

AMANDA DOS SANTOS FERNANDES

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE
PERICARPO DE MILHO VERMELHO (*Zea mays L.*)**

DOURADOS - MS

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

AMANDA DOS SANTOS FERNANDES

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE
PERICARPO DE MILHO VERMELHO (*Zea mays L.*)**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Grande Dourados como requisito para a obtenção do Título de Engenheira de Alimentos.

Orientadora: Professora Dra. Caroline Pereira Moura Aranha.

DOURADOS - MS

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F363d Fernandes, Amanda Dos Santos

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS
DE PERICARPO

DE MILHO VERMELHO (*Zea mays* L.) / Amanda Dos Santos

Fernandes -- Dourados: UFGD, 2018.

26f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Caroline Pereira Moura Aranha

TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos)-Universidade
Federal da Grande Dourados Inclui bibliografia

1. milho crioulo. 2. antocianinas. 3. corante natural. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE PERICARPO DE MILHO VERMELHO (*Zea mays* L.)

Amanda dos Santos FERNANDES^{1*}; Caroline Pereira Moura ARANHA¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia
E-mail: amandafeernandes3@gmail.com

RESUMO – Para tornar um alimento atrativo as indústrias utilizam corantes, sendo assim, eles são uma das principais classes dos aditivos essenciais para as indústrias alimentícias. Dentro destes podem-se citar as antocianinas como um dos maiores e principais grupos de pigmentos. A microencapsulação é uma tecnologia usada para proteger produtos de interesse de interferências como luz e oxigênio, entre outros, onde o encapsulante age como uma camada protetora. Desta forma, o objetivo desse estudo foi obter a composição proximal dos grãos de milho vermelho (*Zea mays* L.), caracterizar o extrato do pericarpo do milho vermelho quanto a atividade antioxidante e obter e caracterizar microcápsulas de extrato do pericarpo do milho vermelho por *spray dryer*, utilizando goma arábica como material de parede. Para isso as microcápsulas foram avaliadas em relação a atividade de água, umidade, rendimento de secagem, solubilidade, molhabilidade, eficiência da encapsulação, retenção de antocianinas e cor e parâmetros de morfologia. Além disso, analisou-se o grão do milho para obtenção da composição centesimal e também se fez a caracterização do extrato do pericarpo do milho vermelho. Como resultados, o pó apresentou baixa umidade e atividade de água, o que é ideal para que um produto tenha vida útil estendida. O rendimento de secagem encontrado foi bem elevado, assim como a solubilidade e a molhabilidade das microcápsulas. Análise de cor apresentou resultados semelhantes para o pericarpo e para as cápsulas ambas tendendo para a coloração vermelha. Desta forma a utilização das microcápsulas de extrato de pericarpo de milho vermelho pode se tornar uma alternativa viável como corante alimentício.

Palavras-chave: milho crioulo; antocianinas; corante natural.

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF MICROCAPSULES OF RED CORN PERICARP (*Zea mays* L.)

ABSTRACT - In order to produce a food more attractive the food industry utilize dyes, which are one of the major classes of essential additives for food products. Regarding natural dyes, the anthocyanins are the one of the largest and main groups of pigments. Microencapsulation is a technology used to protect products of interest from interference such as light and oxygen, among others, and the encapsulant acts as a protective matrix. Thus, the aim of this study was to obtain the proximal composition of the red corn (*Zea mays* L.) kernels, to characterize the extract of the pericarp of the red corn in relation to the antioxidant activity and to obtain and characterize microcapsules of the pericarp of red corn extract by spray drying using gum arabic as wall material. It was evaluated the microcapsules in relation to water activity, moisture, yield of powder, solubility, wettability, encapsulation efficiency, anthocyanin retention, color and parameters and morphology. In addition, the corn grain was analyzed to obtain the centesimal composition and the characterization of the pericarp extract of red corn was carried out. As results, the powder presented low moisture and water activity, which is ideal for a product to maintain a high shelf life. The yield value was high, as well as the microcapsules solubility and wettability. The analysis of the color showed similar results for pericarp and microcapsules in both cases tending towards to red color. In conclusion, the use of microcapsules produced by red corn pericarp extract may become viable alternative as food natural dye.

Keywords: Creole corn; anthocyanins; natural dye.

INTRODUÇÃO

Para um alimento ser atrativo para o consumidor, ele deve ter uma aparência adequada. Por essa razão, a cor é um dos principais atributos sensoriais, sendo determinante para despertar o interesse em determinado produto. Deste modo, os corantes é uma das principais classes dos aditivos essenciais para a indústria de alimentos (MALLMANN, 2011).

Os corantes podem ser sintéticos ou naturais, porém os mais utilizados pela indústria alimentícia são os sintéticos. Entretanto, o uso de tal aditivo tem sido alvo de grandes polêmicas quanto a sua inocuidade. Alguns estudos mostram que o uso de corantes sintéticos eleva o risco de pessoas desenvolverem doenças degenerativas (BLUHM et al., 2006; WANG et al., 1997; HARTGE et al., 1982; GAGO-DOMINGUEZ et al., 2001). Sendo assim, o uso de corantes naturais como substitutos dos artificiais tem sido alvo de estudos, por apresentarem ausência de toxidez e não apresentar dano a saúde do consumidor.

Dentre os corantes naturais, as antocianinas é um dos maiores e principais grupos. Elas são pigmentos vegetais responsáveis por uma grande variedade de cores observadas em flores, frutos, algumas folhes, caules, raízes de plantas, que vão desde as tonalidades claras como rosa e vermelho, até tonalidades escuras como roxa, azul e preta (BOBBIO, 1995; GAMARRA, 2009).

Na natureza é possível encontrar diversas fontes de antocianinas, que vão desde folhas, frutas, talos, até mesmo grãos. Em grãos, as altas concentrações de antocianinas se encontram no pericarpo. Estima-se que a produção mundial de antocianinas derivadas de grãos está em torno de 10000 toneladas (TSUDA et al., 1994; ABDEL-AAL et al., 2006).

As antocianinas extraídas de sementes crioulas de milho foram usadas ao longo da história pela civilização Inca na preparação de bebidas e no tingimento de fibras têxteis. Essa civilização obtinha os pigmentos de forma artesanal, utilizando processos mecânicos através de atrito e raspagem da semente (BRACK-EGG, 1999; GAMARRA, 2009).

Apesar do uso das antocianinas como substituintes dos corantes sintéticos ser de grande interesse, a mesma apresenta uma grande desvantagem frente aos sintéticos, pois elas não são estáveis, e mudam de coloração decorrente de reações químicas durante a

vida de prateleira dos produtos alimentícios, pois as antocianinas possuem grupos cromóforos que são muito sensíveis as alterações de pH do meio, oxigênio e a luz (ANDERSEN et al., 1998).

Devido a essa instabilidade das antocianinas, busca-se uma forma de torna-las estáveis por um maior tempo. Uma forma interessante de manter as características por um tempo prolongado é encapsular as antocianinas.

Azeredo (2008) define a encapsulação como um método de empacotamento de partículas em cápsulas comestíveis, onde a capsula que engloba o material de interesse é denominada encapsulante ou material de parede e o material encapsulado como recheio ou núcleo.

A atomização é uma técnica relativamente barata, e a mais utilizada pela indústria de alimentos. É um dos métodos mais antigos de encapsulação, tendo sido usado na década de 1930 para preparar os primeiros compostos de sabor encapsulados (DZIEZAK,1988).

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar o milho vermelho e o extrato do pericarpo e obter cápsulas de extrato de pericarpo de milho vermelho por *spray dryer*, utilizando goma arábica como material de parede, para a utilização como um corante natural na indústria de alimentos, avaliando quanto a atividade de água, umidade, rendimento de produção de pó, solubilidade, molhabilidade, eficiência da encapsulação, retenção de antocianinas e parâmetros de cor e morfologia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os grãos de milho vermelho foram adquiridos na 14^o Feira de Sementes Crioulas realizada no Município de Juti- MS. O pericarpo do milho vermelho foi retirado manualmente dos grãos, em seguida secos em estufa de circulação de ar a 45°C e triturados em liquidificador industrial para diminuição do tamanho da partícula. O material de parede utilizado para preparo da emulsão para secagem em *spray dryer* foi a Goma Arábica em pó pura CAS [9000-01-5].

Composição proximal e análises físico-químicas dos grãos de milho

As sementes do milho foram separadas manualmente da espiga, e em seguida fez-se a separação do pericarpo manualmente também. As determinações analíticas de umidade, lipídios, cinzas e fibras do milho vermelho foram realizadas de acordo com os métodos oficiais da AOAC (2000). A umidade foi determinada em estufa a 105 °C, sendo

o resultado expresso em g de água 100 g⁻¹ de milho vermelho. O teor de cinzas (g de cinzas 100 g⁻¹ de milho vermelho) foi determinado por incineração em mufla a 550 °C. O teor de lipídeos totais (g de lipídeos 100 g⁻¹ de milho vermelho) foi obtido através do método de *Bligh e Dyer*. O teor de fibra bruta foi determinado por meio da dissolução da amostra, sucessivamente em solução ácida e básica em digestor semi industrial (TE- 149-Tecnal). O resíduo não dissolvido constituiu a fibra. As proteínas foram determinadas pelo método de micro *Kjeldahl* descrito pela AOAC (1995), multiplicando o seu resultado e pelo fator de conversão utilizado para alimentos em geral (6,25) e expresso em porcentagem de proteína. Os carboidratos totais foram quantificados por diferença segundo fração nifext. As análises de pH, atividade de água se deram seguindo a metodologia descrita pela AOAC (1995). A medida de diâmetro foi dada a partir de um paquímetro. A acidez Titulável total foi determinada pelo método da titulação volumétrica com indicador.

Obtenção do extrato do pericarpo do milho vermelho

Os extratos do pericarpo do milho vermelho foram obtidos com uma solução de álcool etílico 70% acidificado com ácido clorídrico 25% até pH 1, na proporção de 1:10 de pericarpo: álcool etílico 70 % acidificado em banho-maria a temperatura de 50°C por 2 horas. Em seguida, filtrou-se a mistura e o sobrenadante foi submetido a evaporador rotativo sob pressão reduzida a 60 °C.

Medida de cor do pericarpo do milho vermelho

A cor do pericarpo de milho vermelho foi avaliada por medidas objetivas em colorímetro (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japão) com observador a 10° e iluminante D 65 pelas medidas de transmitância e de luminosidade. Antes de realizar a análise, o equipamento foi calibrado com as cores branco e preto padrão. Nesse sistema, L^* representa a luminosidade da cor, com variações desde 0 = preto até o 100 = branco; a^* pode ter valores positivos (vermelho) ou negativos (verde) e b^* pode ter valores positivos (amarelo) ou negativos (azul). O ângulo de tonalidade cromática (h) foi calculado através da equação 1 e a saturação da cor (C) pela equação 2.

$$h = \arctg \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Eq. (2)}$$

Caracterização do extrato do pericarpo do milho vermelho

Compostos fenólicos totais

A quantificação de compostos fenólicos totais foi determinada por espectrofotometria, utilizando reagente de Folin-Ciocalteu, segundo a metodologia descrita por Singleton e Rossi (1965). Nesse procedimento, pipetou-se 100 μL da solução de extrato natural em tubos de ensaio e adicionou-se 500 μL do reagente Folin-Ciocalteu. Em seguida, adicionou-se 1,5 mL de solução saturada de carbonato de sódio 20% e 6 mL de água destilada. Essa mistura permaneceu em repouso por 2 horas em temperatura ambiente e a absorbância foi determinada a 765 nm. Os valores de fenólicos totais foram encontrados através da curva padrão de ácido gálico e o resultado expresso como equivalentes de ácido gálico (mg de equivalente de ácido gálico g^{-1} de amostra).

Medida da capacidade de sequestrar radicais livres (DPPH)

Baseado no procedimento de Brand-Williams et al., (1995), foi preparada a solução metanólica com concentração de 250, 500 e 750 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de extrato. Cada amostra desta solução (0,1 mL) foi adicionada a 3,9 mL de solução de DPPH (40 $\mu\text{g mL}^{-1}$) em diferentes concentrações (5; 10; 25; 50; 125 e 250 $\mu\text{g mL}^{-1}$). Um controle foi feito com 3,9 mL de DPPH e 0,1 mL de metanol. Utilizou-se álcool metílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. As leituras foram realizadas em um comprimento de onda de 515 nm, e foram monitoradas a cada minuto até que fosse observada redução da absorbância até sua estabilização.

Para os cálculos, foi substituído o valor correspondente à metade da absorbância inicial do controle pelo y da equação da curva do DPPH para encontrar o consumo em μM DPPH e, em seguida, transformou-se para g DPPH.

$$\text{Equivalência de controle e DPPH: } y = ax - b \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde: y = Absorbância inicial do controle / 2

x = resultado em μM DPPH

Obs.: conversão para g DPPH através da transformação:

$$DPPH = \left(\frac{\mu\text{M DPPH}}{1000000} \right) * 394,3 \quad \text{Eq. (4)}$$

A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos foi plotado a absorbância no eixo y e diluição (mg L^{-1}) no eixo x e, determinou-se a equação da ~~reta~~

Cálculo do EC50:

$$y = -8973,4x + 3231,9 \text{ e } R^2 = 0,7897 \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde: y = Absorbância inicial do controle / 2

x = EC₅₀ (mg L⁻¹).

A partir do resultado de EC₅₀ (mg L⁻¹) encontrado na Equação 5, o valor foi dividido por 1.000 para se ter o valor em g. Posteriormente, esse valor foi dividido pelo valor encontrado em g DPPH para obtenção do resultado final que foi expresso em g g⁻¹ DPPH.

$$\text{EC}_{50} (\text{g g}^{-1} \text{ DPPH}) = (\text{EC}_{50} (\text{mg L}^{-1}) / 1.000 * 1) \text{ g}^{-1} \text{ DPPH}. \quad \text{Eq. (6)}$$

Teor de antocianinas

A determinação do teor de antocianinas foi realizada através do método de pH diferencial descrita por Giusti e Wrolstad (2001) com modificações. Utilizou-se dois sistemas tampão: ácido clorídrico/ cloreto de potássio pH 1,0 (0,025 M) e ácido clorídrico/ acetato de sódio pH 4,5 (0,4 M). Com 0,2 mL de uma amostra diluída de extrato (para conseguir uma absorbância na faixa de 0,10-1,2 a 510 nm) adicionou-se 1,8 mL da correspondente solução tampão e mediu-se a absorbância frente a um branco (solução tampão sem amostra) a 510 nm e 700 nm. A quantificação foi feita através das equações 7 e 8 e o resultado expresso em equivalente da antocianina principal, cianidina-3-glucosídeo.

$$A = [(Abs_{510nm} - Abs_{700nm})_{pH 1,0} - (Abs_{510nm} - Abs_{700nm})_{pH 4,5}] \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\text{Teor de antocianinas (mg. } 100g^{-1}) = \frac{A * PM * FD * 1000}{\epsilon} \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde: Abs_{510nm} Abs_{700nm} e A são as absorbâncias medidas nos comprimentos de onda de 510 e 700 nm nos diferentes pH 1,0 e 4,5;

PM é o peso molecular da cianidina-3-glucosídeo (449,2 g.mol⁻¹);

FD é o fator de diluição (10);

ε é a absorvividade molecular (26900) da cianidina-3-glucosídeo.

Produção de microcápsulas

O material a ser encapsulado foi o extrato do pericarpo de milho vermelho, e o material encapsulante utilizado foi a Goma Arábica em pó pura CAS [9000-01-5]. Para a

encapsulação utilizou-se uma solução de 35% como concentração total do agente carreador. O material de parede foi dissolvido em água destilada à temperatura ambiente e misturado com o auxílio de um bastão de vidro até sua completa dissolução. Após a dissolução, a suspensão foi reservada à 10°C por 24h a fim de garantir a completa hidratação do polímero. Após esse tempo, adicionou-se o extrato do pericarpo do milho vermelho à suspensão em uma proporção de 5%, sendo homogeneizado com auxílio de mixer por 5 minutos.

O material encapsulado foi seco em spray dryer (LM MSD 1.0), com bico atomizador tipo duplo fluido. As condições operacionais de secagem foram fixas onde: temperatura do ar de secagem de entrada 180°C e saída 120°C; pressão de atomização: 3 a 7 bar; vazão média do ar de secagem: 0,70 a 1,95 m³/min; vazão média de alimentação: 0.20 L/h. As microcápsulas produzidas foram acondicionadas em embalagens de polietileno seladas, protegidas da luz e armazenadas em dessecador com sílica gel para não absorver umidade do ambiente.

Caracterização das microcápsulas

As microcápsulas de extrato do pericarpo do milho vermelho foram submetidas a análises de atividade de água, umidade, rendimento de secagem, solubilidade, molhabilidade, eficiência da encapsulação, retenção de antocianinas e parâmetros de cor e morfologia.

Atividade de água

A atividade de água (A_w) das microcápsulas foi realizada em triplicata utilizando o equipamento AquaLab CX-2- série 3.

Umidade

O conteúdo de umidade das microcápsulas foi determinado por meio do método gravimétrico, em estufa com circulação e renovação de ar, à temperatura de 105 °C (AOAC, 1995).

Rendimento de secagem

O rendimento de secagem foi calculado segundo Souza (2013), pela relação entre a massa seca de pó obtida (m_{spó}) e a massa de sólidos totais contidos na dispersão que

alimentava o spray dryer (mmistura), expresso em porcentagem (%). De acordo com a Equação 7.

$$\text{Rendimento} = \frac{m_{\text{spo}}}{m_{\text{mistura}}} \times 100 \quad \text{Eq. (9)}$$

Solubilidade

A solubilidade das microcápsulas foi determinada de acordo com o método proposto por Cano-Chauca et al. (2005), onde 1 g de amostra foi adicionado a 100 mL de água destilada e agitada por 5 minutos. A solução foi centrifugada a 3000×g por 5 minutos. Transferiu-se uma alíquota de 20 mL do sobrenadante para placa de Petri previamente tarada sendo, em seguida, aquecida em estufa a 105 °C por 5 horas. A porcentagem de solubilidade foi calculada por diferença de peso.

Molhabilidade

A molhabilidade das microcápsulas foi determinada pelo método descrito por Fuchs et al. (2006). Um grama do pó foi polvilhado sobre a superfície de 100 mL de água destilada a temperatura ambiente (20°C) sem agitação. O tempo necessário para as microcápsulas sedimentarem ou submergirem e desaparecerem da superfície da água foi medido através de um cronômetro digital.

Eficiência de encapsulação (EE)

Foi considerada como eficiência da encapsulação a relação da quantidade de antocianinas contidas no interior e exterior das cápsulas.

Para avaliar o conteúdo de antocianinas no exterior das cápsulas utilizou-se a metodologia descrita por Tosoni e Rodrigues (2013), em que 0,5 g de pericarpo de milho vermelho encapsulado foi dissolvido em 20 mL de etanol absoluto P.A. em tubos falcon. Posteriormente, os tubos foram colocados em banho ultrassônico por 15 minutos seguido de centrifugação a 3000 rpm por 5 minutos. O sobrenadante resultante foi utilizado na execução da análise de antocianinas.

Para a realização da análise de concentração total de antocianinas nas cápsulas, executou-se a ruptura das cápsulas, segundo Souza (2013), onde, em tubos falcon, 0,5 g de cada amostra em pó foi diluída com 20 mL de solução de metanol 80% acidificado (ácido clorídrico 0,2%), facilitando a separação dos agentes encapsulantes e extração dos compostos. Após os tubos foram depositados em banho ultrassônico por 15 minutos

seguido de centrifugação a 3000 rpm por 5 minutos. O sobrenadante resultante foi utilizado na execução das análises de antocianinas.

A eficiência da encapsulação (EE) foi calculada e expressa em porcentagem (%) aplicando a Equação:

$$\%EE = \frac{CT-CS}{CT} \times 100 \quad \text{Eq. (10)}$$

onde CT a concentração total de antocianinas nas cápsulas e CS a concentração superficial de antocianinas nas cápsulas

Retenção de antocianinas (RT)

Inicialmente foi determinada a quantidade de antocianinas presentes no pericarpo do milho vermelho, seguindo a metodologia descrita no item Teor de antocianinas.

A retenção foi expressa em porcentagem, relacionando a quantidade de antocianinas contidas no pó e a quantidade inicial contida na solução, antes da operação de secagem, através da Equação:

$$\%RT = \frac{CT}{CI} \times 100 \quad \text{Eq. (11)}$$

onde CT é a concentração total de antocianinas nas cápsulas e CI é a concentração inicial de antocianinas no pericarpo de milho vermelho.

Medidas de cor das microcápsulas

A cor das microcápsulas do extrato do pericarpo de milho vermelho foi realizada conforme o item medida de cor do pericarpo do milho vermelho.

Morfologia e microestrutura das cápsulas

Para observação das micropartículas secas utilizou-se um microscópio ótico Olympus CX31 com CMOS câmera colorida SC30 munido do software AnalySIS getIT para obtenção das imagens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos grãos de milho vermelho

Composição proximal e análises físico-químicas

Os resultados encontrados das análises da composição proximal dos grãos de milho vermelho são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição proximal de grãos de milho vermelho.

Análises	Resultado g.100g⁻¹
Cinzas	1,12 ± 0,04
Lipídeos	4,13 ± 0,44
Fibras	2,58 ± 0,47
Proteínas	9,34 ± 0,13
Umidade	11,31 ± 0,09
Carboidratos	71,52 ± 0,20

A umidade dos grãos de milho de milho vermelho foi de 11,31 g.100g⁻¹, este valor se aproxima com os resultados do estudo de Gamarra et al. (2009), que ao estudar sobre sementes crioulas de milho vermelho e roxo, encontrou um valor médio de 14, 34% em lotes contendo ambos os grãos. Em seu estudo, Stefanello (2014) encontrou valores para as variedades de milho crioulas oito carreiras e lombo baio apresentaram um teor de umidade de 13% e a variedade cabo roxo de 14%. Tais valores diferem do resultado encontrado neste trabalho, essa diferença pode ser explicada por vários fatores, como questões de localização de cultivo, tipo de variedade, clima, entre outros.

Em relação a conteúdo mineral ou cinzas, o valor encontrado neste trabalho foi de 1,12 g.100g⁻¹. Gamarra et al. (2009) encontraram valores semelhantes de teor de minerais ao estudar variedades de milho crioulo vermelha e roxa, sendo para lotes com ambas as variedades foi de 1,00%. Em outros trabalhos encontrados na literatura, o teor de minerais determinados em sementes de milho crioulas foi de 1,56% (LUCHIN; BARCACCIA; PARIN, 2003). Por outro lado, Gonçalves et al. (2003) encontraram valores de cinzas em híbridos de milho uma média de 1,27% e Bressani et al. (1990) obtiveram resultados de resíduo mineral em uma faixa de 1,10 a 1,40%.

O teor de proteínas encontrado nas sementes de milho vermelho foi de 9,34 g.100g⁻¹. Esse valor aproximou-se de algumas variedades de milhos crioulos estudadas por outros pesquisadores. Steinmacher (2005), encontrou valores de proteínas em g.100g⁻¹, para as variedades Rosado, Roxo e Pixurum 05 de 11,33, 11,01 e 9,1, respectivamente. Para as variedades Cabo Roxo encontrou-se um valor de proteínas de 10,51%, para a Oito carreiras 10,25 % e Lombo Baio de 9,64 % (STEFANELLO, 2014). De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), o teor e a composição de proteínas variam em função das

condições do ambiente e das técnicas de cultivo que afetam o estado nutricional das plantas (adubação nitrogenada). O nitrogênio fornecido de forma adequada em condições favoráveis para o crescimento das plantas propicia um aumento na produção do teor de proteína (HAVLIN et al. 2005).

O teor de lipídeos encontrado foi de $4,13 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$, tal valor se aproxima ao encontrado por Steinmacher, (2005) para a variedade de milho crioulo roxo de $4,87 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$. Na literatura encontra-se valores de lipídeos para outras variedades de sementes crioulas, como a lombo baio $6,13 \%$ e oito carreiras $5,93\%$ (STEFANELLO, 2014). De acordo com Paes (2011), o percentual de lipídios presentes na semente de milho é, em média, $4,5\%$.

O valor encontrado para teor de fibras dos grãos de milho vermelho foi de $2,58 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$. Tal valor encontrado é parecido com o encontrado por Gamarra et al. (2009), onde ao analisar grãos de milhos crioulos das variedades roxo e vermelho encontrou um teor de fibras de 3% . De acordo com Picolli e Ciocca (1997) e Gutkoski e Trombetta (1998), os teores de fibras variam com a cultivar, condições de desenvolvimento, práticas culturais e tamanho da semente.

Em relação ao teor de carboidratos encontrado nos grãos de milho crioulo vermelho, o valor foi de $71,52 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$. Este valor está bem acima do valor encontrado por Gamarra et al. (2009), que ao estudar milho vermelho e roxo encontrou um teor de carboidratos de $51,78\%$. Na literatura encontra-se outros valores para teor de carboidratos não fibrosos. Stefanello (2014) encontrou teores de carboidratos para diferentes variedades de milho crioulo, para a variedade Oito carreiras $63,8\%$, Cabo Roxo $62,9\%$, Lombo Baio $65,9$ e para a variedade Híbrido S-395 $71,2\%$. De acordo com Paes (2006), o milho é especialmente rico em carboidratos, essencialmente o amido, o que o caracteriza como alimento energético, sendo que essa fração corresponde, em média, a 72% das sementes.

Para as análises físico-químicas dos grãos de milho vermelho, os resultados estão expressos na Tabela 2. O valor encontrado para pH foi de $6,67$, tal valor se assemelha ao encontrado por Gamarra et al., 2009, que ao estudarem sobre sementes crioulas de milho encontro um valor de $5,83$ para pH. A pouca diferença ente os resultados podem ser explicados porque em seu estudo, os autores analisaram duas variedades de milho, a roxa e a vermelha, enquanto nesse estudo foi analisado apenas a variedade crioula de milho vermelha. Para a análise de diâmetro o valor encontrado foi de $10,91 \text{ mm}$, esse valor foi próximo ao valor encontrado por Gamarra et al. (2009), onde em um estudo sobre

variedades crioulas de milho vermelho e roxo os autores encontraram um valor de diâmetro de 10,51 mm.

Em relação a Atividade de água e acidez Titulável os resultados foram 0,536 e 0,005, respectivamente. Na literatura não foi possível encontrar valores para essas análises de milhos crioulos já que esse tipo de material é pouco estudado. Pode-se salientar, que a atividade de água é um fator importante para a qualidade de um grão, valores elevados de atividade de água significam que o meio é propício para o crescimento e multiplicação de microrganismos.

Tabela 2 – Caracterização física de grãos de milho vermelho.

Análises	Resultado
PH	6,67 ± 0,03
Atividade de água	0,536 ± 0,008
Acidez Titulável (g _{ac} .100g ⁻¹)	0,005 ± 0,0005
Diâmetro (mm)	10,91 ± 0,62

Caracterização do extrato do pericarpo do milho vermelho

Potencial antioxidante do extrato do pericarpo do milho vermelho

Os compostos fenólicos são substâncias amplamente distribuídas na natureza, mais de 8000 compostos fenólicos já foram detectados em plantas. Eles podem ser pigmentos, que dão a aparência colorida aos alimentos, ou produtos do metabolismo secundário. Esses compostos agem como antioxidantes, não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995).

O resultado encontrado para compostos fenólicos no presente trabalho foi de 86,33 mg EAG. 100g⁻¹. Barbosa (2016) ao estudar diferentes genótipos de milho roxo encontrou resultados de compostos fenólicos totais para as variedades TO 002, ES 0,06, RO 013 e BAG 0661 de 959,6, 860,8, 756,3 e 690 mg EAG. 100mg⁻¹, respectivamente. A concentração de fenólicos totais e antocianinas em grãos de milho de coloração vermelha, roxa e preta está correlacionada com a diferença total da cor, sendo grãos mais escuro aqueles com maior concentração de fenólicos (AGUAYO-ROJAS et al., 2012; HU; XU, 2011).

Na literatura encontram-se outros resultados para compostos fenólicos de sementes crioulas de milho. Em seu estudo Stanquevis (2013) relata valores de fenólicos totais para grão de milho roxo de 5,01 mg EAG.g⁻¹ e para o sabugo 40,4 mg EAG.g⁻¹. Para o autor essa diferença já era esperada que o grão apresentasse menor conteúdo de fenólicos totais em relação ao sabugo, já que a sua maior concentração é de amido e açúcares, ficando compostos fenólicos presentes principalmente no pericarpo do grão.

Comparando o resultado de compostos fenólicos totais encontrados no presente trabalho com os dados de outros grãos de milho crioulas citados na literatura, nota-se uma discrepância nos valores, isso se dá devido a diversos fatores, como a coloração dos grãos, condições climáticas ou biológicas, local de cultivo do grão, isso tudo influencia na determinação de compostos fenólicos totais.

O potencial antioxidante expresso em EC₅₀ demonstrou a quantidade do extrato do pericarpo do milho vermelho necessário para reduzir em 50% a ação do radical DPPH. Valores de EC₅₀ baixos indicam um potencial antioxidante maior. O valor encontrado foi de 0,07g de extrato. g⁻¹DPPH. Em seu estudo, Mex-Alvarez (2013) encontrou valores de EC₅₀ para o milho vermelho de 28,8 mg. L⁻¹ e para o milho roxo 17,3 mg. L⁻¹. Enquanto Moreno (2012) encontrou valores de EC₅₀ para o extrato de estigma de milho vermelho de 51, 76µg.mL⁻¹, ou seja, são necessários 51,76 microgramas de extrato para alcançar 50% de inibição dos radicais livres.

Para o extrato do pericarpo de milho vermelho encontrou-se um teor de antocianinas totais de 6,01 mg.100g⁻¹. Em seu estudo Gamarra et al. (2009) encontrou valores muito superiores ao encontrado neste presente trabalho. Em seu estudo, o autor fez a quantificação de conteúdo total de antocianinas (CTA) por diferentes metodologias, e encontrando valores de CTA de 194 mg.100g⁻¹ por imersão em metanol, 137 mg.100g⁻¹ por lixiviação e 83 mg.100g⁻¹ pela metodologia de extração supercrítica para extrato de pericarpo de milho vermelho. Tal diferença de valores pode ser explicada principalmente pela forma de extração das antocianinas. Para cada metodologia usada pelo autor citado, existe uma grande tecnologia aplicada, sendo controlada varias variáveis como temperatura, pH, pressão, entre outras. Além disso outros fatores podem interferir na quantidade de antocianinas presentes no grão uma vez que são sensíveis a luz, temperatura, oxigênio. Pode ter ocorrido a degradação das antocianinas presentes no pericarpo do milho vermelho, interferindo na quantificação dos pigmentos presentes na amostra pela exposição aos fatores supracitados durante o armazenamento

CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

Os grãos de milho vermelho, o pericarpo e as cápsulas do extrato do milho estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Imagens dos diferentes estágios do milho durante o trabalho (a) grão inteiro do milho vermelho; (b) pericarpo do milho vermelho; (c) cápsulas do extrato do pericarpo do milho vermelho obtidas pro spray dryer.



Os resultados obtidos na caracterização das microcápsulas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização das microcápsulas do extrato de pericarpo de milho vermelho em matriz de goma arábica.

Análise	Resultado
Atividade de água	0,32±0,001
Umidade g.100g ⁻¹	6,00±0,01
Rendimento de secagem (%)	62,97
Solubilidade (%)	81,07±0,2
Molhabilidade (s)	662±77,07

A atividade de água (A_w) é um dos parâmetros mais importantes para a estabilidade química, microbiológica e vida comercial dos alimentos, pois é a medida do grau em que a água está ligada ao alimento e está indisponível para a atividade química e microbiológica (Rahman; Labuza, 2007). No presente estudo encontrou-se um valor de 0,32 de atividade de água. Em relação a umidade encontrou-se valores de 6 g.100g⁻¹. Carvalho (2017) em seu estudo encontrou valores de atividade de água de 0,253 e umidade 3,68% usando como material de parede goma arábica ao encapsular extrato de polpa de juçara. Em outro estudo sobre encapsulação de própolis o autor encontrou valores para a matriz de goma arábica umidade de 5,63 e atividade de água de 0,36 (TOSONI; RODRIGUES, 2013).

Tanto a umidade quanto a atividade de água são parâmetros importantes para o estudo da deterioração de um produto. De acordo com Masters (1985), a umidade não deve apresentar valores maiores que 5% para garantir um prolongamento maior da vida útil do produto. Para tanto, a determinação da atividade de água, ou seja, a intensidade com a qual a água está associada com os constituintes da fase não aquosa, apresenta uma importante relação com os possíveis processos de degradação ocasionados pelo crescimento de microrganismos e reações químicas (REID; FENNEMA, 2008). Em atividade de água abaixo de 0,6, quase todos os microrganismos têm seu crescimento inibido.

Para o resultado de rendimento da secagem utilizando goma arábica como material de parede, encontrou-se um valor de 62,97% sendo superior a outros estudos utilizando o mesmo material de parede. Tosoni e Rodrigues (2013) encontraram valores de rendimento de 42,83 % para encapsulação de própolis usando goma arábica como material de parede. Pante (2014) encontrou valor de 32,09% de rendimento ao analisar polpa de amora preta e como encapsulante goma arábica.

Segundo Goula (2005) o rendimento pode ser influenciado pelas condições de secagem no *spray dryer*, como temperatura do ar de secagem de entrada, concentração dos compostos de interesse e tipo de agente encapsulante, vazão da alimentação da mistura, vazão de ar comprimido e vazão do ar de secagem.

A solubilidade de pós é uma característica muito importante pois ela está relacionada a dispersibilidade e propriedades de reconstituição e ressalta o bom resultado na escolha do material de parede (COSTA, 2013).

Observando os dados da Tabela 3, o valor encontrado para solubilidade foi de 81,07% para microcápsulas de extrato de pericarpo de milho vermelho. Tosoni e Rodrigues (2013) encontram valor parecido (86%) ao encapsular própolis usando goma arábica como material de parede. Oliveira (2013) encontrou valor de 87,15% para solubilidade de polpa de morango atomizada utilizando goma arábica. Tonon et al. (2013) ao microencapsular açaí encontrou um valor de solubilidade de 94,78% utilizando a mesma matriz encapsulante. Já Felix (2014) encontrou valor de 49,57% para solubilidade de cápsulas de óleo essencial de canela com goma arábica de material de parede. Pode-se observar com esses dados que o núcleo da capsula pode interferir diretamente na solubilidade do pó em água, se for um material hidrofóbico, a tendência da solubilidade é baixa.

A molhabilidade é um fator muito importante para o estudo de microencapsulados pois é este parâmetro que indica o tempo de reconstituição dessa microcápsula em água.

Neste estudo o resultado encontrado para molhabilidade foi de 662 segundos. Em seu trabalho Catelam (2013) encontrou valor para molhabilidade de polpa de maracujá com leite desnatado usando goma arábica como material de parede de 470 segundos.

Bae & Lee (2008) citaram que uma possibilidade de tempos elevados para molhabilidade pode estar relacionado com o material hidrofóbico na superfície das partículas o que dificultaria penetração da água na partícula.

Processos de microencapsulação utilizando secagem por atomização com temperaturas de entrada de ar muito elevadas podem causar a formação de uma camada rígida, dificultando a difusão de água pelo material de parede, reduzindo assim a molhabilidade (Chegini & Ghobadian, 2007). Outro motivo que explica os altos valores de molhabilidade no ensaio utilizando goma arábica na secagem por atomização é o fato do tamanho das partículas serem pequenos, o que reduz a formação de interstícios na sua estrutura, acarretando um tempo maior de molhabilidade (Vissoto et al., 2006).

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para a eficiência de encapsulação e retenção de antocianinas das cápsulas com o extrato de pericarpo de milho vermelho em matriz de goma arábica.

Tabela 4 - Eficiência da Encapsulação (%) e Retenção de Antocianinas (%) das cápsulas de extrato de pericarpo de milho vermelho em matriz de goma arábica.

Análise	Resultado (%)
Eficiência de Encapsulação (EE)	62,5
Retenção de Antocianinas (RT)	21,92

Com o valor de antocianinas do extrato do pericarpo do milho vermelho e com a quantidade de antocianinas superficial e total das microcápsulas calculou-se a eficiência de retenção (EE) e a retenção de antocianinas (RT), e esses valores estão apresentados na Tabela 4. Em seu trabalho Rosa (2012) encontrou um valor de 52% de eficiência de encapsulação usando goma arábica ao encapsular extrato fenólico de amora preta com β -ciclodextrina e hidrogel.

A eficiência de encapsulação mostra a quantidade de antocianinas que estão efetivamente encapsulados, ou seja, as antocianinas que estão protegidos pela matriz encapsulante descontando as que se encontram na superfície da partícula, enquanto que na retenção de antocianinas avalia-se a quantidade de antocianinas presentes na partícula,

independente da sua localização, podendo estar na superfície da cápsula ou no seu interior. A eficiência depende, dentre outros fatores, da afinidade entre o material de parede e a substância a ser encapsulada.

Jafari et al. (2008) citaram que a eficiência de encapsulação é um dos parâmetros mais importantes nos processos de microencapsulação, pois é a partir deste parâmetro observa-se a quantidade de material ficou retido no núcleo e o quanto foi perdido no processo.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros de cor para o pericarpo do milho vermelho e das microcápsulas em matriz de goma arábica.

Tabela 5 - Parâmetros de cor a^* , b^* , L^* , C e h para o pericarpo do milho vermelho e (PMV) e para as microcápsulas em matriz de goma arábica (GA).

Teste	a^*	b^*	L^*	C	h
PMV	14,86±0,58	6,25±0,54	41,94±0,72	16,2±0,72	22,77±1,13
GA	12,36±0,16	12,16±0,18	51,75±1,75	17,34±0,13	44,54±0,65

O parâmetro a^* apresentou valores positivos para ambos os testes, sendo para PMV 14,86 e para GA 12,36, tal valor tende para a cor vermelha, esses valores são esperados já que as amostras são provenientes de milho vermelho, cujo pigmento predominante são as antocianinas, responsável pela coloração vermelha, azul e violeta em diferentes frutos e flores. Para a coordenada b^* os valores também deram positivo, tendendo assim para a cor amarela, sendo para PMV um valor de 6,25 e GA 12,16.

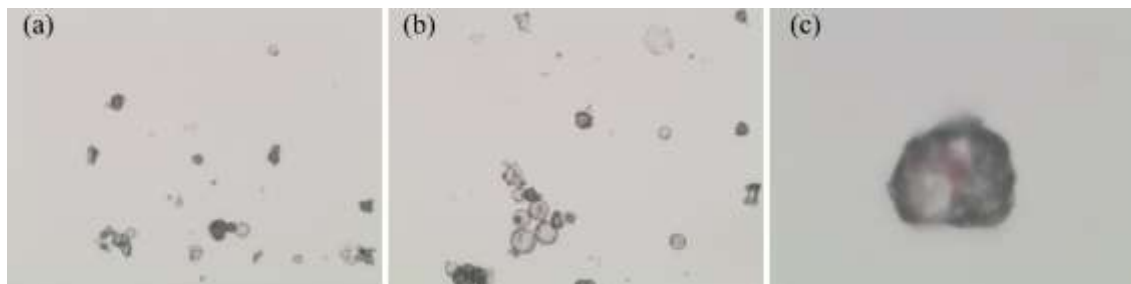
A partir da Tabela 5, é possível notar que o material de parede interferiu na coloração. Observa-se um aumento no parâmetro b^* e uma diminuição no parâmetro a^* comparando p pericarpo do milho vermelho com as microcápsulas. Isso se deve a coloração do material de parede, já que a goma arábica apresenta uma coloração levemente amarelada. Sendo assim, as microcápsulas apresentaram um valor maior para a coordenada b^* tendendo mais para o amarelo. Quanto a Luminosidade (L^*) pode-se observar que em relação ao pericarpo a coloração foi mais escura, e as microcápsulas o valor encontrado tendeu para a coloração mais clara, devido a coloração do material de parede.

Em relação ao parâmetro Luminosidade (L^*), o valor obtido foi de 51,75 para as microcápsulas e de 41,94 para o pericarpo do milho vermelho. Em um estudo realizado por Pinto (2009) com diferentes variedades de milho crioulo, o mesmo obteve para as variedades avermelhadas menores valores de L^* quando comparados com variedades de

Milho branco, que apresentaram maiores resultados de luminosidade, já que o parâmetro L^* identifica maiores valores quanto mais claros os grãos.

A morfologia das cápsulas do extrato de pericarpo de milho vermelho obtidas por microscopia ótica se encontra na Figura 2.

Figura 2- Imagens obtidas por microscopia ótica das cápsulas de extrato de pericarpo de milho vermelho na matriz de goma arábica nas lentes de aumento de (a) 4x; (b) 10x; (c) 40x.



As cápsulas foram observadas por microscopia ótica, a fim de constatar a formação das micropartículas e avaliar o seu formato. A partir da Figura 2 é possível observar que as partículas apresentam formato esférico na sua grande maioria e com bordas irregulares e paredes finas. Pode-se notar também que algumas cápsulas apresentam forma de cristal.

As microcápsulas são pequenas esferas de tamanho variável entre 1 e 100 μm . Na verdade, esta variação pode estar associada aos materiais e métodos escolhidos, assim, dependendo das propriedades físico-químicas do núcleo, da composição da parede e da técnica de microencapsulação, pode-se obter diferentes tipos de partículas (GARCIA, 2016).

CONCLUSÃO

Desta forma, pode-se concluir que o milho vermelho apresenta ótimos resultados quanto a composição proximal e o extrato do pericarpo do milho vermelho apresenta potencial antioxidante apresentando valores consideráveis de compostos fenólicos e antocianinas.

Os valores de umidade e atividade de água das microcápsulas foram baixos, o que é ideal para a conservação do produto. O rendimento de secagem foi elevado, mostrando assim que a goma arábica pode ser excelente escolha para microencapsulação em spray dryer. Além disso este material de parede fornece uma solubilidade alta para as cápsulas.

A cor das cápsulas indica uma tendência para o vermelho. Sendo assim, os resultados obtidos indicam a possibilidade de utilização das microcápsulas como um corante natural em produtos alimentícios, além de iniciar estudos empregando sementes crioulas na utilização de corantes naturais em decorrência de sua coloração intensa.

REFERÊNCIAS

- Abdel-Aal, E. S. M.; Young, C. H.; Rabalski, I. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, n. 13, p. 4696–4704, 2006.
- Aguayo-Rojas, J. et al. Phytochemicals and antioxidant capacity of tortillas obtained after lime-cooking extrusion process of whole pigmented mexican maize. *Plant Foods for Human Nutrition*, Dordrecht, v. 67, n. 2, p. 178-185, June 2012.
- Andersen, O.M.; Fossen, T. Anthocyanins with an unusual acylation pattern from stem of *Allium victorialis*. *Phytochemistry*. v.40, n.6, p. 1809-1812, 1995
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 16th ed. Washington.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 17th ed. Virginia
- Azeredo, HMC de. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2008.
- Bae, E. K.; Lee, S. J. 2008. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrina. *Journal of Microencapsulation*, v. 25, n.8, p. 549-560.
- Barbosa, Natália Alves. Caracterização de compostos bioativos em germoplasma de milho e aplicação em biopolímeros alimentícios / Natália Alves Barbosa. – Lavras: UFLA, 2016. 160 p.
- Bluhm, E. C. et al. Personal hair dye use and risks of glioma, meningioma, and acoustic neuroma among adults. *American Journal of Epidemiology*, v. 165, n. 1, p. 63–71, 2007.
- Bobbio, P. A.; Bobbio, F. O. Pigmentos naturais. In: BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O.(Ed.) *Introdução à Química de Alimentos*. 2ª ed., São Paulo: Varela, 1995. cap.6, p.191-223.
- Brack-Egg, A.; Zea Mays, L. *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Peru*. 1 ed. Cuzco, Perú: Imprenta-Editorial del Centro Bartolomé de Las Casas, 1999. p. 537-538.
- Brand-Wiliams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, v.28, p.25-30.

Bressani, R.; Benavides, V.; Acevedo, E.; Ortiz, M. A. Changes in Selected Nutrient Contents and in Protein Quality of Common and Quality-Protein Maize During Rural Tortilla Preparation. *Cereal Chemistry*. v.67, n.6, p.515-518, nov./dez. 1990.

Cano-Chauca, M.; Stringheta, P. C.; Ramos, A. M.; Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional.

Carvalho, Ana Gabriela da Silva et al. Estudo da inclusão de antocianinas de extrato da polpa de juçara ("Euterpe edulis" Martius) em partículas produzidas por spray drying e gelificação iônica. 2017.

Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.

Catelam, Kelly Tafari. Estudo da influência da proporção de um mix leite/polpa de maracujá na produção de pó obtido por três diferentes métodos de secagem. 2010.

Chegini, G. R.; Ghobadian, B. 2007. Spray dryer parameters for fruits juice drying. *World Journal of Agricultural Science*, v. 3, n.2, p. 230-236.

Costa, J. M. G. 2013. Eficiência de diferentes encapsulantes e conduções operacionais de secagem por atomização na produção e aplicação de micropartículas de bioaroma de queijo suíço. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Departamento de Ciência dos Alimentos, UFLA. Lavras-MG.

Dziezak, J.D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technol.*, v.42, n.4, p.136-151, 1988.

Felix, Pedro Henrique Campelo. Microencapsulação de óleo essencial de canela por atomização com emprego de diferentes materiais de parede. 2014.

Fuchs, M. Turchiuli, C.; Bohin, M.; Cuvelier, M. E.; Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M. N.; Dumoulin, E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 75, n. 1, p. 27–35.

Gago-Dominguez, M. et al. Use of permanent hair dyes and bladder-cancer risk. *Internacional. Journal of Cancer*, v. 91, n. 4, p. 575–579, 2001.

Gamarra, Felix Martin Cabajal et al. Extraction Of Corn Colorants (zea Mays L.) [extração De Corantes De Milho (zea Mays L.)]. *Ciência e Tecnologia de alimentos*, 2009.

Garcia, Cláudia Margarida Sales. Microencapsulação por spray drying de compostos bioativos de subprodutos do ananás. 2016. Tese de Doutorado. ISA-UL.

Giusti, M. M. & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In Wrolstad, R.E. (Ed.). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: Wiley.

- Gonçalves, R. A.; Santos, J. P.; Tomé, P. H. F.; Pereira, R. G. F. A.; Ascheri, J. L. R.; Abreu, C. M. P. Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de grits. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.3, p.643-650, mai./jun. 2003.
- Goula, A. M.; Adamopoulos, K. G. 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 1. The effect on product recovery. *Journal of Food Engineering*, v. 66, p. 25-34.
- Gutkoski, L. C.; Trobetta, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de beta- glicanas em cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 3, p. 121-124, 1998.
- Hartge, P. et al. Use of hair dyes and risk of bladder cancer. *Cancer Research*, v. 42, p. 4784-4787, 1982. *Hortoscience*, v. 7, p. 83-83.
- Havlin, J. L. et al. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 7. ed. New Jersey: Pearson 2005. 515 p.
- Hu, Q. P.; Xu, J. G. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 59, n. 5, p. 2026- 2033, Feb. 2012.
- Jafari, S. M. Assadpoor, E.; He, Y.; Bhandari, B. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying Technology*, New York, v. 26, n. 7, p. 816-835, 2008
- Lucchin, M; Barcaccia, G; Parrini, P. Characterization of a flint maize (*Zea mays* L. convar. Mays) Italian landrace: I. Morpho-phenological and agronomic traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 50, n.3, p. 315-327, mai. 2003.
- Mallmann, Luana Peixoto. Extração de antocianinas a partir de casca de berinjela (*solanum melongena*). 2011.
- Masters, K. 1985. Spray Drying: An introduction to principles, operation practice and application. Leonard Hill Books, London.
- Mex-Alvarez, R. M. J. et al. Actividad antioxidante de cinco variedades de maíz cultivadas en Campeche, México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, v. 12, n. 6, 2013.
- Moreno, Yolanda Salinas et al. Pigmented maize grains from Chiapas, physical characteristics, anthocyanin content and nutraceutical value. *Revista Fitotecnia Mexicana*, v. 35, n. 1, p. 33-41, 2012.
- Oliveira, Maria Isabel Sousa et al. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2013.
- Paes, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas: Embrapa, 2006, (Circular técnica, 75). Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_75.pdf. Acesso em: 09.09.2018.

PAES, M.C.D. Milho: a evolução do seu consumo na dieta humana através dos povos e do tempo. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2011 (Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo). Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/grao/30_edicao/grao_em_grao_artigo_01.htm. Acessado em 09.09.2018.

Pante, G. C. 2014. Desenvolvimento, encapsulação e caracterização da polpa integral de amora-preta (*Rubus sp.*) aplicada em frozen yogurt. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.

Picolli, L.; Ciocca, M. L. S. Determinação de fibra total, insolúvel e solúvel em grãos de cereais. In: Reunião Anual da sociedade Brasileira de Zootecnia – Juiz de fora. Resumos... , p. 184-186, 1997.

Pinto, Alessandra Teixeira Barbosa et al. Caracterização de variedades de milho crioulo cultivadas na região dos campos gerais para utilização agroindustrial. 2009.

Rahman, M.S.; Labuza, T.P. 2007. Water activity and food preservation. In: Rahman, M.S. Handbook of Food Preservation. 2 ed. New York:. p. 447-476.

Reid, D. S.; Fennema, O. R. Chapter 2 —Water and Icell. In: Damodaran, S; Parkin, K. L.; Fennema, O. R. Food Chemistry. New York: Marcel Dekker, 4 ed., 2008, p. 18-74.

Rosa, C. G. 2012. Microencapsulação de extratos metanólicos de amora-preta (*Rubus Fruticosus*) e ácido gálico. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Singleton, V. L.; Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, v. 16, n. 3, p. 144-158.

Souza, V. B. 2013. Aproveitamento dos subprodutos de vinificação de uva Bordô (*Vitis labrusca*) para obtenção de pigmentos com propriedades funcionais. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado Ciências da Engenharia de Alimentos), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. Tonon, R. B. 2009. Secagem por atomização do suco de açaí. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). 242f. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

Stanquevis, Regina. Otimização de obtenção de um extrato aquoso de milho roxo (*Zea mays L.*) rico em antocianinas e perfil de degradação, 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Stefanello, Raquel. Composição química e qualidade de sementes de variedades crioulas de milho no armazenamento. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

Steinmacher, Nádia Cristiane et al. Caracterização físico-química, das propriedades reológicas e das proteínas de milho crioulo (*Zea mays*). 2005.

Tonon, R. V.; Brabet, C.; Hubinger, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado do açaí. Inc. Soc., v.6, n. 2, p. 70- 76, 2013.

Tosoni, S. F.; Rodrigues, V. C. 2013. Características físico-químicas e antioxidantes de própolis microencapsulada com diferentes tipos de materiais de parede. 2013. 37 f. Trabalho de Curso (Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.

Tsuda, T. et al. Antioxidative pigments isolated from the seeds of *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 42, n. 2, p. 248-251, 1994.

Vissoto, F. Z.; Montenegro, F. M.; Santos, J. M.; Oliveira, S. J. R. 2006. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. Ciências e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.26, n.3, p.666-671.

Wang, F. et al. Properties of anthocyanins from grape cell culture. Journal of Food Science, v. 62, n. 2, p. 246-248, 1997.