais como sorvetes, iogurtes, leites aromatizados, carnes e pós instantâneos para sobremesas e pudins (TIVELLI *et al.*, 2011).

Sob o aspecto nutricional, beterraba em pó e seu resíduo após a extração de corantes, têm constituintes de alto valor energético e proteico que poderiam ser melhor aproveitados para a alimentação humana e animal.

3.5.4. Carotenoides na Beterraba

As beterrabas são ricas em vitaminas e minerais. A raiz contém folato (bom principalmente para mulheres grávidas), potássio, manganês, fibras, antioxidantes e vitamina C. As partículas químicas que conferem o pigmento vermelho também contêm agentes anticancerígenos, e de fato a beterraba tem sido usada no tratamento de câncer já há algum tempo. Apesar das beterrabas conterem mais açúcar do que a cenoura e o milho, elas mantêm um sabor extremamente “terrestre”, que vem de um componente químico chamado geosmina (MARTIN, 2005).

As folhas de beterraba são muito nutritivas e não devem ser postas de lado, de forma alguma quando se prepara a raiz. Elas contêm cálcio, β -caroteno, ferro e vitamina A (TIVELLI, 2011).

3.6. PLANEJAMENTO DE MISTURAS NA EXTRAÇÃO

Boas extrações de pigmentos dependem da capacidade do solvente de dissolvê-las sem modificar suas estruturas (RENDUELES, 2017). De preferência, as extrações de compostos ativos devem ocorrer, de modo a obter um rendimento máximo do composto de interesse (PERIAGO *et al.*, 2004). A escolha do solvente na extração de certos compostos é um ponto fundamental devido à influência de inúmeras propriedades químicas inerentes ao material vegetal (SOARES; BRUNS & SCARMINO, 2008). Existem vários estudos sobre pré-tratamentos, solventes e métodos para a extração de pigmentos em plantas. No entanto, devido às suas estruturas complexas e ampla variedade de pigmentos em material vegetal, não há um método de referência otimizado para analisá-los (QUIROS & COSTA, 2006).

Os carotenoides podem ser extraídos com acetona, metanol ou etanol e solventes miscíveis com água, solventes não polares, como o hexano, também são usados na extração de pigmentos (RICHINS *et al.*, 2010). No entanto, ambos devem ser extraídos tão rapidamente quanto possível, a fim de minimizar a degradação oxidativa ou enzimática. Modelos matemáticos e planejamentos estatísticos são ferramentas poderosas para a extração de compostos bioativos, especificamente o projeto simplex-centroid, Tabela 2 (LONNI *et al.*, 2012). Essas ferramentas permitem estudos de combinações sistemáticas de diferentes solventes extrativos, avaliando os efeitos desses solventes e suas interações, proporcionando composições de extração ótimas.

Tabela 2 - Planejamento de Misturas Simplex-Centroid para Etanol, Acetona e Metanol

Experimento	Solventes		
	Etanol	Acetona	Metanol
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	1/2	1/2	0
5	1/2	0	1/2
6	0	1/2	1/2
7	1/3	1/3	1/3

No presente trabalho, o desempenho de extração do β -Caroteno, foi avaliado usando um delineamento simplex-centroid com etanol, acetona e metanol com o auxílio de uma técnica poderosa a Espectroscopia na região do Ultravioleta-Visível.

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL (Extração de Carotenoides)

4.1 Amostras e reagentes

As amostras de tomates, abóboras e beterraba foram adquiridas no comércio da cidade de PICOS-PI (GPS 07° 04' 37" S / 41° 28' 01" W).

Antes do processamento todas as amostras foram lavadas, secas com papel absorvente e selecionadas para fornecer um grupo homogêneo. Em seguida realizou-se a raspagem da polpa e executada a homogeneização em um liquidificador com posterior armazenamento em um recipiente plástico para cada amostra selecionada. Todas as raspagens não passaram por processamento térmico. Após isso, os recipientes contendo as amostras foram acondicionados a temperatura de -4 °C.

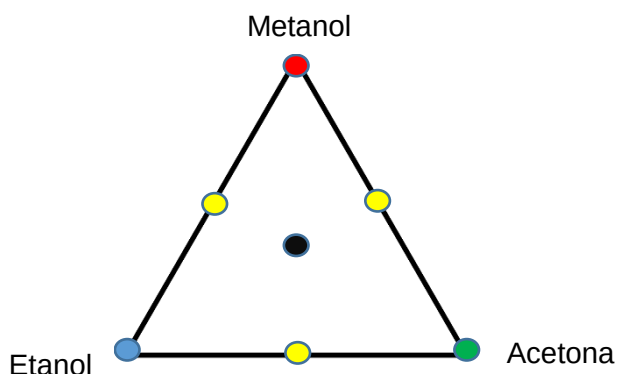
Todos os reagentes utilizados nesse trabalho foram de grau analítico, os materiais foram descontaminados em banho ácido 10% HNO₃ (v/v) por no mínimo 24 h, posteriormente, foram lavados com água destilada e secos a temperatura ambiente. Para os ensaios de otimização da extração de β -caroteno da polpa foram utilizados os solventes: etanol, acetona, metanol (DINÂMICA).

4.2 Otimização da extração do β -Caroteno

Visando obter a melhor condição para a extração do β -caroteno procedeu-se com a otimização do método de extração por solventes utilizando os mais estudados pela literatura (KUMAR & RAJAPAKSHA, 2005). Nessa perspectiva, foi utilizado o Planejamento de Misturas Simplex-Centroid, modelo ajustado que possui sete parâmetros e é denominado modelo cúbico especial e possui apenas um termo a mais que o modelo quadrático. Para o procedimento, 0,3 g de cada amostra foi pesada diretamente dentro dos tubos de polipropileno de 15 mL tipo Falcon, identificados, e em seguida adicionada 10 mL de solução extratora (proveniente do planejamento de misturas), o tubo contendo a solução foi envolto em papel alumínio e em seguida a mistura submetida a agitação por 15 min a 250 rpm e centrifugada a 3500 rpm por 10 min. Após o procedimento de extração, o sobrenadante coletado e armazenado a temperatura de 5 °C. O planejamento experimental utilizado para a extração pode ser observado na Figura 3.

De acordo com a Figura 3, os pontos localizados nos vértices da pirâmide correspondem aos ensaios realizados com apenas um tipo de solvente, os pontos das arestas representam as misturas binárias de solução extratora, na face está representado o ponto central, correspondente a mistura de solvente ternária. Os cálculos ANOVA foram realizados utilizando o software Statistica 6.0 (Tulsa, EUA).

Figura 3 - Planejamento de misturas para a extração de β -caroteno



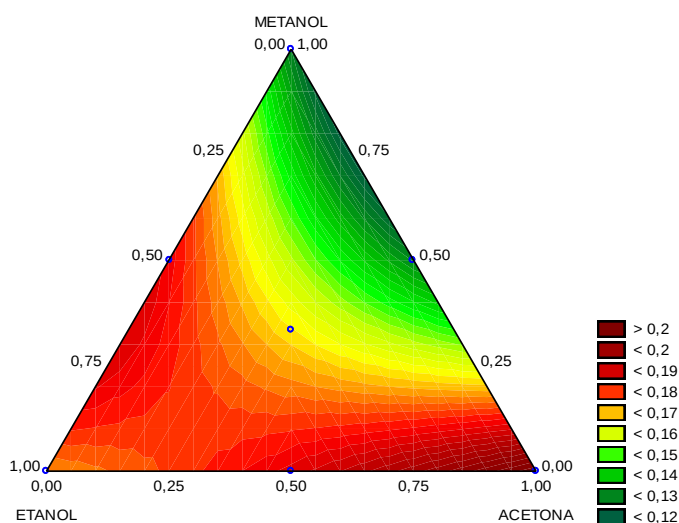
4.3. Análise Espectrofotométrica

As leituras das absorvâncias das soluções das misturas foram realizadas diretamente, usando uma cubeta de quartzo de caminho óptico de 1cm, por um Espectrofotômetro (Laborglass UV/VIS LGI-VS-721N) a 450 nm. Os testes foram realizados em triplicata. Os resultados coletados como a média $\pm$ o desvio padrão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 representa o gráfico de contorno na extração de β -Caroteno em Abóbora (*Cucurbita*), através dos diferentes solventes utilizados e suas misturas: etanol, acetona e metanol. Pode-se verificar que a acetona apresentou maior rendimento ou capacidade extratora, seguida pelas misturas dos solventes etanol e metanol.

Figura 4 - Gráfico de contorno para o modelo quadrático (ABÓBORA)



De acordo com o Quadro 1, verifica-se que com o aumento dos termos ao polinômio matemático (modelo linear para quadrático) houve a melhora nos parâmetros de R^2 e $R_{ajustado}$. Em que o aumento para o $R_{ajustado}$ está relacionado ao fato de as misturas binárias dos solventes proporcionarem melhores condições de extração, além de os valores para soma quadrática serem maiores que os valores para o erro observado para cada modelo estudado. Isso indica que o modelo se ajusta satisfatoriamente aos dados experimentais e pode ser usado para previsão e otimização, corroborando com os resultados da Figura 4.

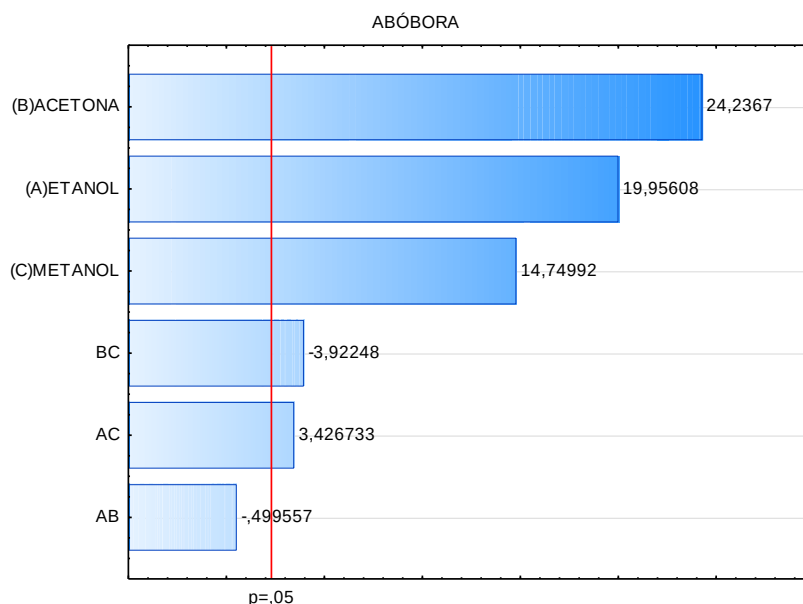
Quadro 1 – Análise de Variância (ANOVA) para os modelos linear e quadrático na extração de β -Caroteno em Abóbora.

Modelos	S.Q*	G.L**	Erro da S.Q.	G.L do erro	F crítico	P	R^2	R_{ajust}
L***	0,006586	2	0,005520	11	6,562733	0,013306	0,544050	0,461150
Q****	0,004315	3	0,001205	8	9,553776	0,005068	0,900506	0,838322

* Soma Quadrática, **Graus de Liberdade, ***Linear, ****Quadrático

A Figura 5 mostra quais termos para a construção do modelo foram significativos, ou seja, quais fatores ou interações entre os solventes influenciaram na resposta (teor de β -caroteno) em Abóbora.

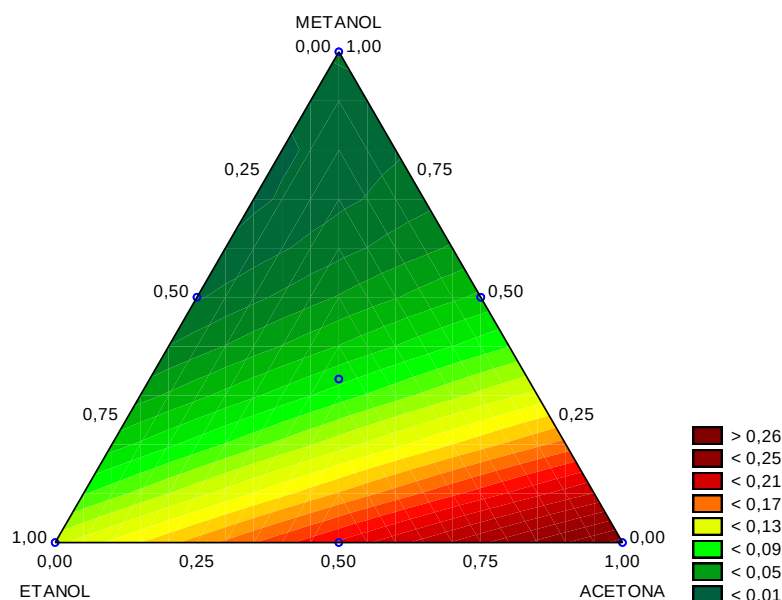
Figura 5 - Gráfico de Pareto (Abóbora)



Observa-se que a interação entre AB (etanol e acetona) não foi significativa, e que o valor de BC negativo remete a um efeito antagônico, ou seja, a resposta obtida pela interação desses dois solventes será sempre menor do que quando eles são avaliados separadamente.

A Figura 6 representa o gráfico de contorno na extração de β -Caroteno em Tomate. Constata-se novamente que a acetona apresentou maior rendimento ou capacidade extratora.

Figura 6 - Gráfico de contorno para o Modelo Quadrático (TOMATE)



No Quadro 2, são apresentados os resultados obtidos referentes a concentração média de β -caroteno nas amostras de tomate (*Solanum lycopersicum*), através dos solventes utilizados. Aqui o aumento dos termos ao polinômio matemático (modelo linear para quadrático) houve uma pequena melhora nos parâmetros de R^2 e $R_{ajustado}$. Neste caso esse pequeno aumento para $R_{ajustado}$ não proporciona melhores condições de extração pelas misturas binárias. Nesse caso também modelo se ajusta satisfatoriamente aos dados experimentais e pode ser usado para previsão e otimização, corroborando com os resultados da Figura 6.

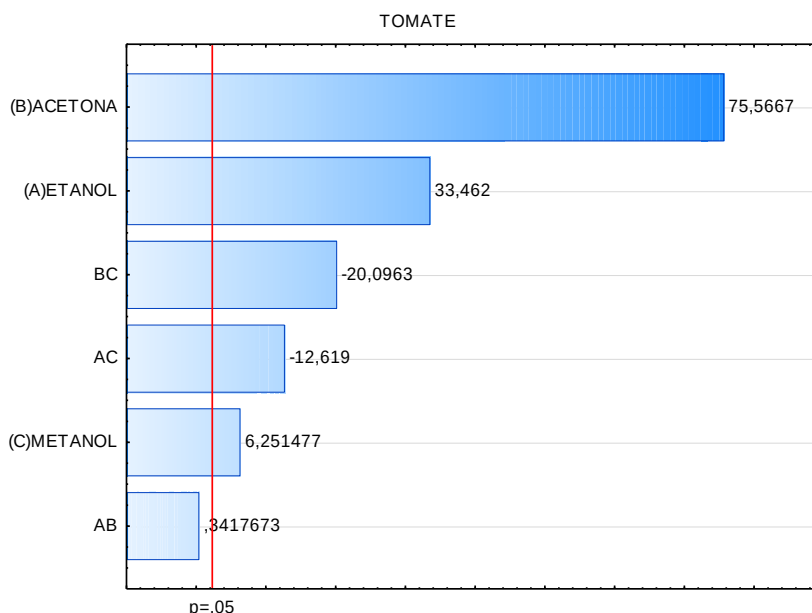
Quadro 2 - Análise de Variância (ANOVA) para os modelos linear e quadrático na extração de β -Caroteno em Tomate.

Modelos	S.Q*	G.L**	Erro da S.Q.	G.L do erro	F crítico	P	R^2	R_{ajust}
L***	0,086351	2	0,013560	11	35,0250	0,000017	0,864281	0,839605
Q****	0,013363	3	0,000197	8	181,3370	0,000000	0,998033	0,996804

* Soma Quadrática, **Graus de Liberdade, ***Linear, ****Quadrático

A Figura 7 mostra quais termos para a construção do modelo foram significativos, ou seja, quais fatores ou interações entre os solventes influenciaram na resposta (teor de β -caroteno) em Tomate.

Figura 7 - Gráfico de Pareto (TOMATE)

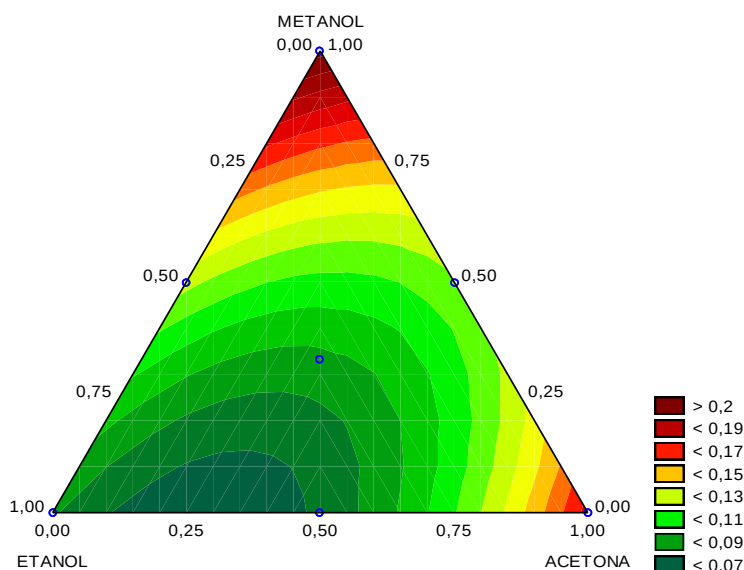


Observa-se que a interação entre AB novamente (etanol e acetona) não foi significativa, e que o valor de AC e BC, ambos negativos, remetem efeitos

antagônicos, ou seja, a resposta obtida pela interação solventes será sempre menor do que quando eles são avaliados separadamente.

A Figura 8 representa o gráfico de contorno na extração de β -Caroteno em Beterraba. Neste caso o solvente Metanol apresentou maior rendimento ou capacidade extratora.

Figura 8 - Gráfico de contorno para o Modelo Quadrático (BETERRABA)



O Quadro 3, evidencia que com o aumento dos termos ao polinômio matemático (modelo linear para quadrático), a melhora nos parâmetros de R^2 e $R_{ajustado}$ está relacionada ao fato das misturas binárias dos solventes proporcionarem melhores condições de extração, além de os valores para soma quadrática serem maiores que os valores para o erro observado para cada modelo estudado. Isso indica que o modelo se ajusta satisfatoriamente aos dados experimentais e pode ser usado para previsão e otimização, corroborando com os resultados da Figura 8.

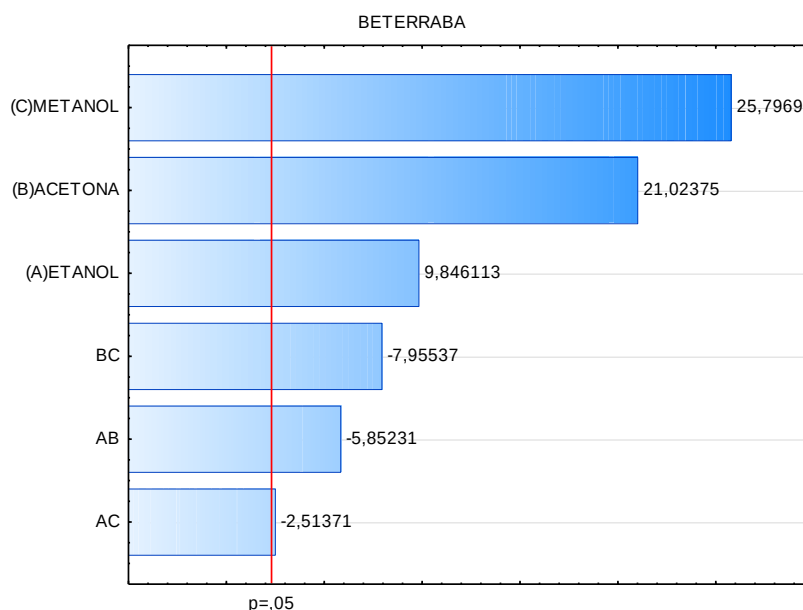
Quadro 3 - Análise de Variância (ANOVA) para os modelos linear e quadrático na extração de β -Caroteno em Beterraba.

Modelos	S.Q*	G.L**	Erro da S.Q.	G.L do erro	F crítico	P	R^2	R_{ajust}
L***	0,019380	2	0,014501	11	7,35066	0,009395	0,572006	0,494189
Q****	0,013397	3	0,001104	8	32,35639	0,000080	0,967412	0,947045

* Soma Quadrática, **Graus de Liberdade, ***Linear, ****Quadrático

A Figura 9 mostra quais termos para a construção do modelo foram significativos, ou seja, quais fatores ou interações entre os solventes influenciaram na resposta (teor de β -caroteno) em Beterraba.

Figura 9 - Gráfico de Pareto (BETERRABA)



Aqui tem-se a Figura 9 com as interações entre as misturas binárias AC (etanol e metanol) pouco significativa, e que os valores de AB, AC e BC negativos remetem a efeitos antagônicos, ou seja, as respostas obtidas pelas interações desses solventes foram menores do que se eles fossem avaliados separadamente.

Os resultados obtidos apontam a acetona com o melhor rendimento de extração do pigmento β -caroteno nas amostras de abóbora (*Cucurbita*) e tomate (*Solanum lycopersicum*), sendo o solvente metanol apresentando maior rendimento para a amostra de beterraba (*Beta vulgaris*, L).

Em face a esses resultados, observa-se que a acetona, por ser menos polar que os outros solventes, apresenta maior interação e capacidade de extração nessas amostras do pigmento β -caroteno, este por sua vez apresenta em sua estrutura uma cadeia relativamente apolar (LONNI *et al.*, 2012).

O melhor rendimento de extração de β -caroteno na amostra de beterraba, se deu com o solvente metanol. Esse fato pode ser muito bem explicado devido a possibilidade de sobreposição de bandas desses pigmentos nas absorvâncias na região do UV-Vis, visto que o do solvente metanol ser mais polar entre os outros solventes utilizados, além dos pigmentos majoritários presentes na beterraba serem as betacianinas e as β -xantinas do tipo Vulgaxantinas, onde são pigmentos hidrossolúveis, ou seja, dissolvem-se melhor em solventes mais polares como o metanol (BARIAA *et al.*, 2019).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou a otimização e aplicação da extração de β -caroteno das amostras de abóbora, tomate e beterraba. Os modelos estatísticos mostraram-se adequados indicando que os resultados estão dentro do previsto. Portanto as condições ótimas para a extração deste carotenoide em tomate e abóbora deu-se com a Acetona como solvente, com já era esperado de acordo com a literatura. Já a maior capacidade de extração desse pigmento em Beterraba, deu-se com solvente extrator, o Metanol. Comparando as condições ótimas, percebe-se a importância de avaliar a metodologia estudada, pois as diferenças são notáveis tanto para a seleção do solvente de extração que exerce um papel importante para que haja uma maior extractabilidade dos carotenoides, quanto para as diferenças entre massa e tempo de extração.

O benefício deste planejamento de misturas inclui menor tempo de extração, redução do número de solvente na mistura, baixo custo e maior rendimento de extração.

Essas evidências experimentais vão de encontro as características peculiares de cada amostra em relação a afinidade química de polaridade existente com os solventes empregados nos experimentos. A variação explicada nesta metodologia citada anteriormente foi comparável a outros trabalhos reportados na literatura.

Entretanto, observou-se que a quantidade de carotenoides em determinado produto pode ser muito variável e que há erros comuns e fatores que dificultam estas análises, tais como a variação da concentração de carotenoides presente em um mesmo alimento ou até mesmo a existência de um grande número de carotenoides.

A quantificação desses pigmentos não foi realizada pois não se dispunha do padrão de β -caroteno.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. R. Exigências Climáticas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: Ed. da UFLA, p. 31-36, 2004.

AMAYA, D. R., BOBBIO, F. O., BOBBIO, P. A. **Curso sobre pigmentos naturais. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, 56 p, 1982.

AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2008.

AMARIZ, A. et al. **Caracterização da qualidade comercial e teor de carotenoides em acessos de abóbora**. *Horticultura Brasileira*, v.27, p.541-547, 2009.

ASTORG P. **Food carotenoids and cancer prevention: Na overview of current research**. *Food Science & Technology*. 8:406-13, 1997.

BALCEWICZ, L. C. Saída Natural. **Ver. CREA-PARANÁ**, Curitiba, n.4, p.28, mar/abr. 1999.

BARIAA, B.; UPADHYAYB, N.; SINGHC, A. K.; MALHOTRAD, R. K. **Optimization of 'green' extraction of carotenoids from mango pulp using split plot design and its characterization**, *LWT - Food Science and Technology* 104 (2019) 186–194.

BARROSO, G.M. et al. Frutos e sementes: Morfologia aplicada a sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 1999. 443 p.

CAI, Y. Z.; SUN, M.; CORKE, H. Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. **Trends in Food Science and Technology**, v. 16, n. 9, p. 370-376, 2005.

CAMARGO, F.P. de.; FILHO, W.P.C. Produção de tomate de mesa no Brasil, 1990-2006: contribuição da área e da produtividade. *Horticultura Brasileira*, v.26, p.S1018-S1021, 2008. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_2/A1012_T1430_Comp.pdf>. Acesso em: 27 jan 2019.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 147-152, 2006.

CARVALHO, J.L.; PAGLIUCA, L.G. Tomate, um mercado que não pára de crescer globalmente. *Hortifruti Brasil*, p. 6-14, junho. 2007

CARDOZO, K.H.M. et al. Metabolites from algae with economical impact. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.146, p.60-78, 2007.

CARMO, G.A. (2009). **Crescimento, nutrição e produção de cucurbitáceas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada**. Tese de Doutorado em Fitotecnia: Área de concentração em Produção Vegetal – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação,.

CAMPOS, M.C. et al. **Pró-vitaminasA comercializadas no mercado formal e informal de Viçosa (MG), em três estações do ano**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.26, p.33-40,2006.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. **Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.1, p.05-09, jan-mar 2004.

CLINTON SK. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. **Nutr Rev**, 1998.

CHITARRA, M.I. ; CHITARRA, A. B., **Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990a. 293 p.

COSTA, Charllyton Luis S. da; CHAVES, Mariana H.; Extração de pigmentos da sementes de Bixa orellana L.: Uma alternativa para disciplinas experimentais de química orgânica. *Química Nova*, vol.28, n.1, set, 2005. p. 149-152.

CURRENCE, T.M. Tomato breeding. **I. Species, origin and botanical characters**. *Handbuch der pflanzenzuchtung*, v.2, p.351-369, 1963.

DANTAS,Tiago. "Abóbora"; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/saude/abobora.htm>>. Acesso em 09 de março de 2019.

DARVIN, M. E. et al. The role of carotenoids in human skin. *Molecules*, 16, 10491–10506, 2011.

DATAGRO. Balanço de oferta e demanda mundial de açúcar. Janeiro 2015. Disponível em: <http://www.datagro.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2019.

DELEO, JP; BRITO JUNIOR JS; PARANHOS GG. 2016, junho. Especial tomate: custo para se produzir um ha. *Hortifruti Brasil*. Disponível em <http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/especial-tomate-custo-para-seproduzir-um-hectare-de-tomate-ultrapassa-r-100-mil.aspx>. Acessado em 23 de janeiro de 2019.

DE SOUZA et al.; Riboflavina: Uma vitamina multifuncional. *Química Nova*, vol. 28, nº. 5. São Paulo, 2005.

DUEÑAS, M. et al. ***Exopolysaccharide production by *Pediococcusdamnosus* 2.6 in a semidefinedmedium under different growth conditions***.International Journal of Food Microbiology, v.87, n. 1-2, p. 113-120, 2003.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2018). Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 14/02/2019.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAOSTAT (2014) - Produtividade Mundial. Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>.

FERREIRA, M.D.; TIVELLI, S.W. Cultura da beterraba: condições gerais. 3.ed. Guaxupé: Gráficas Pirassununga, 1990. 14p.

FIGUEIREDO, I. B. Conceito geral sobre carotenóides. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, n.35, p.47-69, 1973.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 2.ed. ver. e ampl. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1982.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo **Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças** – Viçosa, UFV, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAOSTAT. Produtividade mundial. Disponível em: Acesso em: 20 fev. 2019.

FILHO, W.P.C; CAMARGO, F.P. **Planejamento da produção sustentável de hortaliças folhosas: organização das informações decisórias ao cultivo. Informações Econômicas**, v.38, n.3, p.27- 36, 2008. Disponível em: . Acesso em: 27 de janeiro de 2019.

GALLAGHER, M. L. Vitamina A. In: Krause Alimentos, nutrição e dietoterapia. Editado por MAHAN, L. K., ESCOTT-STUMP, S. 11 ed. São Paulo, Roca, 2005.

GIOVANNUCCI E, Ascherio A, Rimm EB, Stampfer ML, Colditz GA, Willett WC. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. **J Natl Cancer Inst**, 1995.

GRANADO, F., OLMEDILLA, B., BLANCO, I., ROJAS-HIDALGO, E. **Carotenoid composition in raw and cooked Spanish vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p. 2136-2140, 1992. GROSS, J. Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 351p

GOMES, F.S. Carotenoides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, v.20, p.537-548, 2007.

GROSS, J.Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids,New York, Published by Van Nostrand Reinhold,1991.

HARVEY, M.; QUILLEY, S.; BEYNON, H. Exploring the tomato: transformations of nature, society and economy. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2002. 324p.

HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Using colors of nature to satisfy consumer desires: Natural substances as colorants in the food industry. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 3, p. 394-420, 2013. ISSN 19846835 (ISSN).

HILTY, JOHN (2006). Solanum lycopersicum—Overview Tomato. Encyclopedia of life. Consultado em: Janeiro 31, 2019 em <http://eol.org/pages/392557/overview>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. CENSO AGROPECUÁRIO 1995/96 e 2006 - Brasil. 2009a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8/01/2009.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA). Relatório da produção de lavouras temporárias dos anos 2008 a 2011. 2013. Disponível em: . Acesso em: 05 de Fevereiro de 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. v.29 n.7 p.1-87 julho.2017.

JACOBO-VALENZUELA, N. et al. Physicochemical, technological properties, and health-benefits of **Cucurbitamoschata** Duchense vs Cehualca. A review. **Food ResearchInternational**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996911002699>>. Acesso em: 10 jan.2019. doi: 10.1016/j.foodres.2011.04.039.

KARPOVICH, N.S.; TELICHUCK, L.K.; DONCHERUKO, L.V.; TOTKAILO, M.A., 3 - 36,9 (1981) Pectin and raw material resources.

KANNER J, Harel S, Granit R. Betalains--a new class of dietary cationized antioxidants. J Agric Food Chem. 2001; 49(11):5178-85.

KOCHANA, et al. **Synthesis of standards of the most important markers of Leuckartp-methoxymethamphetamine (PMMA): Examination of the influence of experimental conditions and a drugdiluent on SPE/TLC profiling**. Forensic ScienceInternational, v. 134, n. 2-3, p. 207-213, 2003.

KUGLER, F., STINTZING, F.C., CARLE, R. Identification of betalains from petioles of differently colored Swiss chard (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla* [L.] Alef. cv. 'Bright Lights') by high-performance liquid chromatography–electrospray ionization mass spectrometry, *J. Agric. Food Chem.*, 52, 2975, 2004.

KUMAR, N. S.; RAJAPAKSHA, M. Separation of catechin constituents from five tea cultivars using high-speed counter-current chromatography, *J. Chromatogr. A*

1083 (2005) 223–228

LEITE, Tatiana Zenim. **Beterraba diminui a pressão e previne câncer.** Tua saúde. 2019. Disponível em <<https://www.tuasaude.com/beneficios-da-beterraba/>> Acesso em 5 de fevereiro de 2019.

LEUNG, I.; PHIL, M. Macular pigment: new clinical methods of detection and the role of carotenoids in age-related macular degeneration. *Optometry*, v.79, p.266-272, 2008.

LONNI, A. A. S. G.; LONGHINI, R.; LOPES, G.C.; DE MELLO, J.C.P.; SCARMINIO, I.S. Statistical mixture design selective extraction of compounds with antioxidant activity and total polyphenol content from *Trichilia catigua*, *Anal. Chim. Acta* 719 (2012) 57–60.

LUPA 2007/2008: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo. São Paulo: CATI/IEA/SAA, 2009. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>> . Acesso em: fevereiro, 2019.

LUZ, L.M. Tomates Contra o Câncer. *Química e Saúde*. Disponível em <http://arrozdoce.wordpress.com/2008/01/24/tomates-contr-o-cancer/>, 2008.

MARTIN, P. Beterraba. **Rev Nut em Pauta**, São Paulo, n.74, out.2005. Disponível em: http://www.nutricaoempauta.com.br/lista_artigo.php?cod=450 Acesso em: 14 jan. 20019.

MARTIN, P, Abóboras, 2004. Disponível em: <http://www.nutricaoempauta.com.br/novo/56/nutrigasto.html> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

PAGLIUCA, J. L. (06 de junho de 2007). Fonte:cepea: https://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/58/mat_capa.pdf.

PAULA TP, Peres WAF, Carmo MGT. **Carotenoids in treatment and prevention of cancer.** *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*. 2004;19(2):100-8.

PAZINATO, B.C.; GALHARDO, R.C. **Processamento Artesanal do Tomate.** 2ª impressão. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 30 p., 1997.

PERIAGO, M. J.; RINCON, F.; AGUERA, M. D.; ROS, G. Mixture approach for optimizing lycopene extraction from tomato and tomato products, *J. Agric. Food Chem.* 52 (2004) 5796–5802.

PORTO, A.; OLIVEIRA, L. Tabela da composição de alimentos. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2006.

QUIROS, A. R. B.; COSTA, H. S. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: a review, *J. Food Compos. Anal.* 19 (2006) 97–111.

RENDUELES, M.; Diaz, M. Optimization of the extraction of phenolic compounds from *Scirpus holoschoenus* using a simplex centroid design for antioxidant and antibacterial applications, *LWT Food Sci. Technol.* 86 (2017) 635–642.

RESENDE, G. M. de; CORDEIRO, G. G. Uso da água salina e condicionador de solo na produtividade de beterraba e cenoura no semi-árido do submédio São Francisco. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 2007. 4p. Comunicado Técnico, 128.

RICHINS, R. D.; HERNANDEZ, L.; DUNGAN, B.; HAMBLY, S.; HOLGUIN, F.O.; O'CONNELL, M.A. A “green” extraction protocol to recover red pigments from hot *Capsicum* fruit, *Hortscience* 45 (2010) 1084–1087.

RIGO, V.A.A. Estudo fitoquímico preliminar do *Solanum acanthodes* Hook. (Família Solanaceae). 2008. 49p. Monografia de Graduação. Coordenação de Ciências Biológicas da Faculdade São Lucas, Porto Velho, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington: Internacional Life Sciences Institute Press, 2001. 64 p. RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.;

ROSEIN, G; Miyamoto, S.; Bechara, E.; Di Mascio, P.; *Química Nova*, **2006**, Vol. 29, No. 3, 563-568.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. Cultivo de tomate para industrialização. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/index.html>. Acesso em: 16/1/2019.

SILVA, M. L. da; BEZERRA NETO, F.; LINHARES, P. C. F.; SÁ, J. R. de; LIMA, J. S. S. de; BARROS JÚNIOR, A. P. Produção de beterraba fertilizada com jirirana em diferentes doses e tempos de incorporação ao solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande – PB, Vol. 15, n. 8, p. 801-809, 2011.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (Org.). Cultivo de tomate para industrialização. Brasília, DF: Sistemas de Produção, 2ª edição, Embrapa Hortaliças, 2006.

SMIDT, C.R.; BURKE, D.S Nutritional significance and measurement of carotenoids. **Curr. Topics Nutraceutical Res.**, v. 2, p.79-91, 2004.

SOARES, P. K.; BRUNS, R. E.; SCARMINIO, I. S. Statistical mixture design - varimax fator optimization for selective compound extraction from plant material, *Anal. Chim. Acta* 613 (2008) 48–55.

SOMMERBURG, O.G. ; SIEMS, W.G. ; HURST, J.S. ; LEWIS, J.W. ; KLIGER, D.S. ; VAN KUIJK, F.J. Lutein and zeaxanthin are associated with photoreceptors in the human retina, University of Texas Medical Branch, **Department of Ophthalmology & Visual Sciences** TX, Galveston 77555-1067, EUA, 1999.

SOUZA JL. 2003. Tomateiro para mesa em sistema orgânico. *Informe Agropecuário* 24: 108- 120.

SOUZA, P. H., Souza Neto, M. H., & Maia, G. A. (2003). Componentes funcionais nos alimentos. Boletim da SBCTA, 37, p.127-135.

SOUZA, D.R.; ANJOS, L.A.; WAHRLICH, V.; VASCONCELLOS, M.T.L.; MACHADO, J.M. Ingestão alimentar e balanço energético da população adulta de Niterói, rio de Janeiro, Brasil: resultados da Pesquisa de Nutrição, Atividade Física e Saúde (PNAFS). **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 5, p. 879-890, maio 2010.

SOUZA, Carolina Oliveira. **Carotenoides totais e vitamina A de cucurbitáceas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido**. I Departamento de Análises Bromatológicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), 40170-115, Salvador. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/2012nahead/a13912cr4480.pdf>. Acesso em 4 de janeiro de 2019.

TEPPNER H. 2004. Notes on Lagenaria and Cucurbita (Cucurbitaceae). Phyton 44: 245- 308.

TIVELLI, S. W. et al. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Boletim Técnico IAC, Campinas: Instituto Agrônômico 2011.

TRANI, P.E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S.W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. Horticultura Brasileira, Brasília, vol.23, n.3, p.726-730, jul-set 2004.

TYIHAK, E. Active ingredients of red beets, Preliminary report Sei. Pharm 30. 185-7 (1962).

UENOJO, M. et al. Carotenoides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de Compostos de aroma. Química Nova, v.30, p.616-622, 2007.

VILELA, N.J. Situação das safras de hortaliças no Brasil nos anos 2000-2011. 2012. Disponível em: Acesso em: 27 de fevereiro de 2019.

WIKIPEDIA. **Tomate**. 2009. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tomate>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

YAMANO, S., ISHII, T., NAKAGAWA, M., IKENAGA, H., MISAWA, N. Metabolic engineering for production of b-carotene and lycopene in *Saccharomyces cerevisiae*. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, v.58, n.6, p.1112-1114, 1994

YI-ZENG, L.; KAI-TAI, F.; QING-SONG, X. *Uniform design and its applications in chemistry and chemical engineering*. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, v. 58, n. 1, p. 43-57, 2001.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. do C.; RECH, J.; GRACIANO, J. D.; GOMES, H. E.; PONTIM, B. C. A. Número de fileiras no canteiro e espaçamento entre plantas na

produção e na rentabilidade da beterraba em Dourados, estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, vol. 30, n. 3, p. 397-401, 2008.

ZHOU, C.; LIU, W.; ZHAO, J.; YUAN, C.; SONG, Y.; CHEN D.; NI Y.; LI Q. (2014). The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and physical-chemical characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 21, 24-34.