

## Atividade Antioxidante in vitro e Microencapsulação por spray drying de extrato hidroalcoólico de Sálvia (*Salvia officinalis* L.).

Jacqueline de Florio Almeida<sup>1\*</sup>, Solange Teresinha Carpes<sup>2</sup>, Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo<sup>1</sup>, Leila Fernanda Serafini<sup>2</sup>, Daiane Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão;

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco;

\* jack\_florio@hotmail.com

**Resumo.** A relação direta entre dieta e saúde está cada vez mais evidenciada pela ciência, e a conscientização do consumidor sobre essa relação incentiva pesquisadores na busca por produtos naturais como fontes fundamentais para o desenvolvimento de novos princípios ativos, sejam para uso como suplementos alimentares ou na substituição aos compostos sintéticos nos alimentos. Assim, torna-se necessária a utilização de produtos naturais na formulação de ingredientes com elevado valor agregado, como nos casos de produtos naturais microencapsulados. A sálvia (*Salvia officinalis* L.) é uma erva aromática pertencente à família Lamiaceae, e é amplamente utilizada como condimento na culinária típica. Dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivos avaliar os teores de compostos fenólicos totais, flavonoides e o potencial antioxidante do extrato hidroalcoólico de Sálvia, bem como produzir micropartículas por processo de atomização spray-drying, utilizando mistura de maltodextrina e amido modificado como material de parede. O extrato da sálvia apresentou teor de 50,10 mg EAG.g<sup>-1</sup> para compostos fenólicos e 31,05 mg EQ.g<sup>-1</sup> para flavonoides. Na atividade antioxidante foram encontrados valores de 149,95 µmol trolox.g<sup>-1</sup> pelo método do sequestro do radical DPPH, 267,16 µmol de TEAC.g<sup>-1</sup> pelo método de sequestro do radical ABTS, 396,51 µmol de Fe<sup>+2</sup>.g<sup>-1</sup> pelo método do poder de redução do ferro e 90,32 % de capacidade antioxidante na inibição da oxidação pelo método do sistema β-caroteno/ácido linoleico. A microencapsulação da sálvia por spray-drying originou microesferas lisas, homogêneas quanto à forma e estrutura, sem fissuras ou rachaduras aparentes, tornando a sálvia um potencial ingrediente para a aplicação industrial.

**Palavras-chave:** atividade antioxidante, compostos fenólicos, sálvia, microencapsulação, spray drying

**Antioxidant activity in vitro and microencapsulation by spray drying of hydroalcoholic extract of sage (*Salvia officinalis* L.).** *The direct relation between diet and health is increasingly evidenced by science, and a consumer awareness of this relation encourages researchers in the search for natural products as fundamental sources for the development of new active principles to be used as food supplements or the substitution of synthetic compounds in foods. Thus, it becomes necessary to use natural ingredients in the formulation of products with a high added value, as in the case of microencapsulated natural products. Sage (*Salvia officinalis* L.) is an aromatic herb belonging to the family Lamiaceae, and is widely used as a spice in cooking typical. Within this context, this study aimed to evaluate the contents of total phenolics, flavonoids and antioxidant potential of hydroalcoholic extract of sage as well as produce microparticles by spray-drying process, utilizing mixture of maltodextrin and modified starch as material wall. The extract of sage presented content of 50.10 mg EAG.g<sup>-1</sup> for phenolic compounds and 31.05 mg EQ.g<sup>-1</sup> for flavonoids. In antioxidant activity analysis were found 296,59 mmol trolox.g<sup>-1</sup> by DPPH-radical scavenging method, 267.16 µmol of TEAC.g<sup>-1</sup> by ABTS radical method, 396.51 µmol Fe<sup>+2</sup>.g<sup>-1</sup> by FRAP method and 90.32 % antioxidant capacity in inhibiting the oxidation of β-carotene/linoleic acid system. Microencapsulation of sage by spray-drying originated particles smooth, homogeneous as to the form and structure without apparent cracks or fissures microspheres, making salvia a potential ingredient for industrial application.*

**Keywords:** antioxidant activity, phenolic compounds, sage, microencapsulation, spray drying.

Recebido: 14 de Novembro de 2014; aceito: 17 de Novembro de 2014, publicado: 01 de Dezembro de 2014.

DOI: 10.14685/rebrapa.v5i2.170

## INTRODUÇÃO

Atualmente, é crescente a preocupação com o papel da dieta na saúde e na qualidade de vida, sendo cada vez maior o interesse por produtos naturais como fontes fundamentais para o desenvolvimento de novos princípios ativos. A comunidade científica, impulsionada por essa perspectiva, têm voltado seus estudos para a descoberta de compostos bioativos presentes, principalmente, em produtos naturais, destacando-se os compostos fenólicos, amplamente reconhecidos por atuarem como antioxidantes (MELO, 2010).

É crescente também a rejeição ao uso de compostos sintéticos nos alimentos, visto que muitos estudos vinculam tais compostos como sendo agentes mutagênicos e com potencial toxicidade, como o BHA (butil hidroxianisol) e o BHT (butil hidroxitolueno), antioxidantes sintéticos amplamente empregados pela indústria alimentícia brasileira. Esse cenário torna as buscas por antioxidantes naturais ainda maiores (SOARES, 2002; SHAHIDI; NACZK, 2005; SOUSA *et al.*, 2007).

Além dos benefícios à saúde, os antioxidantes naturais ganham destaque científico por serem potenciais substituintes aos antioxidantes sintéticos, devido a seu efeito equivalente ou maior na inibição da oxidação (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; MELO, 2010). Dentro desse contexto destacam-se as ervas aromáticas e especiarias como importantes fontes de antioxidantes naturais devido, principalmente, à presença de compostos fenólicos (MARIUTI; BRAGAGNOLO, 2007; DEL RIO *et al.*, 2010). A Sálvia (*Salvia officinalis* L.) é uma erva aromática pertencente à família Lamiaceae, e é amplamente utilizada como tempero na culinária típica. Tem sua origem no mediterrâneo e apresenta boa adaptação às condições climáticas da região Sul do Brasil (POVH; ONO 2008). Os seus extratos destacam-se por apresentarem efeitos biológicos notáveis (KOZICS, *et al.* 2013; DORMAN *et al.*, 2004; SHAN *et al.*, 2005).

A grande problemática, quanto ao uso de produtos naturais, como as ervas aromáticas, pela indústria de alimentos, está no fato de que a grande parte dos compostos responsáveis pelas propriedades biológicas, como atividade

antioxidante, são altamente suscetíveis a oxidação e a volatilização, apresentando instabilidade na presença de calor, luz e oxigênio. Além disso, apresentam sabores e odores característicos que podem influenciar nos atributos sensoriais dos produtos alimentícios (AZEREDO, 2005).

Assim, a microencapsulação se apresenta como uma alternativa ascendente para aumentar a estabilidade destes compostos e manter a bioatividade dos produtos naturais. Trata-se de uma tecnologia inovadora e atraente empregada com êxito em diversos setores industriais (SUAVE *et al.*, 2006). Para a indústria de alimentos, esta técnica vem solucionando limitações quanto ao emprego de ingredientes naturais, visto que a mesma pode atenuar flavors indesejáveis, reduzir a volatilidade e a reatividade, aumentando assim, a estabilidade de compostos ativos em condições ambientais de processamento (SILVA *et al.*, 2013).

Dentro deste contexto, o presente estudo visa avaliar a atividade antioxidante da Sálvia (*Salvia officinalis* L.), bem como a produção de micropartículas produzidas por spray drying, visando obter maior estabilidade para os compostos responsáveis pela atividade antioxidante e sua funcionalidade como aditivo em alimentos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta e preparo da amostra

A amostra de Sálvia (*Salvia officinalis* L.) foi fornecida por produtores rurais da Feira Municipal de Pato Branco, Paraná. Em seguida à coleta, a amostra foi desidratada em estufa à 40 °C e moída em moinho de facas Marconi, modelo MA – 630, sendo posteriormente guardada em freezer até o momento das análises.

### Preparo do extrato hidroalcoólico

Dez gramas das partes aéreas, secas e moídas, foram extraídas com 100 mL de etanol a 80% (v/v), homogeneizados em Incubadora Shaker Modelo SL 222, a 150 rpm, a 40°C, por 60 min. Após a filtragem em papel filtro qualitativo, os

filtrados foram armazenados a 0 °C em tubos de ensaio com rosca para posterior análises químicas.

Após análises, o extrato hidroalcoólico de sálvia (EHS) foi evaporado em evaporador rotativo à vácuo (Fisatom® 802) e temperatura da água do banho a 45 °C ( $\pm 1$  °C), até obter uma redução do volume em 50 %. Após etapa de concentração, o extrato foi utilizado para microencapsulação por processo de spray drying.

### Compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado segundo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton *et al.* (1999), utilizando ácido gálico como padrão de referência. Esse método envolve a oxidação de fenóis e a medida colorimétrica é feita pela formação de um complexo azul Mo-W. Alíquotas de 0,5  $\mu$ L do extrato foram adicionadas de 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu 10%, e posteriormente adicionadas de carbonato de sódio 4%. A mistura foi deixada em repouso por 2 horas ao abrigo da luz, e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 740 nm. Uma amostra em branco foi produzida nas mesmas condições. Os resultados foram calculados com base em curva analítica e expressos em mg EAG.g<sup>-1</sup> de amostra (EAG: equivalente em ácido gálico). A análise foi realizada em triplicata.

### Análise de Flavonoides totais.

A concentração de flavonoides totais foi determinada conforme metodologia descrita por Park *et al.* (1995), utilizando quercetina como padrão de referência. Alíquotas de 0,5 mL do extrato foram adicionadas de etanol 80 %, acetato de potássio e nitrato de alumínio. Uma amostra controle foi realizada paralelamente nas mesmas condições, porém, sem adição de nitrato de alumínio. Após 40 minutos de repouso, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 415 nm. Os cálculos foram realizados a partir de curva analítica e os resultados expressos em mg EQ.g<sup>-1</sup> de amostra (EQ: equivalente em quercetina). A análise foi realizada em triplicata.

### Atividade antioxidante

#### Atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH•

A medida da atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH foi realizada segundo metodologia descrita por Brand-Williams *et al.* (1995), com algumas modificações. A mistura de reação foi constituída pela adição de 0,5 mL do extrato, 3,0 mL de etanol absoluto e 0,3 mL da solução do radical DPPH 0,5 mmol.L<sup>-1</sup> em etanol. Em paralelo foram realizadas amostras em branco com adição de etanol em substituição a solução de DPPH para que, assim, pudesse ser descontada uma possível coloração que venha a influenciar na interpretação dos resultados. Foram realizadas em conjunto, amostras controle contendo 3,5 mL de etanol e 0,3 mL de solução do radical DPPH. Uma curva padrão foi construída com o antioxidante sintético Trolox e os resultados foram expressos mmol de Trolox.g<sup>-1</sup> de amostra. A análise foi realizada em triplicata.

#### Determinação da atividade antioxidante pelo método do radical ABTS•+

Este método foi realizado segundo metodologia descrita por Re *et al.* (1999), com algumas modificações. O radical ABTS•<sup>+</sup> foi formado pela reação de 5 mL de ABTS 7 mmol.L<sup>-1</sup> com persulfato de potássio 140 mmol.L<sup>-1</sup>, incubados à 25 °C por 16 horas, ao abrigo da luz. Logo após o tempo de reação, o radical foi diluído em etanol absoluto até apresentar absorvância entre 0,700 e 0,734 nm. Em ambiente escuro e em triplicata, foram adicionados 30  $\mu$ L do extrato à 3 mL do radical corrigido. As absorvâncias foram lidas após seis minutos de reação, em espectrofotômetro a 734 nm, utilizando-se etanol como branco. A absorvância da mistura ABTS/Antioxidante foi comparada com a atividade do antioxidante sintético Trolox, que foi utilizado como padrão de referência. Os resultados da atividade foram expressos em  $\mu$ mol de TEAC.g<sup>-1</sup> de amostra (TEAC: capacidade antioxidante equivalente ao Trolox).

### Poder Antioxidante de Redução do Ferro - FRAP

A atividade antioxidante pelo método de redução do ferro – FRAP foi realizada segundo metodologia descrita por Pulido *et al.* (2000). O reagente FRAP foi preparado misturando-se solução de tampão acetato a 2,5 mL da solução TPTZ ( $10 \text{ mmol.L}^{-1}$  em  $40 \text{ mmol.L}^{-1}$  HCl) e 2,5 mL de cloreto férrico. Ao abrigo da luz e em triplicata, alíquotas de 100  $\mu\text{L}$  do extrato, previamente diluído, foram adicionadas à 3 mL do reagente FRAP e incubadas à 37 °C em banho-maria por 30 minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 595 nm, sendo construída uma curva padrão com sulfato ferroso e os resultados expressos em  $\text{mmol de Fe}^{2+} \cdot \text{g}^{-1}$  de amostra.

### Atividade antioxidante pelo sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoleico

A medida da atividade antioxidante pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico foi determinada segundo metodologia descrita por Ahn *et al.* (2004). Em triplicata, alíquotas de 300  $\mu\text{L}$  do extrato foram adicionadas a 3 mL da emulsão  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico preparada previamente, e a solução foi incubada em banho-maria à 50 °C, para reação de oxidação. A oxidação foi monitorada em espectrofotômetro a 470 nm, com leituras realizadas no tempo inicial e em intervalos de 20 min, até o tempo final de 100 min., utilizando etanol como branco. Para a amostra controle, foi utilizado 300  $\mu\text{L}$  de etanol 80% juntamente com 3 mL da emulsão. A atividade antioxidante foi expressa pela porcentagem de inibição relativa em relação ao controle depois de 100 min de incubação, usando a Equação 1:

$$\%AA = (\text{DRC} - \text{DRS}) / \text{DRC} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde %AA representa a porcentagem de atividade antioxidante, DRC a taxa de degradação da amostra controle ( $=\ln(a/b)/100$ ); DRS a taxa de degradação da substância teste ( $=\ln(a/b)/100$ ); a absorbância inicial no tempo 0 e b a absorbância depois de 100 min.

### Secagem e encapsulação do extrato hidroalcoólico de Sálvia

Para secagem e encapsulação do EHS foi utilizado secador por atomização, spray dryer de bancada, modelo MSD 1.0, da marca LABMAQ do Brasil, com vazão máxima de  $1 \text{ L.h}^{-1}$ . O secador operou à temperatura de 150 °C, para o ar de secagem de entrada, e à 100°C para ar de saída, bico atomizador de 1,0 mm de diâmetro, fluxo de ar comprimido de  $50 \text{ L.min}^{-1}$ , fluxo de ar de secagem de  $3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  e vazão de alimentação de  $0,60 \text{ L.h}^{-1}$ .

Foi utilizado como agente encapsulante uma mistura de maltodextrina comum (10 DE) e amido modificado comercial Capsul®, na proporção de 70/30 (m/m). A mistura foi dissolvida em 100 mL de água destilada à 90 °C sob agitação, até completa dissolução. A concentração de sólidos totais foi fixada em 20%. O extrato, previamente concentrado, foi adicionado lentamente ao material encapsulante hidratado, sendo o conjunto homogeneizado em homogeneizador mecânico operando a uma velocidade de 4000 rpm durante, aproximadamente, 5 minutos. A emulsão resultante foi atomizada em spray dryer. O pó obtido foi acondicionado em embalagem hermeticamente fechada e a respectiva embalagem foi armazenada em freezer.

### Análise da estrutura das microcápsulas

A estrutura e morfologia das micropartículas foram observadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), TM-3000 Hitachi Tabletop Microscope da UTFPR, Câmpus Pato Branco. Pequenas quantidades amostrais foram colocadas na superfície de fitas dupla-face, fixadas no porta-amostra. A amostra foi observada sistematicamente sob ampliações a 2000, 2500, 4000 e 5000 vezes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Compostos fenólicos e flavonoides totais

Os compostos fenólicos podem contribuir efetivamente com a ação antioxidante devido, principalmente, às suas propriedades redox, que lhes conferem poder de atuar como agentes redutores, doadores de hidrogênio e/ou oxigênio singlete (NEGRI *et al.*, 2011). O teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais presentes no extrato de sálvia são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais.

Amostra	Fenólicos totais (mg EAG*.g <sup>-1</sup> de amostra)***	Flavonoides totais (mg EQ**.g <sup>-1</sup> de amostra)***
Sálvia	50,1 ± 0,27	31,05 ± 0,19

\*EAG: Equivalente em ácido gálico. \*\* EQ: Equivalente em quercetina. \*\*\*Valores médios das triplicatas ± desvio padrão.

**Tabela 2** – Atividade Antioxidante.

	ABTS•+ (μmol TEAC*.g <sup>-1</sup> )**	FRAP (μmol de Fe <sup>2+</sup> .g <sup>-1</sup> )**	DPPH• (μmol de trolox.g <sup>-1</sup> )**	β-caroteno/ácido linoleico (%)**
Sálvia	267,16 ± 1,66	396,51 ± 4,06	149,95 ± 3,9	90,32 ± 0,89
BHA**	3173,33,22 ± 98,42	3288,32 ± 240,45	474,04 ± 10,0	68,06 ± 0,22
BHT**	2662,22 ± 96,47	2960,75 ± 76,67	427,33 ± 12,67	63,68 ± 0,18

\*TEAC: capacidade equivalente em trolox. \*\*Valores médios das triplicatas ± desvio padrão

O teor de compostos fenólicos encontrados neste estudo, 50,1 mg EAG.g<sup>-1</sup>, foi superior ao encontrado por Roby *et al.* (2013), 5,8 mg EAG.g<sup>-1</sup> de sálvia oriunda da Shambolia.

Chrpová *et al.* (2010), estudando o teor de compostos fenólicos de extratos aquosos de ervas aromáticas, encontrou 24,3 mg EAG.g<sup>-1</sup> de sálvia oriunda da Republica Checa, valor este também inferior ao encontrado no presente estudo. Esta diferença de valores pode ser um indicativo da eficiência do extrato hidroalcoólico perante o extrato aquoso na extração dos compostos fenólicos da amostra. Segundo Hernández-Hernández *et al.* (2009), a concentração de compostos fenólicos em ervas aromáticas depende, preferencialmente, da metodologia em que se procede a extração e do tipo de solvente utilizado. Em estudo realizado por Shimano (2012), por exemplo, foram encontrados valores que variaram entre 12,69 e 53,91 mg EAG.g<sup>-1</sup> de sálvia, dependendo da concentração de etanol na mistura hidroalcoólica.

Babili *et al.* (2013) em estudo com extratos aquosos de sálvia de regiões da França, quantificou teor de flavonoides em 195,49 mg EQ.g<sup>-1</sup> de sálvia, valor este superior ao encontrado pelo presente estudo (31,05 mg EQ.g<sup>-1</sup> de sálvia).

Segundo Farhat *et al.* (2014), os derivados de ácido cafeíco e ácido rosmarínico são os principais responsáveis pelo efeito da atividade antioxidante dos extratos de sálvia.

### Atividade Antioxidante

Muitas técnicas têm sido empregadas para caracterizar a atividade antioxidante in vitro de produtos naturais e a aplicação de várias destas em conjunto pode fornecer uma amplitude maior do potencial antioxidante da amostra, uma vez que cada método possui suas particularidades. Assim, para determinação da atividade antioxidante este estudo utilizou quatro métodos distintos. Também foram analisados paralelamente, como controles positivos, o BHA e o BHT. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nas análises da atividade antioxidante.

O método espectrofotométrico de captura do radical ABTS fornece resultados reprodutíveis, permitindo analisar uma ampla faixa de compostos, tanto de natureza lipofílica quanto hidrofílica (KUSKOSKI *et al.*, 2005; WOJDYLO *et al.*, 2007).

O resultado encontrado pelo presente estudo, 267,16 μmol de TEAC.g<sup>-1</sup> de sálvia foi superior ao reportado Salem *et al.* (2013), que encontrou 0,0403 μmol de TEAC.g<sup>-1</sup> de sálvia. Esta

diferença pode ser atribuída às diferenças climáticas e de cultivo da erva aromática em estudo.

A atividade antioxidante do EHS foi também determinada pelo método de sequestro do radical DPPH•. O composto antioxidante age como doador de átomos de hidrogênio e quando este é adicionado à solução alcoólica de DPPH• a coloração da solução é modificada de violeta para amarelo pálido (ALVES *et al.*, 2010). O resultado encontrado foi de 149,95  $\mu\text{mol}$  de trolox. $\text{g}^{-1}$  de sálvia, e este se apresenta superior ao encontrado por Salem *et al.* (2013) e Neagu *et al.* (2011), que encontraram 0,212  $\mu\text{mol}$  de trolox. $\text{g}^{-1}$  e 59,49  $\mu\text{mol}$  de trolox. $\text{g}^{-1}$ , para extrato acetona:água e hidroalcoólico, respectivamente.

O ensaio FRAP (Poder Antioxidante de Redução do Ferro), baseia-se na avaliação direta da capacidade de um antioxidante reduzir  $\text{Fe}^{3+}$  em  $\text{Fe}^{2+}$ , que é caracterizada pela formação de um complexo de cor azul intenso com o  $\text{Fe}^{2+}$  (RUFINO *et al.*, 2006). Assim, foi possível quantificar a concentração de  $\text{Fe}^{2+}$  presente em solução, sendo encontrado 396,51  $\mu\text{mol}$  de  $\text{Fe}^{2+}$ . $\text{g}^{-1}$  de sálvia.

No sistema de oxidação do  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico pode-se analisar o potencial de uma determinada substância inibir, ou retardar, a oxidação do  $\beta$ -caroteno, protegendo-o dos radicais livres produzidos na peroxidação do ácido linoléico (ALVES *et al.*, 2010). Assim, os resultados são expressos em porcentagem de inibição da oxidação, sendo que neste estudo a sálvia inibiu 90,32 %, na concentração final de 3000 ppm. Em estudo com extratos metanólicos de sálvia provenientes da região de Juiz de fora – Minas Gerais, Scio *et al.* (2012) determinaram 61,66 % de inibição, valor inferior ao determinado pelo presente estudo.

Os antioxidantes sintéticos comerciais BHA e BHT também foram analisados quanto à atividade antioxidante, como controles positivos. Entre eles, o que apresentou melhor resultado em todos os métodos avaliados foi o BHA. Paralelamente, quando se compara os valores apresentados pelos antioxidantes sintéticos e pelo extrato de sálvia (Tabela 2), verifica-se que a amostra apresenta valores inferiores em três dos quatro métodos avaliados.

Isso pode ser explicado pelo fato de que os antioxidantes sintéticos são analisados na sua forma pura, sendo reconhecidos por apresentarem alto poder antioxidante.

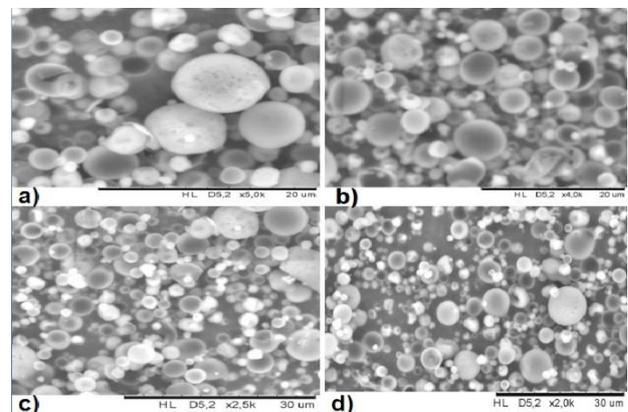
Com os diferentes métodos de extração e de determinação da atividade antioxidante, aliado à diferença na composição genética e nas condições ambientais em que a sálvia é cultivada, torna-se difícil uma comparação de resultados entre estudos, porém as disposições em relação ao potencial antioxidante desta erva aromática são perfeitamente comparáveis e evidenciam a importância de se estudar as ervas aromáticas da família Lamiaceae.

### Microencapsulação

A mistura produzida pelos agentes encapsulantes e a amostra deve se manter estável durante todo processo de microencapsulação por spray drying (BARBOSA *et al.*, 2005), que tem um tempo de duração em torno de 30-40 minutos. Durante o tempo de observação, nenhuma separação de fase foi observada.

### Microscopia eletrônica de varredura

A análise estrutural das partículas do pó foi realizada por meio de microscopia eletrônica de varredura como indicativo positivo da microencapsulação. Foram utilizadas quatro ampliações diferentes a fim de uma melhor visualização. A Figura 1 apresenta as fotomicrografias do pó de sálvia.



**Figura 1** - Fotomicrografias das partículas de pó da sálvia submetida a processo de spray drying.

## CONCLUSÃO

Analisando os resultados apresentados ao longo deste estudo, constata-se que a erva aromática analisada (*Salvia officinalis* L.) apresenta teores notáveis de compostos fenólicos totais e flavonoides, podendo ser empregada pela indústria alimentícia em sinergismo com os antioxidantes sintéticos, visando diminuir a concentração destes nos alimentos. Na análise da atividade antioxidante, a mesma tendência foi observada, o que demonstra uma relação positiva entre compostos fenólicos e atividade antioxidante. A Sálvia apresentou excelente atividade antioxidante pelos quatro métodos *in vitro* analisados, demonstrando capacidade de capturar radicais livres, reduzir o ferro, evitando assim a catálise deste nas reações em cadeia da produção de radicais livres, e inibindo a oxidação lipídica.

Visando aplicar sálvia como ingrediente alimentício, a microencapsulação foi satisfatória. O presente trabalho pode ser considerado de extrema importância, visto que poucos são os estudos relacionados a microencapsulação de extratos de ervas aromáticas, podendo este contribuir de forma positiva com a literatura existente.

A Sálvia, com elevada capacidade antioxidante e microencapsulada, pode ser considerada um produto de alto valor agregado, uma vez que apresenta características interessantes do ponto de vista industrial.

## REFERÊNCIAS

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V. AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. *Química Nova*, v. 33, n.10, p. 2202-2210, 2010.

AHN, M. R.; KUMAZAWA, S.; HAMASAKA, T.; BANG, K. S.; NAKAYAMA, T. Antioxidant Activity and constituents of propolis collected in various areas of Korea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, n. 24, p. 7286-7292, 2004.

AZEREDO, H.M.C. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v.16, n.1, p. 89-97, 2005.

BABILI, FATIHA EL; BABILI, MOHAMMED E.L.; SOUCHARD, JEAN P.; CHATELAIN CHRISTIAN. Culinary Decoctions: Spectrophotometric Determination of Various Polyphenols Coupled With Their Antioxidant Activities. *Pharmaceutical Crops*, v.4, n.3, p. 15-20, 2013.

BARBOSA, M.I.M.J.; BORSARELLI, C.D.; MERCADANTE, A.Z. Light stability of spraydried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. *Food Research International*, v.38, n.8, p.989-994, 2005.

BORRMANN, D.; PIERUCCI, A.P.T.R.; LEITE, S.G.F; LEÃO, M.H.M.R. Microencapsulation of passion fruit (*Passiflora*) juice with n-octenylsuccinate-derivatised starch using spray-drying. *Food and Bioproducts Processing*, v.91, n.1, p. 23-27, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVÉLIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel – Wissenschaft und –Technologie*. v.22, n.1, p. 25-30, 1995.

CARNEIRO, H. C. F. Microencapsulação de óleo de linhaça por spray drying: influência da utilização de diferentes combinações de materiais de parede. 2011. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

CARNEIRO, H. C.F.; TONON, R. V.; GROSSO, C. R. F.; HUBINGER, M. D. Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*, v. 115, n.1, p. 443-451, 2013.

CHRPOVÁ, D.; KOURIMSK, L.; GORDON, M.H.; HERMANOVÁ, V.; ROUBÍCKOVÁ, I.; PÁNEK, J. Antioxidant Activity of Selected Phenols and Herbs Used in Diets for Medical Conditions. *Czech Journal of Food Science*, v. 28, n. 4, p.317–325, 2010.

DEL RIO, D.; COSTA, L. G.; LEAN, M. E. J.; CROZIER, A. Polyphenols and health: what compounds are involved? *Nutrition Metabolism*

and Cardiovascular Diseases, v.20, n.1, p. 1–6, 2010.

DORMAN, H. J. D.; BACHMAYER, O.; KOSAR, M.; HILTUNEN. Antioxidant properties of aqueous extracts from selected Lamiaceae species grown in Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, n. 4, p. 762-770, 2004.

FARHAT, MOUNA B.; CHAOUCH-HAMADA, RYM; SOTOMAYOR JOSE A.; LANDOULSI, AHMED; JORDÁN MARÍA J. Antioxidant Potential of *Salvia officinalis* L. residue as affected by the harvesting time. *Industrial Crops and Products*. v.54, n.1, p. 78-85, 2014.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, E.; PONCE-ALQUICIRA, E.; JARAMILLO-FLORES, M.E.; LEGARRETA, G.I. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. *Meat Science*, v.81, n.2, p.410-417, 2009.

KOZICS, K.; KLUSOVÁ, V.; SRANCOKIVÁ, A.; MUCAJI, P.; HUNÁKOVÁ, L.; KUSZNIEREWICZ B.; HORVATHOVÁ, E. Effects of *Salvia officinalis* and *Thymus vulgaris* on Oxidant-induced DNA Damage and Antioxidant Status in HepG2 cells. *Food Chemistry*. v.141, n.4, p. 2198-2206, 2013.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Antioxidantes Naturais da Família Lamiaceae: Aplicação em Produtos Alimentícios. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.10, n.1, p.96-103, 2007.

MARTÍNEZ, H. F.; REVILLA, G. O.; VELÁZQUEZ, T. G. Optimal Spray-Drier Encapsulation Process of Orange Oil. In: *Proceedings of the 14th International Drying Symposium*, v.1, p.621-627, 2004.

MELO, P. S. Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais. 2010. *Dissertação (Mestrado em Ciências e*

*Tecnologia de Alimentos)* – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2010.

MÜLLER, P. S. Microencapsulação do Óleo Essencial de Laranja. 2011. *Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)* – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

NEAGU, E.; ROMAN, G.P.; RADU, G.L. Antioxidant Capacity of Some *Salvia officinalis* Concentrated Extracts. *Revue Roumaine de Chimie*. v.58, n.4, p. 777-782. 2011.

NEGRI, G.; TEIXEIRA, E. W.; ALVES, M. L. T. M. F.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P.; BORGUINI, R. G.; SALATINO, A. Hydroxycinnamic acid amide derivatives, phenolic compounds and antioxidant activities of extracts of pollen samples from Southeast Brazil. *Journal Agriculture Food Chemistry*, v. 59, n.1, p. 5516–5522, 2011.

PARK, Y. K., KOO, M. H., SATO, H. H., CONTADO, J. L. Survey of some components of propolis which were collected by *Apis mellifera* in Brazil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 38, n.1, p. 1253-1259, 1995.

POVH, JULIANA A.; ONO ELIZABETH O. Crescimento de Plantas *Salvia officinalis* sob Ação de Reguladores de Crescimento Vegetal. *Ciências Rural*, v.38, n.1, 2008.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, v. 48, n.4, p. 3396-3402, 2000.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

ROBY, M. H. H.; SARHAN, M. A.; SELIM, K. A. H.; KHALEL, K. I. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, v. 43, n.6, p. 827-831, 2013.

- ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v. 38, n.1, p. 1288-1294, 1990.
- 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 pelo método de redução do ferro (FRAP). *Comunicado Técnico: Embrapa Agroindústria Tropical*, p. 1-4, 2006.
- SALEM, I.B; FEKIH, S.; SGHAIER, H.; BOUSSELMI, M.; SAID, M.; LANDOULSI, A.; FATTOUCH, S. Effect of Ionising Radiation on Polyphenolic Content and Antioxidant Potential of Parathion-treated Sage (*Salvia officinalis*) leaves. *Food Chemistry*, v. 141, n.2, p. 1398-1405, 2013.
- SCIO, E.; MENDES, R.F.;MOTTA, E.V.S; BELLOZI, P.M.Q; ARAGÃO, D.M.O;MELLO, J; FABRI, R.L.; MOREIRA, J.R.; ASSIS, I.V.L.; BOUZADA, M.L.M. Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Plant Extracts Phytochemicals as Nutraceuticals, v.1, n.2, p. 21-42, 2012.
- SHAHIDI, F.; NACZK, M. Phenolics in food and nutraceuticals. *Trends in Food Science and Technology*. v. 16, n. 1, p. 171-176, 2005.
- SHAN, B.; CAI, Y.Z.; CORKE, H. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 53, n. 20, p. 7749 – 7759, 2005.
- SHIMANO, M.Y.H. Ação Antioxidante de Extratos de Especiarias e Suas Misturas Binárias e Ternárias Sobre a Estabilidade Oxidativa de Óleo de Soja. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2012.
- SILVA, P. I.; STRINGHETA, P. C.; TEÓFILO, R. F. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extrats using simultaneous analysis of responses. *Journal of Food Engineering*, v. 117, n. 4, p. 538-544, 2013.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, v. 299, n. 14, p. 152–178, 1999.
- SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.
- SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais, *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.
- SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVA, D. A. K.; MEIER, M. M.; SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. *Health na Environment Journal*, v.7, n.2, p. 12-20, 2006.
- TONON, R. V.; GROSSO, A. R. F.; HUBINGER, M. D. Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. *Food Research International*, v.44, n.1, p.282-289. 2011.
- TRINDADE, M. A., GROSSO, C. R. F. The stability of ascorbic acid microencapsulated in granules of rice starch and in gum arabic. *Journal of Microencapsulation*, v.17, n.17, p. 169-176, 2000.
- WOJDYLO, A.; OSZMIANSKI, J.; CZEMERYS, R. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, v. 105, n.1, p. 940-949, 2007.