



# ESTUDO DA EXTRAÇÃO DA QUERCETINA A PARTIR DA CEBOLA ROXA (*Allium cepa* L.) E SEU USO COMO CONSERVANTE ALIMENTAR NATURAL

## STUDY OF EXTRACTION OF QUERCETIN FROM PURPLE ONION (*Allium cepa* L.) AND ITS USE AS A NATURAL FOOD PRESERVATIVE

G. T. GALO<sup>1</sup>, A. C. S. LIMA<sup>1</sup>, K. M. MACHADO<sup>1</sup>, L. B. VIEIRA<sup>1</sup>, V. C. MARTINS<sup>1</sup>, N. L. FERREIRA<sup>1</sup>  
e A. C. LUCARINI<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário FEI, Departamento de Engenharia Química, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil

\*Autor correspondente: Centro Universitário FEI, Departamento de Engenharia Química, Avenida Humberto de Alencar Castelo Branco, 3972, 09850-901, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil, Fone: +55 11 4353-2915  
e-mail address: [lucarini@fei.edu.br](mailto:lucarini@fei.edu.br) (A.C. Lucarini).

### ARTICLE INFO

Article history:

Received 2018-01-19

Accepted 2018-02-15

Available online 2018-12-28

#### palavras-chave

Quercetina

Flavonóide

Lixiviação

Conservante alimentar

#### keywords

Quercetin

Flavonoid

Leaching

Food preservative

### ABSTRACT

*The present work studied the solid-liquid extraction of the flavonoid quercetin from purple onion. Experimental studies of solvent, temperature, raw material mass per solvent volume and extraction time showed the best condition for leaching: ethanol 60% (v/v); 40°C; raw material mass (g)/solvent volume (ml) 1:10; 2 hours and 200 rpm shaking; with a quercetin recovery of 209.83 mg<sub>quercetin</sub>/g<sub>raw material</sub> and 335.19 mg<sub>quercetin</sub>/g<sub>SST</sub> (Total Solid Soluble). With these values the complete extraction process was simulated with the aid of Aspen Plus® software. Starting from a base of calculation of 1000 kg/day of raw material it was obtained a production of 21.7 kg/day of quercetin, in the form of alcoholic extract 40 °BRIX. An ethanol recycle of 788.2 kg/day was estimated, requiring 17.8 kg/day of anhydrous ethanol and 94.3 kg/day of water in the process.*

### RESUMO

*Neste trabalho estudou-se a extração sólido-líquido do flavonoide quercetina a partir da cebola roxa. Estudos experimentais de solvente, temperatura, massa de matéria-prima por volume de solvente e tempo de extração mostraram a melhor condição para a lixiviação: etanol 60% (v/v); 40°C; massa de matéria-prima (g)/volume de solvente (mL) 1:10; 2 horas e rotação de 200 rpm; obtendo-se uma recuperação de quercetina de 209,83 mg<sub>quercetina</sub>/g<sub>matéria-prima</sub> e 335,19 mg<sub>quercetina</sub>/g<sub>SST</sub> (Sólido Solúvel Total). Com esses valores simulou-se o processo completo de extração com auxílio do software Aspen Plus®. Partindo-se de uma base de cálculo de 1000 kg/dia de matéria-prima obteve-se uma produção de 21,7 kg/dia de quercetina, na forma de extrato alcoólico 40°BRIX. Estimou-se um reciclo do etanol de 788,2 kg/dia, sendo necessário repor 17,8 kg/dia de etanol anidro e 94,3 kg/dia de água no processo.*

## 1. INTRODUÇÃO

Existem vários métodos de conservação alimentar que atendem ao objetivo de manter o alimento adequado ao consumo pelo maior tempo possível, por exemplo, minimizando o crescimento de microrganismos indesejáveis ou a oxidação, que poderia afetar propriedades organolépticas (cor, odor e sabor). Os métodos de conservação podem ser classificados em físicos, tais como: conservação pelo calor, conservação pelo frio, conservação pelo controle de umidade, conservação por desaeração, assim como a conservação pelo uso de irradiação; ou químicos, tais como: conservação através da adição de um soluto, conservação por defumação, conservação por fermentação ou conservação pela adição de aditivos (VASCONCELLOS; MELO FILHO, 2010).

Devido ao crescimento populacional houve a necessidade de uma maior demanda de alimentos bem como de sua durabilidade, de modo que as indústrias alimentícias tiveram que se reinventar para se adequar ao novo cenário. Assim, por intermédio da ciência associada aos avanços tecnológicos, foram desenvolvidos e produzidos os chamados aditivos alimentares, garantindo então que os alimentos teriam uma maior durabilidade atendendo às necessidades de seus consumidores (ALMEIDA, 2013). A utilização dos aditivos alimentares atende à necessidade de conservar os alimentos de modo que apresentem uma resistência maior às condições do ambiente. A adição de produtos químicos aos alimentos como método de preservação e também para conferir determinadas características é utilizada há muito tempo e desde a antiguidade, as pessoas perceberam que algumas substâncias tinham a capacidade de conservar certos alimentos (VASCONCELLOS; MELO FILHO, 2010).

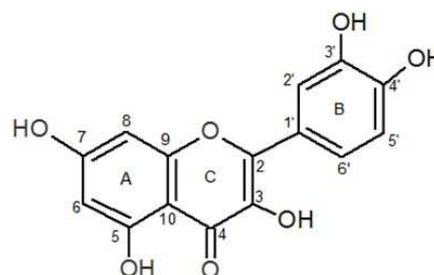
Nos dias atuais o emprego dos aditivos químicos é visto com cautela, uma vez que, quase que em sua totalidade, dentre os diversos tipos existentes no mercado, os aditivos são de origem sintética e estudos apontam ameaças à saúde associadas ao uso em excesso e em longo prazo de tais substâncias. O uso excessivo destes aditivos gera grande preocupação apesar serem submetidos a testes laboratoriais antes de serem adicionados aos alimentos comercializados. Outra preocupação com o uso dos aditivos é que a maioria dos alimentos não informa ao consumidor sobre sua toxicidade crônica (SHIBAMOTO; BJELDANES, 2014). Neste cenário, há uma demanda por parte da sociedade por alimentos mais saudáveis, livres de aditivos químicos que podem ser prejudiciais à saúde. Existe portanto, a necessidade de buscar substâncias de origem natural ou menos agressivas, para utilizar no processamento dos alimentos, e então adequar este uso a alguns princípios da chamada Química Verde (POLÔNIO; PERES, 2009).

Estudos apontam e comprovam que existem moléculas de origem natural presentes em plantas, hortaliças e semelhantes que apresentam atividade biológica na conservação alimentar. Substâncias antioxidantes, tais como os flavonoides, se enquadram na conservação pela adição de aditivos, que tem por definição serem substâncias intencionalmente adicionadas aos alimentos para conferir alguma característica ou melhorar outras, como as propriedades de armazenamento

(VASCONCELLOS; MELO FILHO, 2010). Além disso, algumas substâncias químicas adicionadas intencionalmente para melhorar a qualidade ou alguma outra característica de um determinado alimento podem contribuir ou aumentar também o seu valor nutricional.

Os flavonoides vêm despertando um grande interesse devido a estudos epidemiológicos que mostram que uma dieta rica nestes compostos está associada ao baixo risco de doenças cardiovasculares e algumas formas de câncer. Acredita-se que as propriedades relacionadas à saúde humana exercidas pelos compostos fenólicos, destacando-se os flavonoides, são baseadas principalmente na sua atividade antioxidante, atuando como sequestradores de radicais livres e quelantes de metais capazes de catalisar a peroxidação de lipídeos (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

Os flavonoides pertencem a uma extensa classe de produtos naturais distribuída no reino vegetal, podendo estar em todas as partes das plantas, desde as raízes até as flores e frutos, sendo encontrados nos vacúolos das células. Os flavonoides podem existir na forma livre (aglicona) ou ligados a açúcares (glicosídeos) (VILA, 2006). Os flavonoides podem ser divididos em 14 classes, dependendo da substituição e do nível de oxidação. Os que se incluem na dieta humana são divididos essencialmente em seis grupos: as flavanas; os flavonóis; as flavonas; as antocianidinas; os isoflavonoides e as flavanonas (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). Uma destas substâncias trata-se do flavonoide quercetina (3,5,7,3'-4'-pentahidroxi flavona), apresentado na Figura 1.



**Figura 1 – Estrutura da quercetina (SIMÕES et al., 2013).**

A quercetina é um composto encontrado em diversas fontes naturais e que apresenta ação antioxidante, anti-inflamatória, anticarcinogênica, etc. Uma das fontes desse composto, que foi alvo de estudo, é a cebola roxa do gênero *Allium Cepa L.* A cebola é uma fonte de diversos fitonutrientes reconhecidos como componentes que são importantes na alimentação humana, sendo usada principalmente na prevenção e tratamento de diversas doenças (LANZOTTI, 2006). Suas ações bioativas estão diretamente ligadas aos compostos organosulfurados e flavonoides encontrados nessa hortaliça (LANZOTTI, 2006), sendo a cebola a principal fonte de quercetina na dieta humana, contribuindo com cerca de 30% dos flavonoides consumidos (HERTOG; HOLLMAN; VENEMA, 1992). Dados encontrados para cebolas desidratadas demonstraram degradação considerável da quercetina durante o processamento da cebola. Estudos demonstraram que as maiores perdas de flavonoides aconteceram durante o pré-processamento, descascamento, corte e branqueamento de

cebolas, provavelmente devido à perda das camadas mais externas das cebolas, mais ricas nestes compostos (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). Também verificou-se que o cozimento e fritura de cebolas previamente branqueadas não afetou o conteúdo de flavonoides (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). Como exposto por HUBER e RODRIGUEZ-AMAYA (2008), há uma variação do teor de quercetina na amostra entre diferentes lotes analisados, devido a sazonalidades e/ou condições do solo e seus nutrientes.

O processo de extração sólido-líquido, no qual as duas fases estão em íntimo contato, de modo a promover a difusão do soluto do sólido para o líquido, resultando em uma separação dos componentes que estavam inicialmente no sólido, é conhecida como lixiviação sólido-líquido ou apenas lixiviação. Quando se utiliza água para remover um componente indesejável de um sólido o processo é chamado de lavagem (GEANKOPLIS, 2003).

A lixiviação é muito utilizada em indústrias alimentícias e farmacêuticas. Na produção de óleos vegetais utilizam-se solventes como hexano, acetona e éter para a extração do óleo de sementes e grãos, como soja, sementes de girassol e de algodão. A lixiviação também é extensivamente utilizada na indústria de processamento de metais, uma vez que os metais de maior utilidade geralmente são encontrados em misturas com materiais não desejáveis. Nestes casos a lixiviação é utilizada para remover os metais como sais solúveis. (GEANKOPLIS, 2003)

A lixiviação pode ser dividida em três partes. A primeira é a transferência de massa do soluto presente no sólido para o solvente. O solvente entra nos poros do sólido extraindo o soluto. Posteriormente ocorre a difusão da solução formada pelo solvente e soluto, pelos poros do sólido para o lado externo da partícula e por último a evaporação do solvente para separação do soluto (RICHARDSON; HARKER; BACKHURST, 2002).

Existem diversos métodos de lixiviação, como: lixiviação em leitos fixos, lixiviação em leitos móveis, lixiviação de sólidos dispersos e lixiviação contínua em contracorrente. A escolha do método é determinada por alguns fatores, como a proporção de constituintes solúveis no sólido, a distribuição destes constituintes através do sólido, a natureza do sólido e o tamanho de suas partículas (RICHARDSON; HARKER; BACKHURST, 2002).

A preparação dos sólidos para a lixiviação depende de alguns fatores além do material a ser extraído, tais como: a proporção de constituintes solúveis presente, sua distribuição através do sólido original, a natureza do sólido e o tamanho original das partículas. Se o material solúvel estiver cercado de uma matriz de material insolúvel é necessário que o solvente entre nessa matriz para dissolver o material e então difundir-lo. Nesses casos é possível triturar ou esmagar o material para facilitar a difusão das substâncias, aumentando assim a taxa de lixiviação. Se as substâncias sólidas estiverem espalhadas por todo o sólido o solvente pode formar pequenos canais por onde pode passar, e então a passagem de um solvente adicional é facilitado e não é necessário triturar o sólido até pequenas dimensões (GEANKOPLIS, 2003)

Em materiais biológicos, geralmente os constituintes solúveis estão dentro das células, o que pode diminuir a taxa de lixiviação porque a parede celular serve como mais uma resistência à difusão. A secagem do material ajuda a romper a

parede celular, melhorando assim o processo de lixiviação, pois deste modo o solvente consegue chegar mais facilmente aos componentes solúveis (GEANKOPLIS, 2003).

Neste trabalho foi feito o estudo da operação de lixiviação (extração sólido-líquido) da quercetina presente na cebola roxa. Experimentalmente foram estudados alguns parâmetros da extração, como: o tipo e composição química do solvente, a temperatura de extração, a relação massa de matéria prima/volume de solvente e o tempo de extração. Foi realizada a identificação da quercetina e foi avaliada sua atividade antioxidante. Também foi realizado, com o auxílio do software *Aspen Plus*®, a simulação do processo de produção da quercetina utilizando-se os dados obtidos experimentalmente.

## 2. METODOLOGIA

A primeira etapa da parte experimental deste trabalho consistiu no preparo e acondicionamento da matéria-prima. Como toda a cebola roxa foi adquirida em um único lote para evitar a variabilidade de lotes, após a sua aquisição foi necessário armazená-la por congelamento, de modo que esta se mantivesse conservada durante todo o trabalho. Metade da matéria-prima foi armazenada como cebola inteira e a outra metade foi armazenada dividida em partes da cebola: a casca e a polpa; caracterizando-se assim três amostras diferentes.

### 2.1. Determinação da condição de secagem

As amostras foram submetidas à secagem sob pressão atmosférica local e para essa etapa foram ensaiadas quatro diferentes temperaturas: 60, 70, 80 e 105 °C. Também foi feita uma secagem a vácuo numa temperatura, a essa pressão, equivalente a 105°C. As amostras foram secas até que se obtivesse massa constante por três medidas consecutivas. Por fim, as amostras secas foram colocadas em dessecadores fechados a vácuo para evitar contato com a umidade do ambiente.

Extração para análise do teor de quercetina após secagem: A metodologia proposta por MUNIZ (2007) foi adaptada pelos autores, de modo que foram pesados 3 g de amostra seca (seja casca, polpa ou cebola inteira, salvo que no caso da inteira fixou-se que  $\frac{1}{3}$  da massa adicionada seria em casca e o restante, ou seja, os outros  $\frac{2}{3}$  seria em polpa) em um erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 20 mL de solução de etanol 70% (v/v). O sistema foi deixado em contato por 1 h a temperatura ambiente com agitação magnética e posteriormente filtrado à vácuo em funil de Büchner. No resíduo foram adicionados 10 mL de solução de etanol 70% (v/v) e filtrado novamente à vácuo em funil de Büchner. O filtrado resultante foi transferido para um balão volumétrico e avolumado até 50 mL com a solução de etanol 70% (v/v). Os extratos então foram analisados quanto ao teor de quercetina.

### 2.2. Lixiviação

Para a lixiviação da cebola, as variáveis estudadas foram: composição do solvente de extração, temperatura de extração, relação massa de matéria prima (g)/volume de solvente de extração (mL) e tempo de extração. Dessa forma, em um erlenmeyer de 500 mL foi adicionado uma certa massa de amostra (cebola seca a 105°C e triturada) e um determinado volume de solvente e colocado em agitador orbital com controle de temperatura e rotação de 200 rpm. Após algum tempo de contato entre as fases, o sistema foi submetido à uma

centrifugação e a fase líquida recolhida foi armazenada em frasco âmbar sob congelamento para análise posterior. Em função de análises prévias referentes ao estudo da temperatura de secagem, demonstrados ao longo do trabalho, e devido à maior facilidade de operação em âmbito industrial, foi definido o uso da cebola inteira seca a 105°C.

**Estudo da composição do solvente de extração:** Inicialmente foi estudada a composição química do solvente de extração: soluções aquosas de etanol nas proporções 40%, 60% e 70% (v/v); etanol anidro, etanol hidratado (92,8° GL) e água destilada. Para tal ensaio as demais variáveis como temperatura de extração, relação massa de matéria prima/volume de solvente de extração e tempo de extração foram estipulados em, respectivamente, 30°C, 5 g amostra para cada 50 mL de solvente e 2h, além de rotação de 200 rpm.

**Estudo da temperatura de extração:** Em função de análises prévias referentes ao estudo da composição química do solvente de extração, demonstrados ao longo do trabalho, foi escolhido a mistura etanol-água 60%(v/v). Com isso, foram estudadas as temperaturas de extração de 30°C, 40°C, 50°C, 60°C e ebulição do solvente (via aparelho de Soxhlet). As demais variáveis como relação massa de matéria prima/volume de solvente de extração e tempo de extração foram estipulados em, respectivamente, 5 g de amostra para cada 50 mL de solvente e 2h, além de rotação de 200 rpm.

**Estudo da relação massa de matéria prima/volume de solvente de extração:** Em função de análises prévias referentes ao estudo da composição química do solvente de extração e da temperatura de extração, demonstrados ao longo do trabalho, foi escolhido a mistura etanol-água 60% (v/v) e a temperatura de 40°C. Com isso, foram estudadas algumas relações de massa de matéria prima/volume de solvente: 1:10; 1:5; 1:2,5; 3:5 e 4:5 ( $\text{g}_{\text{matéria-prima}}/\text{mL}_{\text{solvente}}$ ). As demais variáveis como tempo de extração foram estipuladas em 2 h e rotação de 200 rpm.

**Estudo do tempo de extração:** Em função de análises prévias referentes ao estudo da composição química do solvente de extração, da temperatura de extração e da relação massa de matéria prima/volume de solvente, foi escolhido a mistura etanol-água 60% (v/v), temperatura de 40°C e relação massa de matéria prima/volume de solvente de 1:10 ( $\text{g}_{\text{matéria-prima}}/\text{mL}_{\text{solvente}}$ ). Com isso foram estudados os seguintes tempos de extração: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 300 minutos. Como rotação utilizou-se 200 rpm.

### 2.3. Determinações Analíticas

**Determinação espectrofotométrica do teor de flavonoide quercetina:** Em um tubo de ensaio foi adicionado 500 µL de extrato (amostra), 500 µL de água destilada e 4,5 mL de solução de carbonato de sódio 4 % em massa. Agitou-se o tubo por 1 minuto para promover um melhor contato entre as espécies e depois aqueceu-se a 40°C por 15 minutos. Depois de adicionados 500 µL de solução de Folin Ciocalteu 1:2, o tubo foi colocado em banho de ultrassom por 30 segundos. Após 10 minutos foi feita a leitura da absorvância em espectrofotômetro em comprimento de onda de 660 nm contra um branco. O teste em branco consistiu no uso de água no lugar da amostra (SOUZA et al, 2009).

Para a correlação da absorvância lida em concentração foi necessária a construção de uma curva de calibração. Foi preparada uma solução padrão de quercetina pura adicionando-se 10 mg de quercetina em um balão volumétrico de 100 mL e

avolumando-se com água destilada (solução padrão – 100 µg/mL). Em tubos de ensaio foram feitas diluições desta solução padrão para obter soluções de concentrações 2, 5, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 40, 50, 75 e 100 µg/mL. Seguiu-se o mesmo procedimento apresentado anteriormente, utilizando as soluções padrão no lugar das amostras. O teor de quercetina - TQ ( $\text{mg}_{\text{quercetina}}/\text{g}_{\text{matéria-prima seca}}$ ) foi calculado através da razão entre a massa de quercetina presente no extrato e a massa da matéria-prima usada para preparar o respectivo extrato.

**Determinação dos sólidos solúveis totais:** A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada através da adição de volumes de 5 ml dos extratos em placas de Petri devidamente higienizadas (lavadas com detergente e álcool comercial e secas em estufa 105°C por 4h) e secagem em estufa, primeiramente a 60°C por algumas horas até observar-se redução do volume de líquido na placa, seguido de temperatura de 70°C e 80°C por 12h e então, por fim, aumentando-se para 105°C para que todo o solvente de extração fosse evaporado. Ao longo do tempo, as placas foram pesadas em balança analítica, sendo que o ensaio foi dado por encerrado com a obtenção de duas massas constantes. Determinou-se o teor de sólidos solúveis totais (SST) através da Equação 1, onde: SST corresponde aos sólidos solúveis totais (g/L);  $m_{\text{inicial}}$  é a massa da placa de Petri vazia (g);  $m_{\text{final}}$  é a massa do conjunto placa de Petri + extrato após secagem (g); e,  $V_{\text{extrato}}$  é o volume da alíquota de extrato adicionado (L).

$$SST = \frac{m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}}}{V_{\text{extrato}}} \quad (1)$$

**Determinação da atividade antioxidante:** O extrato bruto da cebola roxa foi concentrado em rotaevaporador a vácuo até uma concentração de SST de 40°BRIX, aproximadamente 135 g/L de quercetina. A metodologia proposta por RUFINO et al. (2007) para determinar a atividade antioxidante em frutas foi adaptada pelos autores para a quercetina. O método consiste em acompanhar a ação de uma substância antioxidante na reação de redução do reativo 2,2-difenil-picrilhidrazila (DPPH), que vai de uma coloração roxa forte para uma coloração amarelada. Preparou-se uma solução controle, composta de 40 mL de solução aquosa de metanol 50% (v/v), 40 mL de solução aquosa de acetona 70% (v/v) e 20 mL de água destilada. Também foi preparada uma solução reativo de DPPH em metanol de concentração de 60 µM. As amostras utilizadas foram o extrato da cebola roxa concentrado, solução de flavonoide quercetina pura, solução de rutina, solução de ácido ascórbico e solução controle. Todas as soluções, exceto o controle, e o extrato concentrado estavam na mesma concentração, de 135 g/L.

Em um tubo de ensaio foi adicionado 3,9 mL da solução de DPPH 60 µM e 0,1 mL de amostra e o sistema agitado. Foi lido então a absorvância de minuto em minuto até estabilização, num comprimento de onda de 515 nm. Foi utilizado como branco para o equipamento metanol e como branco da amostra 0,1 mL da solução controle. O procedimento foi realizado no escuro a fim de evitar degradação fotoquímica dos reagentes. Com os valores de absorvância estabilizados para cada amostra, calculou-se a atividade antioxidante (AA), que corresponde à quantidade de DPPH consumida pelo antioxidante, calculada pela razão entre a diferença do valor da absorvância estabilizada para a solução controle e o valor da amostra pelo valor da absorvância estabilizada para a solução controle, como mostra a Equação 2.

$$AA = \frac{Abs_{controle} - Abs_{amostra}}{Abs_{controle}} \cdot 100 \quad (2)$$

## 2.4. Simulação

Após a definição experimental das variáveis do processo de extração da quercetina, utilizou-se o software *Aspen Plus*® 8.8 para a simulação do processo de extração da quercetina, considerando o reciclo do etanol do solvente de extração do processo. Para a simulação foi necessário a determinação das substâncias envolvidas no processo e para representar a condição real foi escolhido como solvente o etanol e água, como substância desejada a quercetina, como outras substâncias solúveis presentes na cebola roxa e que foram arrastadas para o extrato o açúcar glicose e como a parte sólida, ou seja, a cebola, a celulose. Com os resultados da parte experimental foram obtidos valores de TQ (teor de quercetina), SST (sólidos solúveis totais) e MQS (massa de quercetina no SST), usados no fluxograma de processo referentes a corrente de saída do extrator. Estes valores foram utilizados para calcular a composição dessa corrente e determinar alguns dos parâmetros necessários para a simulação.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Estudo da secagem da matéria-prima

As diferentes frações estudadas da matéria prima (casca, polpa e cebola inteira) foram submetidas à secagem em estufa em diferentes temperaturas: 60, 70, 80 e 105 °C em condições atmosféricas e a vácuo numa temperatura, nessa pressão, equivalente a 105°C. O critério para considerar o sólido seco foi a obtenção de três massas consecutivas constantes durante a pesagem. Na Tabela 1 apresenta-se o tempo de secagem para cada fração estudada em cada uma das temperaturas ensaiadas.

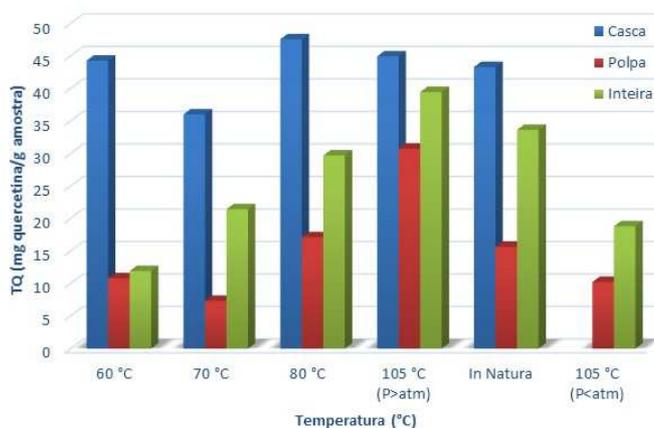
**Tabela 1 – Tempo de secagem em diferentes temperaturas das frações estudadas da cebola roxa.**

	Tempo de secagem (h)				
	60 °C	70 °C	80 °C	105 °C (P=atm)	105 °C (P<atm)
<b>Casca</b>	26,5	24,8	5,5	4,3	-
<b>Polpa</b>	28,5	23	18	22	52
<b>Inteira</b>	195	174	55	26	45,5

Para conclusão da melhor condição de secagem foi realizada a verificação do efeito da temperatura de secagem na degradação da quercetina através da determinação do teor de quercetina (TQ) nos extratos obtidos após secagem das três frações de estudo (casca, polpa e inteira) e os resultados destes foram comparados aos resultados dos extratos obtidos da condição *in natura*, ou seja, sem passar por processo de secagem, considerando-se teores de sólidos equivalentes. O resultado é apresentado na Figura 2.

De acordo com os resultados de teor de quercetina encontrados para cada fração estudada em diferentes condições de secagem, observou-se que a polpa só apresenta um teor satisfatório para temperatura de secagem a 105 °C. Já a casca, para qualquer temperatura de secagem e também na condição *in natura* apresenta o maior teor de quercetina, sendo que para essa fração a melhor temperatura de secagem foi 80°C. Contudo, tais ensaios laboratoriais têm como objetivo encontrar condições de preparo nas quais se obtenha o maior teor de quercetina e que se adequem à realidade industrial. Com isso, não seria viável utilizar somente a casca. Dessa forma, foi definido o uso da

cebola inteira seca a 105°C, pois nessa temperatura remove-se aproximadamente 89,7% de água e voláteis presentes na cebola, com um TQ de 39,46 mg<sub>quercetina</sub>/g<sub>amostra seca</sub>.



**Figura 2 – Influência da temperatura de secagem da cebola roxa no teor de quercetina.**

### 3.2. Estudo da lixiviação

No estudo das condições de lixiviação da cebola roxa, para selecionar o melhor valor de cada variável (composição do solvente de extração; temperatura de extração; relação massa de matéria prima/volume de solvente de extração; tempo de extração) foram comparados os valores de TQ e de MQS (massa de quercetina presente nos sólidos solúveis totais), esta última, uma grandeza que avalia quanto de quercetina está presente na quantidade de sólidos solúveis totais – SST - arrastados pelo solvente, e portanto, relacionada com a pureza do extrato obtido. Para o cálculo de MQS efetuou-se a razão entre a concentração de quercetina no extrato (mg.ml<sup>-1</sup>) e os sólidos solúveis totais (g.ml<sup>-1</sup>). É desejável que tanto TQ quanto MQS sejam os maiores valores possíveis para garantir uma melhor extração com maior pureza do extrato obtido.

**Determinação da composição do solvente de extração:** A Figura 3 compara os valores de TQ e MQS obtidos durante o estudo do tipo e composição química do solvente. Analisando-se os resultados obtidos conclui-se que o solvente que apresenta um melhor resultado é a mistura etanol-água 60%(v/v), uma vez que o extrato obtido por este solvente de extração apresenta o maior teor de quercetina (TQ = 105,97 mg<sub>quercetina</sub>/g<sub>matéria-prima seca</sub>). Mesmo que a massa de quercetina nos sólidos solúveis totais tenha apresentado o melhor valor para o etanol anidro, inferindo assim que o extrato nessa situação é mais puro, o teor de quercetina é o menor. Ainda analisando a massa de quercetina nos sólidos solúveis totais, só que comparando o desempenho de 60 % (v/v) com água vê-se que a água tem um valor maior, contudo ao utilizá-la seria necessário uma limpeza e higienização mais recorrente do extrator, uma vez que o produto natural em contato com a água propiciaria o desenvolvimento de microorganismos que influenciariam negativamente o desempenho do processo, e a mistura etanol-água 60 % (v/v) apresenta características anti-microbianas e antissépticas, o que resultaria num intervalo maior entre as limpezas.

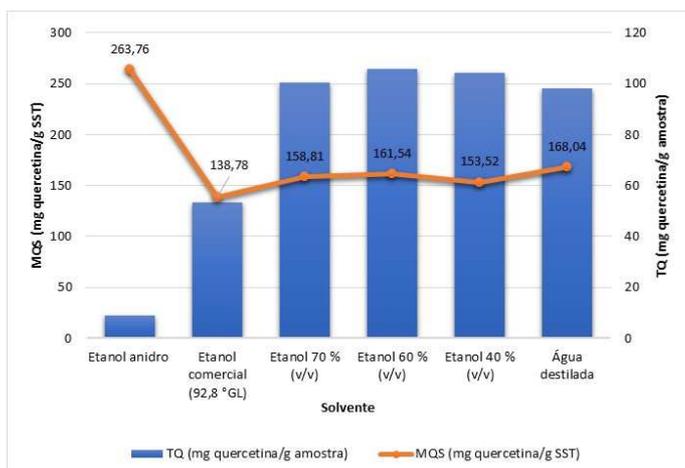


Figura 3 – Comparação entre os valores de TQ (barras) e MQS (linha) para os solventes de extração testados.

**Determinação da temperatura de extração:** Definida a composição química e o tipo de solvente a ser utilizado (mistura etanol-água 60% (v/v)). Foi realizado um estudo de extração em diferentes temperaturas de extração. A Figura 4 apresenta um comparativo entre os resultados obtidos para TQ e MQS em diferentes temperaturas de extração.

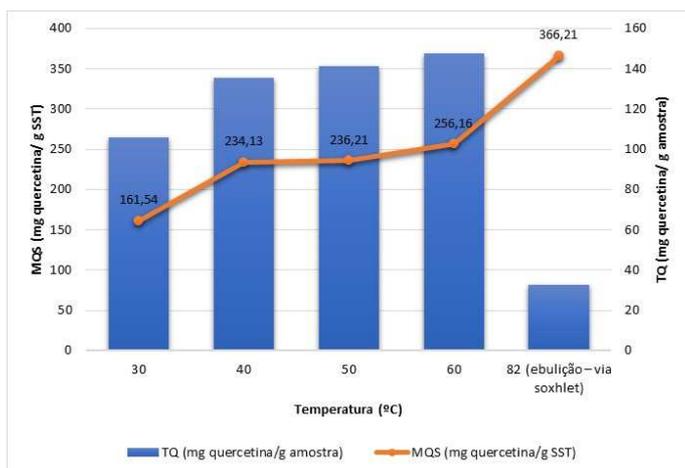


Figura 4 – Comparação entre os valores de TQ (barras) e MQS (linha) para as temperaturas testadas.

Quanto à extração por Soxhlet, vê-se que o extrato obtido na temperatura de ebulição é mais puro que os demais, contudo o seu teor de quercetina é o menor de todos, possivelmente devido a uma menor transferência de massa ou até mesmo devido a uma degradação do composto. O ideal para a extração é usar uma temperatura de operação que apresente um alto teor de quercetina (TQ) e um bom valor de MQS, como pode ser observado nos resultados obtidos na temperatura de 60°C. Porém, optou-se por escolher para operação a temperatura de 40°C, evitando assim possível degradação da quercetina ao longo do tempo de exposição, e que também apresentou resultados bons quando comparado ao de 60°C, sendo as diferenças de TQ e MQS de, respectivamente, 8,28 % e 8,60 %, entre as temperaturas de 40°C e 60°C.

**Determinação da relação matéria prima/solvente:** Definida a composição química, o tipo de solvente a ser utilizado e a temperatura de operação (40°C), foi realizado o estudo da relação matéria prima/solvente e os dados obtidos estão apresentados na Tabela 2. Para tais extratos foi determinado o teor de quercetina, exceto para os extratos das

condições 3:5 e 4:5 ( $\text{g}_{\text{matéria-prima}}/\text{ml}_{\text{solvente}}$ ), pois estes formaram algo similar a uma pasta a qual não foi possível a separação do líquido. A relação massa de matéria prima/volume de solvente 1:10 ( $\text{g}_{\text{matéria-prima}}/\text{ml}_{\text{solvente}}$ ) mostrou-se a mais adequada, pois o extrato obtido com essa relação além de ter apresentado o maior teor de quercetina, apresentou também o menor valor de sólidos solúveis totais e, conseqüentemente, o maior valor de MQS. Portanto, nessa relação tem-se um extrato mais puro, pois dentre as substâncias arrastadas a maior parte é a quercetina.

Tabela 2 – Comparação entre os valores de TQ e MQS para diferentes relações massa de matéria-prima e volume de mistura etanol-água 60% (v/v).

Relação matéria prima/ solvente ( $\text{g}_{\text{matéria-prima}}/\text{ml}_{\text{solvente}}$ )	TQ (mg quercetina/g amostra)	MQS (mg quercetina/g SST)
1:10	209,83	335,19
1:5	168,34	267,41
1:2,5	126,34	229,49

**Determinação do tempo de extração:** Definida a composição química e o tipo de solvente a ser utilizado, a temperatura de operação, a relação massa de matéria prima (g)/volume de solvente (mL) (1:10), realizou-se o estudo do tempo de extração. Para os extratos obtidos em diferentes tempos de amostragem foi determinado o teor de quercetina e os resultados estão apresentados na Figura 5.

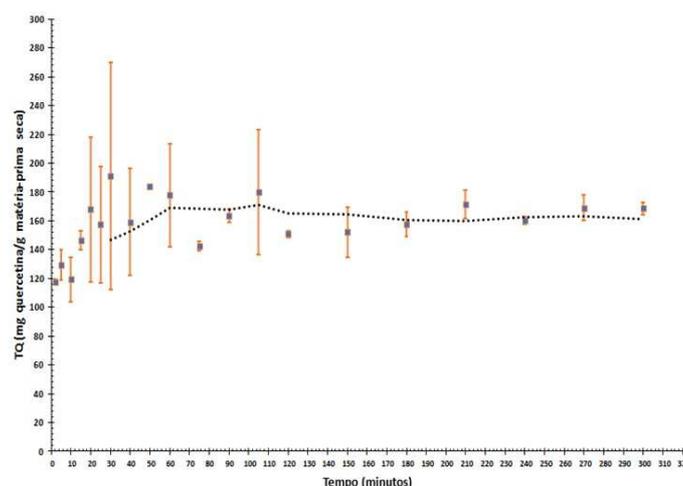


Figura 5 – Curva de saturação do solvente.

Analisando-se a curva de saturação do solvente verifica-se estabilização do teor de quercetina após 120 min de extração, ou seja, a partir desse tempo não há aumento na extração de quercetina da cebola. A determinação do tempo de extração restringiu-se apenas a análise do teor de quercetina.

Após realizados os estudos de secagem da matéria-prima, de estudo do tipo e composição química do solvente de extração, da temperatura de extração, da relação massa de matéria prima/volume de solvente e do tempo de extração, foram definidas as condições operacionais para o processo de extração da quercetina da cebola roxa e estas condições estão sumarizadas na Tabela 3.

**Tabela 3 – Condições operacionais do processo de obtenção da quercetina.**

Variável	Condição Escolhida
Parte da cebola	Inteira
Temperatura de secagem	105 °C
Solvente de extração	Etanol 60%(v/v)
Temperatura de extração	40 °C
Relação massa de matéria prima/volume solvente	1:10 ( $\frac{g_{matéria-prima}}{ml_{solvente}}$ )
Tempo de extração	120 min
Rotação	200 rpm

### 3.3. Atividade antioxidante da quercetina

Foram realizados ensaios de atividade antioxidante (AA) de modo quantitativo, através do método DPPH, para a quercetina pura e a quercetina extraída por lixiviação, vitamina C e rutina. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Observa-se pelos resultados que o extrato da cebola roxa pode ser utilizado como conservante alimentar, pois a atividade antioxidante promovida pelo extrato é próxima à atividade antioxidante promovida pela solução padrão de flavonoide quercetina e do ácido ascórbico. Vale ainda salientar que, por definição, a atividade antioxidante corresponde à quantidade percentual de DPPH consumida, logo, quanto maior o consumo dessa substância durante o ensaio maior é a atividade antioxidante da substância analisada.

**Tabela 4 – Atividade antioxidante da quercetina.**

Amostra	AA (%)
Solução quercetina pura	87,67
Extrato bruto concentrado de quercetina	80,70
Solução rutina pura	93,28
Solução ácido ascórbico (vitamina C)	88,42

### 3.4. Simulação do processo

Após a definição experimental de algumas variáveis do processo de extração da quercetina, utilizou-se o *software Aspen Plus® 8.8* para a simulação do processo de extração proposto, considerando o reciclo do etanol do solvente de extração do processo. O fluxograma do processo simulado no *Aspen Plus® 8.8* encontra-se descrito na Figura 6.

Para a simulação da extração da quercetina da cebola roxa foi necessária a definição de alguns parâmetros, calculados a partir do estudo das condições experimentais, apresentados na Tabela 3. Com o experimento realizado nestas condições foram obtidos valores de TQ (teor de quercetina) de 209,8  $\frac{g_{quercetina}}{kg_{amostra}}$ , SST (sólidos solúveis totais) de 62,6  $\frac{g_{SST}}{L_{extrato}}$  e MQS (massa de quercetina no SST) de 335,2  $\frac{g_{quercetina}}{kg_{SST}}$  da corrente de saída do extrator. Para a simulação foi adotada uma massa de 1000 kg/dia de cebola *in natura* como entrada do processo (corrente CEBUMID). No processo, há a necessidade do preparo da matéria prima via secagem, que segundo as análises experimentais, deve ser conduzida a 105°C o que ocasiona a remoção de 89,7 % de água e voláteis, e com este dado calculou-se qual seria a entrada de cebola seca no extrator (corrente CEBSECA).

O solvente foi alimentado a uma razão de 1 kg cebola seca:10 L de solvente, alimentando-se no extrator 1031 L de solvente (mistura 60% v/v etanol-água com aproximadamente 54,2% em massa de etanol) (corrente ETANALI). A partir do valor de SST, calculou-se a quantidade de sólidos solúveis

existentes no extrato, considerando para isso que o volume do extrato obtido foi igual ao do solvente adicionado ao extrator. Tomou-se como hipótese simplificadora que o solvente não ficou retido na fase sólida, removida por centrifugação.

O valor de MQS serviu para fornecer a massa de quercetina existente em cada grama de SST e então calcular a massa de quercetina no extrato. Para a simulação foi considerado que apenas quercetina e outros sólidos solúveis foram arrastadas para o extrato. Portanto para efeito de simulação considerou-se que a fração de sólidos solúveis que não correspondia a quercetina fosse tratada como açúcares, no caso, como glicose, por se tratar de um sólido solúvel presente na cebola. Sendo assim, calculou-se a massa de outros sólidos solúveis extraídos, expressa como glicose. O material que sai do extrator inicialmente está misturado com a corrente sólida da cebola. Para a simulação considerou-se que a corrente sólida é formada apenas por celulose. Desta forma todas as substâncias que compõe a corrente de saída do extrator foram definidas e foi possível calcular a fração mássica de cada componente da corrente de saída. Sendo assim a corrente de saída (EXTBRUT2) possui uma massa total de 1003,57 kg e as frações mássicas são vistas na Tabela 5.

**Tabela 5 – Valores das frações mássicas de cada substância na corrente de saída do extrator.**

Substância	Fração mássica
Etanol	0,48634
Água	0,41093
Quercetina	0,0216
Glicose	0,04276
Celulose	0,03842

O primeiro equipamento definido foi o secador, visto na Figura 6. A corrente de entrada (CEBUMID) foi definida em: 896,9 kg/dia de água e 103,1 kg/dia de sólidos. Não foi feita a definição da composição dos sólidos, uma vez que a fração de quercetina na cebola úmida não é conhecida neste ponto. O equipamento (SECADOR) foi definido para operar à uma temperatura de 105°C e pressão de 1 atm. As correntes de saída (VAPOR e CEBSECA) foram calculadas através da simulação.

A corrente de alimentação do etanol (ETANALI) no extrator foi definida a partir de três outras correntes: ETANANID (etanol anidro), AGUA e ETANRECL (quantidade de etanol e de água recuperados após a evaporação do solvente na etapa de concentração do extrato). Como a corrente de alimentação do extrator (ETANALI) necessariamente deve ser de 1031 L/dia em uma composição de 60% (v/v) de etanol, as correntes ETANANID e AGUA não tiveram suas vazões definidas, pois seus valores dependem da corrente de etanol reciclado.

Para que a corrente ETANRECL tenha a composição desejada e a vazão necessária utilizou-se um recurso do *Aspen Plus8.8* @ chamado *Calculator*, que permite a definição de variáveis auxiliares. Com estes blocos prontos, definiu-se também um valor inicial para a corrente ETANALI, de modo que o processo convergisse de maneira mais eficiente.

O valor inicial adotado foi o fluxo volumétrico necessário para se ter uma corrente de 1031 L/dia (Etanol = 618,6 L/dia e Água = 412,4 L/dia). Desta forma o *software* fez com que a corrente AGUA assumisse o valor da variável AGREPO, que é o fluxo necessário para repor a água que sai do processo. Já a corrente ETANANID assumiu o valor da variável

ETANREPO, que é a entrada necessária de etanol para repor o etanol que sai do processo.

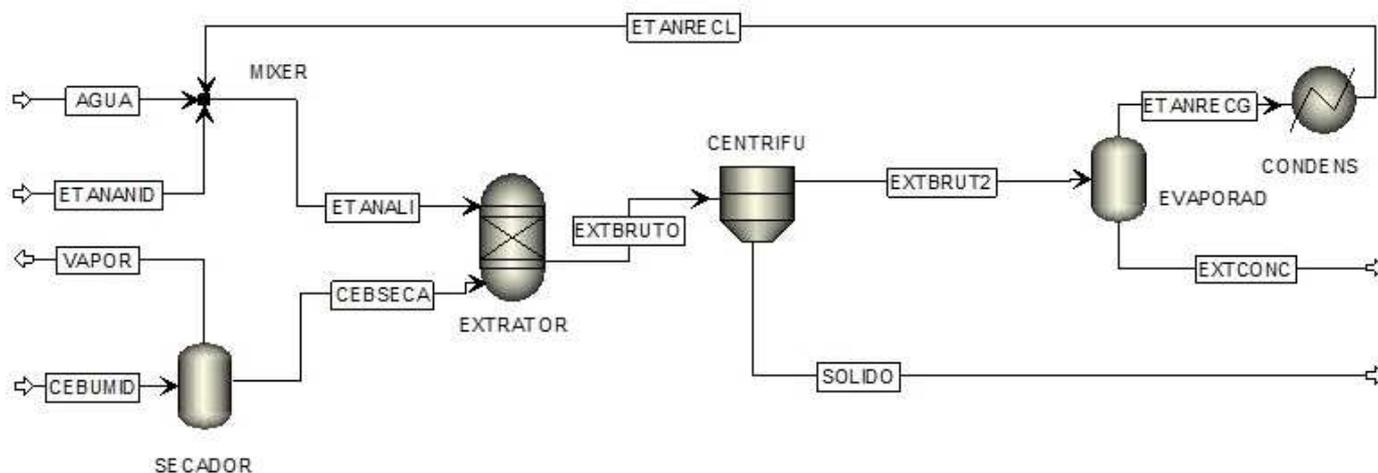


Figura 6 – Fluxograma do processo simulado no Aspen Plus® 8.8 de produção da quercetina.

Na etapa de extração utilizou-se um reator chamado *RYield*. Este reator foi o escolhido pois não é necessário conhecer a composição da corrente de entrada do sólido, desde que a composição da corrente de saída seja conhecida, que é o caso deste trabalho, pois como a cebola é um produto natural, não foi possível, com as técnicas experimentais utilizadas neste trabalho, determinar com precisão o valor da quantidade de quercetina na matéria-prima, apenas no extrato. No bloco do extrator foram inseridas as frações mássicas apresentadas na Tabela 5. Também foi definida a temperatura de 40°C e a pressão de 1 atm no extrator.

A separação sólido-líquido foi feita através de centrifugação, como visto na Figura 6, por se tratar de operação unitária adequada para uso industrial para a produção de produtos de uso alimentício, por minimizar possíveis fontes de contaminação ao processo. Neste equipamento foi necessário definir a fração de líquido no sólido de saída. Esta fração foi arbitrariamente definida como 0,01. Foi também definida a pressão de operação de 1 atm. A corrente SOLIDO saiu com 99% da celulose da corrente EXTBRUTO e 1% de líquido, enquanto a corrente EXTBRUT2 sai com 99% de líquido e 1% da celulose da corrente de entrada.

Com o extrato já separado do sólido o produto passou por uma evaporação do solvente, de modo a obter-se um extrato concentrado com cerca de 400 g/L de sólidos totais (quercetina e glicose), o que corresponde a cerca de 40°BRIX. Desta forma o etanol recuperado (ETANRECG) pôde ser reaproveitado no processo por meio de um reciclo. Para isso utilizou-se um vaso *Flash* como evaporador, visto na Figura 6. Conhecendo-se da parte experimental que o extrato concentrado (40°BRIX) possui MQS de 335,19 ( $\text{g}_{\text{quercetina}}/\text{kg}_{\text{SST}}$ ), para que a corrente de saída possuísse essa concentração desejada, com este valor utilizou-se uma ferramenta do Aspen Plus® 8.8 chamada *Design Specs*. Esta ferramenta permitiu definir a concentração desejada da corrente de saída (EXTCONC), como visto na Figura 6. Para que esta concentração fosse atingida o *software* fez interações mudando a temperatura do evaporador, dentro de uma faixa pré-determinada, até encontrar a temperatura necessária para que o valor definido de concentração fosse atingido. Desta forma para uma corrente de saída com concentração de 400 g/L de sólidos

(134,8 g/L de quercetina) determinou-se a temperatura em que o equipamento deverá operar para atingir esta concentração, em 90°C.

O solvente que foi retirado do extrato (uma mistura de etanol e água com uma composição de 59,65% em massa de etanol) saiu na forma de vapor, então foi necessário condensá-lo antes de reinseri-lo no processo. Para isso usou-se um condensador, apresentado na Figura 6. Nesta etapa foi necessário apenas definir a temperatura e a pressão de operação do condensador. Definiu-se 27°C e 1 atm, pois as correntes AGUA E ETANANID, com as quais a corrente ETANRECL se juntará, entram nesta temperatura.

Através da simulação foi possível determinar a quantidade de água e de etanol de reposição necessários no processo diariamente. Determinou-se também o fluxo mássico de vapor gerado durante a secagem, a temperatura do evaporador e a composição do extrato concentrado, cuja corrente possui um fluxo mássico de 176,7 kg/dia de produto. Estes resultados podem ser vistos nas tabelas 6 e 7.

Por fim pode ser visto na Figura 7 o fluxograma do processo de extração da quercetina da cebola roxa juntamente com os resultados do balanço material

Com os dados da Tabela 7 foi possível determinar o índice técnico de matérias-primas, que é a quantidade de matérias-primas (água, etanol, cebola úmida) necessária para produzir 1 kg do produto desejado, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 6 – Resultados da simulação do processo.

Componente	Valor
Vapor gerado na secagem (kg/dia)	896,9
Solvente recuperado (kg/dia)	788,2
Água de reposição (kg/dia)	94,3
Etanol anidro de reposição (kg/dia)	17,8
Temperatura do evaporador (°C)	90

Tabela 7 – Composição da corrente de extrato concentrado.

Componente	Etanol	Quercetina	Água	Glicose
Fluxo mássico (kg/dia)	17,6	21,7	94,1	42,9
Fração Mássica	0,1	0,123	0,534	0,243

Tabela 8 – Índice Técnico de matérias-primas.

Matéria-prima	Índice Técnico
Água	2,33 ( $\text{kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{produto}}$ )
Etanol	2,76 ( $\text{kg}_{\text{etanol}}/\text{kg}_{\text{produto}}$ )
Cebola <i>in natura</i>	5,66 ( $\text{kg}_{\text{cebola}}/\text{kg}_{\text{produto}}$ )

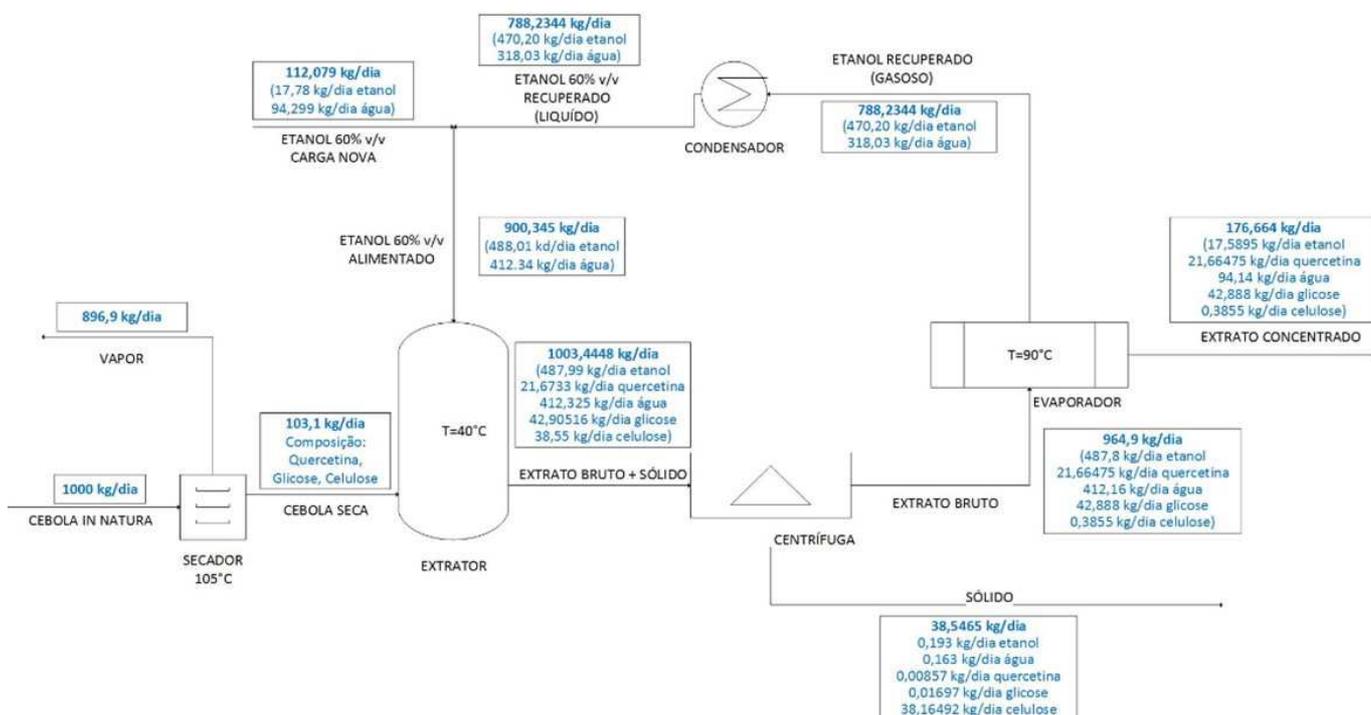


Figura 7 – Fluxograma do processo de produção da quercetina.

#### 4. CONCLUSÕES

A molécula quercetina está presente na matéria prima estudada, no caso a cebola roxa, em quantidade significativa, confirmando o uso desse produto natural como fonte de antioxidantes. Vale também salientar que esse teor de quercetina na matéria prima, varia em função da fração estudada (casca, polpa e inteira) e das condições de preparo da amostra, ou seja, seca ou *in natura*. Devido a questões de tratamento da matéria prima bem como manuseio e processo optou-se por utilizar a cebola inteira, sendo preparada sob secagem a 105°C, pois nessa temperatura ocorre secagem satisfatória da matéria prima e evitam-se suas perdas por degradação microbiana quando armazenada.

Foram estudadas experimentalmente algumas condições operacionais referentes a operação unitária da lixiviação. Para a composição química e o tipo de solvente, definiu-se como solvente de extração a mistura etanol:água 60% (v/v), devido principalmente ao teor de quercetina que obtém-se no extrato e o fato de apresentar ação antimicrobiana e antisséptica. A temperatura de extração foi fixada em 40°C e a relação massa de matéria prima/volume de solvente a ser alimentada no extrator foi escolhida em 1:10 ( $\text{g}_{\text{matéria-prima}}/\text{ml}_{\text{solvente}}$ ), pois além de apresentar o maior teor de quercetina também apresentou a maior massa de quercetina nos sólidos solúveis totais, sendo então um extrato mais puro. O tempo de extração foi de 2 h.

Os ensaios de atividade antioxidante mostraram que o extrato tem potencial uso como conservante alimentar, em comparação com outros antioxidantes disponíveis. Já ao comparar com a solução padrão de flavonoide quercetina, a diferença foi de aproximadamente 7,95 %, garantindo que esta molécula está presente no extrato.

A simulação do processo apresentou resultados satisfatórios, obtendo-se como resposta uma produção diária de extrato concentrado de quercetina de 176,7 kg com composição de 12,3% em massa de quercetina. Para a produção de 1 kg de extrato deve ser necessário o consumo de água de 2,33  $\text{kg}_{\text{água}}/\text{kg}_{\text{extrato}}$ , de etanol anidro de 2,76  $\text{kg}_{\text{etanol anidro}}/\text{kg}_{\text{extrato}}$  e de cebola *in natura* 5,66  $\text{kg}_{\text{cebola úmida}}/\text{kg}_{\text{extrato}}$ .

#### AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário FEI pelo suporte para o desenvolvimento do trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. G. Alimentos industrializados x saúde do consumidor: não coma isto porque tem muita química! **Jornal do Conselho Regional de Química IV Região**, São Paulo, SP, v. 22, n. 122, p. 6-7, 2013.
- GEANKOPLIS, C. J. Transport processes and separation

- process principles: includes unit operations. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
- HERTOG, M.G.L.; HOLLMAN, P.C.H.; VENEMA, D.P. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. **J. Agric. Food Chem.**, American Chemical Society, v.40, n.9, pp 1591–1598, 1992.
- HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, SP, v.19, n.1, p. 97-108, 2008.
- LANZOTTI, V. The analysis of onion and garlic. **Journal of Chromatography A**, Lanzotti, Virginia, v. 1112, Issues 1-2, 21 April, p.3-22, 2006.
- MUNIZ, L. B. Caracterização química e física de compostos funcionais em cebolas frescas e minimamente processadas. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.
- POLÔNIO, M. L. T.; PERES, F. Consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde: desafios para a saúde pública brasileira. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, RJ, v. 25, n. 8, p. 1653-1666, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v25n8/02.pdf>>. Acesso em 10 setembro 2017.
- RICHARDSON, J. F.; HARKER, J. H.; BACKHURST, J. R. Chemical engineering: particle technology and separation processes. Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series Volume 2. 5<sup>th</sup> ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 2002. Disponível em:<[http://nigc.ir/portal/Images/Images\\_Training/files/files/chemist%20book%20cd2/chemical%20eng/RICHARDSON,%20J.%20F.%20\(2002\)2/Coulson\\_Richardsons\\_Chemical\\_Engineering\\_Volume\\_2.pdf](http://nigc.ir/portal/Images/Images_Training/files/files/chemist%20book%20cd2/chemical%20eng/RICHARDSON,%20J.%20F.%20(2002)2/Coulson_Richardsons_Chemical_Engineering_Volume_2.pdf)>. Acesso em: 01 dezembro 2017.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Online**, EMBRAPA, Fortaleza, CE, v. 127, n. 1, p.1-4, jul. 2007. Disponível em: <[http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/down/index.php?pub/Cot\\_127.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/down/index.php?pub/Cot_127.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- SHIBAMOTO, T.; BJELDANES, L. Introdução à Toxicologia dos Alimentos; 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- SIMÕES, V. N.; FAVARIN, L. R. V.; CABEZA, N. A.; OLIVEIRA, T. D.; FIORUCCI, A. R.; STROPA, J. M.; RODRIGUES, D. C. M.; CAVALHEIRO, A. A.; ANJOS, A. Síntese, caracterização e estudo das propriedades de um novo complexo mononuclear contendo quercetina e íon Ga(III). **Quím. Nova**, São Paulo, SP, v. 36, n. 4, p.495-501, 2013. Disponível em: [http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol36No4\\_495\\_01-AR12210.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol36No4_495_01-AR12210.pdf). Acesso em 20 agosto 2017.
- SOUZA, M. M.; RECAR, V. M.; ROCHA, M.; CIPOLATTI, E. P.; BADIALE-FURLONG, E. Estudo das condições de extração de compostos fenólicos de cebola (*Allium cepa* L.). **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, São Paulo, SP, v. 2, n. 68, p.192-200, 2009.
- VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. Conservação de alimentos. Recife: EDUFRPE, 2010. Disponível em: [http://proedu.ifce.edu.br/bitstream/handle/123456789/316/Cons\\_Alimentos.pdf?sequence=2](http://proedu.ifce.edu.br/bitstream/handle/123456789/316/Cons_Alimentos.pdf?sequence=2). Acesso em 20 outubro 2017.
- VILA, F. C. Identificação dos flavonoides com atividade antioxidante da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Instituto de Química de São Carlos) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2006.