

## **Revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca (manihot esculenta) em produtos vegetais: uma revisão**

**Edible coatings based on cassava starch (manihot esculenta) in vegetable products: a review**

**Recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca (manihot esculenta) en productos vegetales: una revisión**

Recebido: 25/02/2022 | Revisado: 07/03/2022 | Aceito: 19/03/2022 | Publicado: 24/03/2022

**Fábia Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2189-5264>

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [fabia17eng@gmail.com](mailto:fabia17eng@gmail.com)

**Renata Chastinet Braga**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6630-2835>

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [rchastinet@ifce.edu.br](mailto:rchastinet@ifce.edu.br)

**Maria do Socorro Rocha Bastos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5648-5241>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil

E-mail: [socorro.bastos@embrapa.br](mailto:socorro.bastos@embrapa.br)

**Daniela Nogueira dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7386-1336>

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: [danyelanogueira50@gmail.com](mailto:danyelanogueira50@gmail.com)

**Maryana Melo Frota**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4103-6195>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: [mary.m.frota@gmail.com](mailto:mary.m.frota@gmail.com)

### **Resumo**

As embalagens biodegradáveis são comestíveis e têm um alto potencial por contribuir na preservação do alimento, os polissacarídeos tem sido estudado como componente na produção de revestimentos comestíveis, entre eles o amido de mandioca, por apresentar baixo custo e boa propriedade para formação das embalagens ativas. A fécula de mandioca apresenta propriedades funcionais como gelatinização, retrogradação, inchamento e sinérese que devem ser controladas no processo de formação do revestimento, a fim de torná-lo mais útil e melhorar a sua aplicação, é necessário que o amido sofra modificações que podem ser realizada através de métodos químicos, físicos, reticulação, oxidação e substituição, incluindo esterificação e eterificação, piroconversão. Devido a perecibilidade dos produtos hortifrúti, a utilização de revestimento comestível tem se tornado uma tecnologia inovadora no controle de qualidade e aumento da vida útil destes alimentos. O objetivo deste trabalho foi de revisar a importância da utilização da fécula de mandioca na produção de embalagens comestíveis e sua aplicação em produtos de origem vegetal nos últimos anos.

**Palavras-chave:** Embalagem biodegradável; Polissacarídeo; Hortifrúti.

### **Abstract**

Biodegradable packaging is edible and has a high potential for contributing to food preservation, polysaccharides have been studied as a component in the production of edible coatings, including cassava starch, for having low cost and good property for the formation of active packaging. Cassava starch has functional properties such as gelatinization, retrogradation, swelling and syneresis that must be controlled in the coating formation process, in order to make it more useful and improve its application, it is necessary that the starch undergoes modifications that can be carried out through chemical, physical, cross-linking, oxidation and substitution methods, including esterification and etherification, pyroconversion. Due to the perishability of hortifruti products, the use of edible coating has become an innovative technology in quality control and increasing the shelf life of these foods. The objective of this work was to review the importance of using cassava starch in the production of edible packaging and its application in products of plant origin in recent years.

**Keywords:** Biodegradable packaging; Polysaccharide; Hortifruti.

### **Resumen**

Los envases biodegradables son comestibles y tienen un alto potencial para contribuir a la conservación de alimentos, los polisacáridos han sido estudiados como componente en la producción de recubrimientos comestibles, entre ellos el

almidón de yuca, por tener bajo costo y buena propiedad para la formación de envases activos. El almidón de yuca tiene propiedades funcionales como gelatinización, retrogradación, hinchamiento y sinéresis que deben ser controladas en el proceso de formación del recubrimiento, para hacerlo más útil y mejorar su aplicación es necesario que el almidón sufra modificaciones que pueden llevarse a cabo mediante métodos químicos, físicos, de reticulación, de oxidación y de sustitución, incluidas la esterificación y la eterificación, la piroconversión. Debido a la perecibilidad de los productos hortofrutí, el uso de recubrimiento comestible se ha convertido en una tecnología innovadora en el control de calidad y aumento de la vida útil de estos alimentos. El objetivo de este trabajo fue revisar la importancia del uso del almidón de yuca en la elaboración de envases comestibles y su aplicación en productos de origen vegetal en los últimos años.

**Palabras clave:** Envases biodegradables; Polisacárido; Hortofrutí.

## 1. Introdução

Mandioca (*Manihot esculenta*), é um tubérculo de 5 a 10 cm de diâmetro e 15 a 35 cm de comprimento. É produzido em quase todos os tipos leves e tropicais países e cresce em solos degradados onde quase nada mais pode. Não precisa de fertilizantes, inseticidas ou água. Além disso, a mandioca pode ser colhida a qualquer momento entre 8 a 24 meses após o plantio crescer (Zhu et al., 2015).

A parte aérea da planta pode ser utilizada na alimentação animal, na qual as folhas e hastes são utilizadas na forma de silagem, feno, ou mesmo frescas, e também na alimentação humana, na preparação de alimentos típicos das regiões Norte e Nordeste do Brasil. A mandioca é consumida por aproximadamente 500 milhões de pessoas e cultivada em mais de 102 países, devido às suas raízes ricas em amido, também chamado de fécula é extraído após a lavagem das raízes, descascamento, ralação e prensagem da massa sob água corrente (Moresco, 2013; Tironi et al., 2015).

O amido é um polissacarídeo natural, composto por amilose e amilopectina, apresenta boa biodegradabilidade e baixo custo, especialmente boa propriedade de formação de embalagens. Devido às diferenças no tamanho de partícula, forma, composição de amilopectina e amilose, cristalinidade, etc. de amidos de diferentes plantas, as propriedades dos filmes formados com estes amidos como matrizes são bastante diferentes. Este polissacarídeo tem grande aplicação na indústria, porém apresenta desvantagens nas propriedades mecânicas e resistência à umidade, com isto pode sofrer modificações e adequações em suas propriedades físico-químicas para poder se adequar ao produto final. (Wang et al., 2017; Basiak, 2017; Dai et al., 2019).

Os alimentos que são mais perecíveis devido a alta atividade de água, a redução da vida útil devido ao armazenamento e transporte inadequado, são as hortifrutis (Francis et al., 2012). Estes produtos necessitam de aplicação de processos tecnológicos como o uso de revestimento comestíveis que proporcionem a extensão da vida útil para que o consumidor possa ter um produto fresco, livre de microrganismos deteriorantes e patógenos (Tomm et al., 2018).

Sendo assim o objetivo do presente artigo foi de identificar os estudos referentes a fécula de mandioca (*Manihot esculenta*), quanto a sua composição e propriedades e a sua utilização na produção de revestimentos comestíveis para aumentar a vida útil dos produtos de origem vegetal.

## 2. Metodologia

O presente estudo, é uma revisão integrativa, qualitativa, por meio de pesquisa bibliográfica, onde especifica o objeto de estudo e como ocorre a coleta e análise dos estudos primários e os critérios de busca são especificados (Pereira et al., 2018) sobre a fécula de mandioca (*Manihot esculenta*) e a produção de revestimentos comestíveis incorporados em produtos de origem vegetal para aumentar a vida útil e sua qualidade quanto aos nutrientes e compostos bioativos. Baseado nos artigos científicos publicados de 2010 até 2019 em bases eletrônicas de dados: CAPES, PUBVET, SCIELO, SCOPUS, SCIENCE DIRECT, ELSEVIER, tais artigos, foram selecionados de forma qualitativa a respeito do objetivo geral, e a busca ocorreu através das terminologias mandioca, amido, revestimento comestível e plastificantes.

### 3. Mandioca

Entre as culturas mais produzidas em lavouras no Brasil, a mandioca (*Manihot esculenta*), da família Euphorbiaceae, é considerada a quarta cultura com maior importância em regiões tropicais. Seu cultivo é disseminado em inúmeros países do mundo, por se adaptar a diferentes solos e condições climáticas (Albuquerque et al., 2014; Silva et al., 2018).

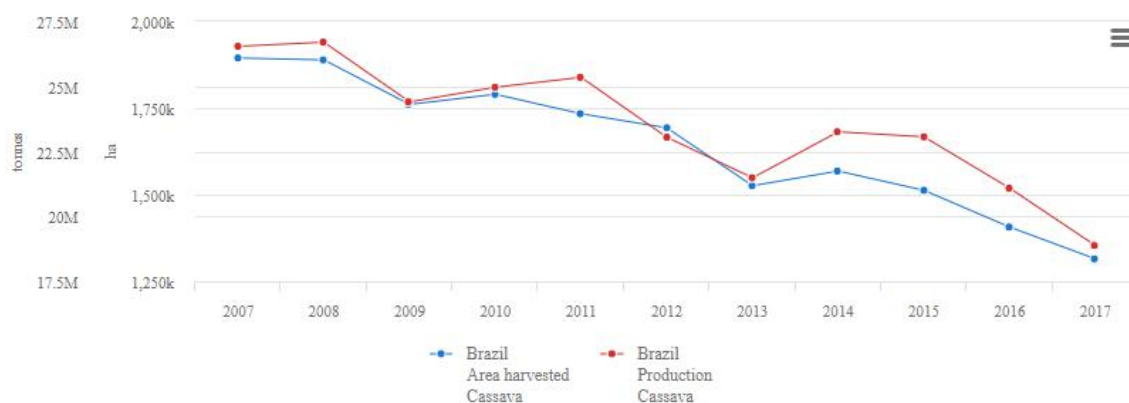
Essa cultura assume papel importante no desenvolvimento do Brasil onde é utilizada como um dos principais produtos de subsistência por grande parte da população, é a quarta fonte alimentar mais importante de carboidratos nos trópicos depois de arroz, milho e cana-de-açúcar; é um alimento básico para mais de 500 milhões de pessoas devido ao seu alto conteúdo de amido. Da mandioca são produzidos a fécula (amido), a farinha de mandioca, o farelo de mandioca, utilizado na alimentação animal e para flotação de minério de ferro, dentre outros inúmeros derivados (Blagbrough et al., 2010).

No Brasil, na região Nordeste, a produção é destinada ao consumo humano, utilizando a mandioca principalmente para produção de farinha e de polvilho azedo ou goma. Já na região Sudeste, o estado de São Paulo apresenta indústrias de fécula, de farinha, além de possuir a maior comercialização do país (Foloni et al., 2010; Groxko, 2016).

Os países considerados os maiores produtores mundiais são a Tailândia e a Indonésia, A produção de mandioca no Brasil representada na Figura 3, diminuiu com o passar dos anos, em 2007 a produção foi de 26,541 milhões de toneladas e no de ano de 2017 a produção caiu para 18,876 milhões de toneladas (Groxko, 2016; FAO, 2019).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ocorreu uma diminuição de 3% na área plantada entre os anos de 2016 e 2017, sua produção depende das condições e tipo de preparo do solo, disponibilidade de nutrientes e água no sistema (Rós et al., 2013; Gonzales et al., 2014; IBGE, 2017). Além de as raízes de mandioca têm uma vida útil pós-colheita limitada, o que diminui seu potencial no mercado e seus benefícios para agricultores de mandioca (Zainuddin, 2018).

**Figura 1 - Produção de Mandioca no Brasil de 2007 a 2017.**



Fonte: FAO (2019).

As cultivares de mandioca são classificadas de acordo com o grau de (HCN) cianeto amargo (concentração de ácido cianídrico acima de 100 ppm) ou doce (concentração de ácido cianídrico abaixo de 100 ppm), para diminuir o conteúdo de HCN (cianeto) a um nível seguro para consumo humano, para as raízes de mandioca amargas (com alto teor de cianeto) exigem método de processamento mais extenso que vai em ordem sequencial: peeling, lavar, ralar, fermentar, secar ou fritar, entre outros; para as raízes de mandioca doces (com baixo teor de cianeto) podem ser submetidas ao processo de peeling e ferver ou assar (Ano, 2018; Mbah, 2019).

Existem uma variedade de cultivares de mandioca, que podem ser utilizadas de formas diferentes na produção e consumo de produtos. Como as cultivares vermelhinha, fio de ouro e aipim branco recomendadas para a indústria de farinha e fécula. Já a Maniçoba Branca é recomendada para produção de massa verde, utilizada na alimentação animal. Os maiores

rendimentos de raízes são obtidos pelo genótipo Branquinha e os menores, pelos genótipos Macaxeira Branca, Maniêba Branca, Jaburu (Azevedo & Souza, 2000).

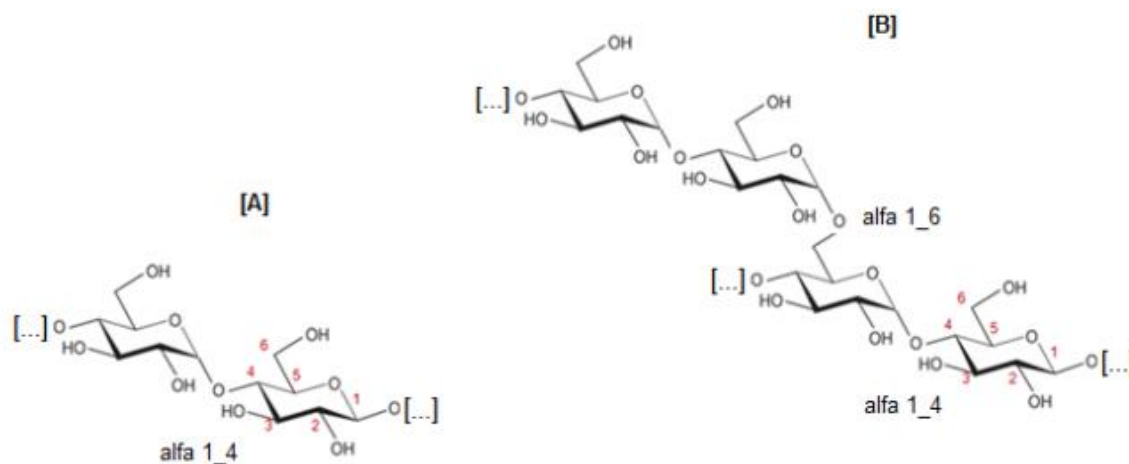
A parte mais importante da mandioca é a raiz do armazenamento (Sánchez et al., 2009; Ceballos et al., 2010; Duan et al., 2012) contendo 65-91% de conteúdo de amido, com o teor de amilose variando de 15,2 a 26,5% dependendo da variedade da hortícola.

#### 4. Amido

A síntese do amido acontece nos plastídios que consistem em cloroplastos e amiloplastos armazenados em folhas e tecidos, respectivamente, ocorre através de três vias principais, o ciclo de Calvin, síntese de sacarose e biossíntese e armazenamento do amido (Saithong et al., 2013; Pfister & Zeeman, 2016).

O amido é um polissacarídeo formado por moléculas de glicose, principalmente por amilopectina e cadeias lineares de amilose. A amilose é predominantemente constituída por longas cadeias lineares de ligações glicosídicas  $\alpha$ 1,4 conforme Figura 4, e tem um peso molecular de 105 - 106 Daltons (Da). Já a estrutura ramificada da amilopectina, com alto peso molecular (107-109 Da) consiste em ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 e com 4 a 5% de  $\alpha$ -1,6 (Famá et al., 2004; Pfister & Zeeman, 2016; Tappiban et al. 2018).

**Figura 2** - Estrutura da amilose (A) e da amilopectina (B).



Fonte: Lajolo e Menezes (2006) adaptado.

A amilopectina é responsável pela estrutura dos grânulos de amido, apresenta-se como extremidades livres de hélices duplas que se juntam em conjuntos de camadas cristalinas dentro do grânulo. Amilose e amilopectina juntas formam cadeias altamente ordenadas e bem compactadas em grânulos de amido resultando em uma estrutura semicristalina e insolúvel em água (Zeeman et al., 2010; Tetlow & Emes, 2014)

O processo de gelatinização do amido de mandioca ocorre ao aquece-lo em solução aquosa a 70° C, os grânulos incham e perdem sua birrefringência, eles se rompem e formam uma dispersão coloidal na água. A gelatinização, como entendemos agora, não está associada apenas a estrutura cristalina, mas também é influenciado por mudanças estruturais na região amorfa (Ratnayake & Jackson, 2009; Lagarrigue et al., 2008).

A amilose no amido caracteriza à produção de revestimentos e filmes biodegradáveis mais flexíveis; enquanto, a estrutura ramificada da amilopectina forma compostos com propriedades mecânicas inferior, mostrando menor resistência à

tensão e alongamento. Amidos com maior conteúdo de amilose, por apresentarem mais regiões amorfas e menos regiões cristalinas, apresentam menores temperaturas de gelatinização (Fakhoury et al., 2012).

O conjunto de mudanças que envolvem a ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido é definido como o fim da gelatinização. As propriedades funcionais como inchamento e gelatinização são controladas pela estrutura molecular da amilopectina, onde deve ser verificado as seguintes características: comprimento de cadeia, extensão de ramificação, peso molecular; composição do amido (proporção amilose, amilopectina e teor de fósforo) e arquitetura granular (proporção de regiões cristalinas e amorfas) (Denardin & Silva, 2009). O amido gelatinizado pode apresentar as propriedades de retrogradação e sinérese, que deve ser controlado pelas indústrias alimentícias.

A retrogradação do amido pode afetar fortemente a textura, estabilidade, qualidade, digestibilidade e funcionalidade, alterando os atributos sensoriais e vida de prateleira dos alimentos contendo amido. É afetado pelo teor de água, condições de armazenamento, aditivos, os componentes e a estrutura fina do amido (Wang, 2015; Bertoft et al., 2016; Patel et al., 2017; Vamadevan & Bertoft, 2018).

O processo de retrogradação a curto prazo no gel de amido é atribuída à reordenação e recristalização das frações de amilose gelatinizada, enquanto a retrogradação a longo prazo tem sido atribuída à recristalização das frações de amilopectina gelatinizada (Chang & Lin, 2007; Ji et al., 2017).

O amido de mandioca é apreciado devido à sua claridade, baixa temperatura de gelatinização de 60 a 70° C e boa estabilidade do gel (Mali et al., 2006), porém a forma não modificada do amido tem uso limitado para aplicações industriais. Apresenta insolubilidade em água fria, os grânulos sem modificação se hidratam facilmente, incham rapidamente, se rompem e perdem viscosidade e produzem pasta com pouco corpo e muita coesão. Estas desvantagens do amido nativo podem ser modificadas, introduzindo pequenas quantidades de grupos iônicos ou hidrofóbicos nas moléculas.

Modifica-se o amido para realçar ou inibir propriedades inerentes, apropriadas para aplicações específicas, conseguindo alterar consistência, poder aglutinante, melhorar palatabilidade, gelificar, dispersar e turvar, melhorar a viscosidade da solução e estabilidade de vida de prateleira em produtos finais (Fakhoury et al., 2012).

O amido nativo tem aplicações limitadas devido à sua insolubilidade em água mesmo a 25 ° C, por isso é necessário que o amido seja modificado quimicamente, fisicamente ou geneticamente, a fim de torná-lo mais útil e para melhorar a sua aplicação. Essas modificações podem ser realizadas através de métodos químicos, físicos, reticulação, oxidação e substituição, incluindo esterificação e eterificação, piroconversão (López et al., 2010).

São frequentemente realizadas nos amidos para alterar suas propriedades naturais a fim de que eles possam ser utilizados em aplicações alimentícias ou industriais. A modificação química do amido de uma determinada espécie pode ser utilizada para melhorar suas propriedades funcionais, e deste modo, estabilizar os grânulos diante de processos como aquecimento severo, corte, congelamento e descongelamento ou estocagem. O amido de mandioca modificado se torna estável quando submetido a sistemas com aquecimento elevado, a ciclos de congelamento e descongelamento, o que valoriza sua aplicação na indústria (Batista et al., 2010).

A modificação do amido por piroconversão forma as pirodextrinas que são produzidas por piroconversão seca, em que o ácido hidrolisa o amido, atacando as regiões amorfas, como resultado o teor de amilose diminui, produzindo polímeros que podem ser brancos se a pirodextrina é tratado a baixas temperaturas em curto períodos, ou amarelo a tons mais escuros quando tratados com temperaturas e tempos mais altos (Wang et al., 2001; Campechano-Carrera, 2007; Subpuch et al., 2016).

O escurecimento da pirodextrina aumenta sua solubilidade em água fria e reduz a viscosidade, ocorre a inclusão do ácido acético como catalisador. O processo de fabricação de pirodextrinas atraiu um certo nível de atenção em relação à sua resistência a enzimas digestivas e ao potencial benefícios para a saúde da humanidade (Lin et al., 2018).

A hidrólise ácida é o processo no qual a reação de substituição com a adição de molécula de água. Os amidos

modificados com ácido têm vastas aplicações em alimentos, farmacêutica, têxtil, papel. A hidrólise é produzida aleatoriamente, quebrando as ligações  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 e encurtando as cadeias poliméricas. A hidrólise ácida do amido se desenvolve em dois estágios: um estágio inicial no qual a hidrólise preferencialmente ataca as regiões amorfas dos grânulos a uma alta taxa de reação e um estágio subsequente no qual a hidrólise ocorre na região cristalina a uma taxa mais lenta (Wang & Wang, 2001; Alcazar-alay & Meireles, 2015).

## 5. Revestimento Comestível

Com o aumento de resíduos provenientes das embalagens que são utilizadas na indústria de alimentos e a preocupação com as mesmas, a produção de revestimentos se apresentam como uma alternativa para a redução dos impactos provocados pelo uso de polímeros derivados do petróleo. O fato de poderem ser produzidos a partir de materiais renováveis como proteínas e polissacarídeos é um grande atrativo (Petrikoski, 2013).

A aplicação do amido na produção de filmes e revestimentos se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis, tal modificação é compreendida entre 60°C e 70°C. O revestimento é formado pela dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e acréscimo de aditivos (plastificantes ou agentes de liga) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica. Os plastificantes mais indicados para serem empregados em filmes de amido são os polióis, como o glicerol e o sorbitol, que vão proporcionar a estes materiais uma melhoria nas suas propriedades mecânicas (Mali et al., 2010).

Para aumentar a vida útil dos produtos, estudos tem verificado o uso de revestimento que possam prolongar por mais tempo, associado a outros processos de conservação como o uso da refrigeração. Os biofilmes não geram resíduos sólidos, são compostos por polímeros naturais, são facilmente degradados pela ação de microrganismos, por ser biodegradável pode se tornar a tecnologia mais viável a ser empregada na conservação de frutos nos próximos anos, outra vantagem é o controle das trocas gasosas superficiais, fornecendo barreiras seletivas para a transferência de umidade, perda ou ganho excessivo de água, promovendo alterações na permeação, e como consequência, na atmosfera interna, absorção de oxigênio, oxidação lipídica, migração lipídica e conservação das propriedades sensoriais de cor, sabor, aroma, doçura, acidez e textura (Assis & Bitro, 2014; Nunes et al. 2017; Otoni et al. 2018).

Ao aplicar a solução filmogênica em frutas, tem-se o preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas, reduzindo, dessa forma, a transferência de umidade e as trocas gasosas. Como o início do processo de maturação está estreitamente associado ao aumento na produção de etileno e, considerando que o O<sub>2</sub> é necessário para a sua produção, a redução da permeação do O<sub>2</sub> para o interior do fruto gerará uma correspondente redução na produção do etileno, o que permite, em princípio, prolongar a vida do fruto (Assis et al., 2009).

Esta aplicação pode ser feita por meio de imersão rápida do fruto em uma solução filmogênica ou por meio de aspersão, cujo processo é a solução é aspergida sobre o alimento, seguido por etapas de secagem para produtos aquosos, ou por resfriamento para revestimentos à base de lipídios (Junior et al., 2010; Popović et al., 2018).

O revestimento deve ser compatível com os produtos que contêm, sendo sensorialmente neutros (transparente, inodoro e insípido), por isso não podem influenciar qualidade sensorial dos produtos (Pérez-Gago & Rhim, 2014).

Devem apresentar as seguintes funções: o controle sobre a transferência de massa, proteção mecânica durante o transporte e a preservação por um maior período o aspecto visual, gerando assim um apelo sensorial (Assis et al., 2009).

O uso da cobertura reduz a perda de água do fruto, aumenta a vida útil, retardando o amadurecimento, redução do chilling e injúria mecânica, redução da deterioração, dependendo do biopolímero utilizado pode ser um carreador de compostos antimicrobianos, aditivos de cor e aroma, compostos antioxidantes ou anti-amadurecimento (Chen & Nussinovitch, 2000; Park et al., 2018).

O uso de polissacarídeos e seus derivados para cobertura apresenta baixa permeabilidade a gases reduzindo, principalmente, a taxa de escurecimento enzimático, que ocorre devido à ação das polifenoloxidasas (PPO), boas propriedades de barreira a gases e aromas, boas propriedades mecânicas, e têm a capacidade de transportar componentes ativos, porém seu uso é limitado devido à natureza hidrofílica, pois apresenta baixa barreira contra o vapor de água. Os mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis em frutas são: fécula de mandioca, alginato, pectina, carragena, quitosana e derivados da celulose (Luvierno & Lamas, 2012; Popovic et al., 2018).

Com o objetivo de melhorar as propriedades funcionais do revestimento de amido, vários trabalhos têm sido propostos com o intuito de alterar o caráter hidrofílico, as propriedades mecânicas e proporcionar atividade antimicrobiana e antioxidante: retardou o processo de maturação através da diminuição de trocas gasosas em cultivares de ameixa (Valero et al. 2013); o aumento da vida útil de mangas revestidas com fécula de mandioca e amido de milho (Santos et al., 2011); revestimento de amido e gelatina retardou o amadurecimento de uvas vermelhas (Fakhouri et al., 2015; Araújo et al., 2015).

A presença de microrganismos deteriorantes pode acelerar a oxidação lipídica e outros processos oxidativos em frutas, as embalagens antimicrobianas podem reduzir as perdas e prolongar a vida útil destes alimentos (Saggiorato et al., 2012; Zhang et al., 2015).

**Tabela 1** - Aplicação de Amido de Mandioca como Revestimento Comestível.

Produto	Aplicação de Revestimentos Comestíveis de Amido de Mandioca		
	Cobertura	Ação	Referências
Maça minimamente processada	Fécula de mandioca, glicerol, cera de carnaúba e ácido esteárico	Propriedade de Barreira	Chiumarelli, Hubinger (2012)
Manga minimamente processada	Fécula de mandioca, glicerol, cera de carnaúba e ácido esteárico	Reduzir a taxa respiratória, perda de massa e manutenção da cor	Chiumarelli, Hubinger (2014)
Maça minimamente processada	Amido de mandioca, óleo de canela e ácido ascórbico	Reduzir o escurecimento	Pan et al., (2013)
Tomate	Amido de mandioca	Reduzir a permeabilidade ao vapor de água	Vargas et al.,2008
Amendoim	Fécula de mandioca e proteína de soja	Aumento da vida útil	Chinma et al., (2014).
Manga	Fécula de mandioca	Aumento da vida pós-colheita	Chiumarelli et al., 2010.
Abacaxi	Fécula de mandioca	Aumento da vida pós-colheita	Bierhals et al., 2011
Goiaba	Fécula de mandioca e óleo essencial de canela.	Aumento da vida pós-colheita	Botelho T AL., (2016)
Goiaba	Amido de mandioca e quitosana	Aumento da vida pós-colheita	De Aquino et al., (2015)
Manga	Fécula de mandioca e extrato de cravo e canela	Atividade antimicrobiana	Serpa et al., (2014)
Tomates italianos	Fécula de mandioca, quitosana e óleo essencial de casca de romã	Aumento da vida pós-colheita	Araújo et al., (2018)
Mamão formosa	Fécula de mandioca	Aumento da vida pós-colheita	Nunes et al., (2017)
Morango	Amido de mandioca e Própolis	Propriedades bioativas	Thomas et al., (2016)
Goiaba	Amido e caseína com extrato de barbatimão	Aumento da vida pós-colheita	Lopes et al., (2018)
Mamão formosa	Amido de mandioca e óleo essencial de cravo	Redução da Perda de massa	Holsbach et al., (2019)

Fonte: Autores (2019).



Revestimento comestível antimicrobiano atua como portador de agentes antimicrobianos que são liberados na superfície dos alimentos através da evaporação de substâncias voláteis ou migração para os alimentos (substâncias não voláteis) por meio de difusão. Filmes biodegradáveis de amido de mandioca incorporando um agente antibacteriano eficaz o óleo essencial de orégano (*Thymus capitatus* Lamiaceae), inibiu o *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* e *Staphylococcus aureus* em ensaios de crescimento em zona discal (Pelissari et al., 2009; Fan et al., 2017).

### 5.1 Plastificantes

Plastificantes são moléculas de baixa volatilidade que são adicionadas aos materiais biopolímeros para permitir a modificação da propriedade funcional (Sudermana et al., 2018).

Os plastificantes são moléculas pequenas, como os polióis (sorbitol e glicerol), que se intercalam entre as cadeias poliméricas, interrompendo ligações de hidrogênio e espalhando as correntes, aumentando a flexibilidade, o vapor de água e a permeabilidade a gás. Os polióis foram relatados como sendo eficientes na plastificação de polímeros hidrofílicos (Hanani et al., 2014a, 2014b)

Os plastificantes são adicionados nas embalagens biodegradáveis, filmes e revestimentos comestíveis, para melhorar as propriedades, são substâncias hidrofílicas, não voláteis, de baixo peso molecular, que mostram um grande efeito plastificante na cadeia polimérica, melhorando a flexibilidade e extensibilidade (SkurtyS et al., 2010; Antoniou et al., 2014).

Entre os plastificantes mais utilizados na produção de filmes biodegradáveis, estão o glicerol, polietilenoglicol (PEG), sorbitol, propileno glicol (PG), etilenoglicol (EG), alguns monossacarídeos, dissacarídeos (Haq et al., 2014; Šuput et al., 2012; Maniglia et al., 2018).

Os plastificantes são capazes de penetrar as moléculas de amido e formar ligações de hidrogênio com a hidroxila do polissacarídeo (Rico et al., 2016).

Os filmes de amido com plastificante sorbitol e glicerol são mais resistentes mecanicamente, produzindo filmes cristalinos, com menor permeabilidade ao vapor de água e menor caráter hidrofílico (Farhan & Hani, 2016).

## 4. Conclusão

O revestimento comestível de amido de mandioca têm apresentado na última década resultados promissores na conservação de frutos e hortaliças, aumento a vida de prateleira dos produtos, garantindo os aspectos nutricionais e bioativos. Conforme este trabalho é importante conhecer a estrutura da matéria prima para a composição da embalagem biodegradável, que deve ser compatível com os produtos que contêm, sendo sensorialmente neutros para não influenciar na qualidade sensorial dos produtos. Os estudos relatados demonstram o aumento da qualidade pós colheita dos frutos, aumentando as propriedades de barreira, redução da perda de massa e da taxa respiratória, e a incorporação de compostos antimicrobianos nas coberturas comestíveis de amido de mandioca garantindo a atividade antimicrobiana.

É importante que sejam realizados trabalhos futuros de revisão sobre outros tipos de embalagem comestível de amido de mandioca na conservação de alimentos, com o intuito de fazer o levantamento da importância deste polissacarídeo na indústria de alimentos.

## Referências

Alcazar-alay, S. C., & Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical Properties, Modifications and Applications of Starches from Different Botanical Sources. *Food Science and Technology*, 35, 215-236.

- Albuquerque, J. A. A., Evangelista, M. O., Mates, A. P. K., Alves, J. M. A., Oliveira, N. T., Sedyama, T., & Silva, A. A. (2014). Occurrence of weeds in Cassava savanna plantations in Roraima. *Revista Planta daninha*, Viçosa, 32 (1).
- Antoniou, J., Liu, F., Majeed, H., Qazi, H. J., & Zhong, F. (2014). Physicochemical and thermomechanical characterization of tara gum edible films: Effect of polyols as plasticizers. *Carbohydrate Polymers*, 111, 359-365.
- Araújo, G. K. et al. (2015). Physical, antimicrobial and antioxidant properties of starch-based film containing ethanolic propolis extract. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Araújo, J., M., S., Siqueira, A., C., DE, Blank, A., Narain, N., Santana, L., C., L., A. De. A., & Santana. (2018). Cassava Starch–Chitosan Edible Coating Enriched with *Lippia sidoides* Cham. Essential Oil and Pomegranate Peel Extract for Preservation of Italian Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Stored at Room Temperature. *Food and Bioprocess Technology*, 11, 1750–1760.
- Assis, O. B. G., Brito, D. & Forato, L.A. (2009). *O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. São Carlos, Embrapa Instrumentação. Agropecuária, 23.
- Assis, O. B. G., & Brito, D. (2014). Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Braz. J. Food Technol.*, 17 (2), 87-97.
- Azevedo, J. N., & Souza, V. A. B. de. (2014). Comportamento produtivo de genótipos de mandioca em três microrregiões do Piauí. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000, 24p. Embrapa MeioNorte. *Boletim de Pesquisa*, 27.
- Basiak, W., Lenart, A., & Debeaufor, T. F. (2017). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films, *Int. J. Biol. Macromol.*, 98, 348-356.
- Batista W.P., & Silva C. E. M., Liberto. M. C. (2010). Propriedades químicas e de pasta dos amidos de trigo e milho fosforilados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 88–93.
- Blagbrough, I. S., Bayoumi, S. A., Rowan, M. G., & Beeching, J. R. (2010). Cassava: an appraisal of its phytochemistry and its biotechnological prospects. *Phytochemistry*, 71(17-18):1940-51.
- Bertoft, E., Annor, G. A., Shen, X., Rumpagaporn, P., Seetharaman, K. & Hamaker, B. R. (2016). Small differences in amylopectin fine structure may explain large functional differences of starch. *Carbohydrate Polymers*, 140, 113-121.
- Bierhals, V. S., Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2011). Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh-cut pineapple (*Ananas Comosus* L. Merrill cv “Pérola”). *Journal of Food Science*, 76, 62-72.
- Botelho, L. N. S., Rocha, D. A., Braga, M. A., Silva, A., & De Abreu, C. M. P. (2016). Quality of guava cv. ‘Pedro Sato’ treated with cassava starch and cinnamon essential oil. *Scientia horticultrae*, 209, 214-220.
- Campechano-Carrera, E., Corona-cruz, A., Chel-guerrero, L., & Betancur-ancona, D. (2007). Effect of pyrodextrinization on available starch content of Lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Cowpea (*Vigna unguiculata*) starches. *Food Hydrocolloids*, 21(3), 472–479.
- Chang, Y. H., & Lin, J. H. (2007). Effects of molecular size and structure of amylopectin on the retrogradation thermal properties of waxy rice and waxy cornstarches. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 645-653.
- Chen, S., & Nussinovitch, A. (2001). Permeability and roughness determinations of wax-hydrocolloid coatings, and their limitations in determining citrus fruit overall quality. *Food Hydrocolloids*, 15 (2), 127-137.
- Chinma, C. E., Ariahu, C. C., & Abu, J. O. (2014). Shelf Life Extension of Toasted Groundnuts through the Application of Cassava Starch and Soy Protein-Based Edible Coating, *Niger. Food J.* 32(1), 133-138.
- Chiumarelli, M., Pereira, L. M. R., Ferrari, C. C., Sarantópoulos, C. I. G. L., & Hubinger, M. D. (2010). Cassava starch coating and citric acid to preserve quality parameters of fresh-cut “Tommy Atkins” mango. *Journal of Food Science*, 75, 297-304.
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. (2012). *Food Hydrocoll*, 28, 59–67.
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food hydrocolloids*, 38, 20-27.
- Dai, L., Zhang, J., & Cheng, F. (2019). Effects of starches from different botanical sources and modification methods on physicochemical properties of starch-based edible films. *Int J Biol Macromol.* 1, 132, 897-905.
- De Aquino, A. B., Blank, A. F., & De Aquino Santana, L. C. L. (2015). Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. *Food Chemistry*, 171, 108–116.
- Denardin, C.C., & Da Silva, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. (2009). *Revista Ciência Rural*, 39 (3), Universidade Federal de Santa Maria – RS.
- Fakhoury, F. M., Martelli, M. S., Bertan, C. L., Yamashita, F., Mei, I. L. H., & Queiroz, C. F. P. (2012). Edible films made from blends of manioc starch and gelatin – Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT - Food Science and Technology*, 49(1), 149–154.

- Fakhouri, F.M., Martelli, S.M., Caon, T., Velasco, J.I., & Mei, L.H.I. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biol. Technol.* 109, 57–64.
- Francis, G. A., Gallone, A., Nychas, G. J., Sofos, J. N., Colelli, G., Amodio, M. L., & Spano, G. (2012). Factors affecting quality and safety of fresh-cut produce. *Critical Reviews and Food Science and Nutrition*, Filadélfia, 52 (7), 595-610.
- Foloni J. S. S., Tiritan CS, Santos DH. (2010) Avaliação de cultivares de mandioca na região Oeste do estado de São Paulo. *Revista Agrarian.* 3(7), .44-50.
- Food And Agriculture Organization (Fao), World Health Organization (WHO). Countries by commodity. Rome: FAO, 2017. Disponível em: [http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity). Acesso em: 22 junho. 2018.
- Groxko, M. (2016) *Análise da conjuntura agropecuária*. Secretaria de estado da agricultura e do abastecimento, departamento de economia rural. Paraná.
- Haq, M. A., Hasnain, A., & Azam, M. (2014) Characterization of edible gum cordia 524 film: Effects of plasticizers. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 163-169.
- Haq, F., Yu, H., Wang, L., Teng, L., Haroon, M., Khan, R. U., & Nazir, A. (2019). Advances in chemical modifications of starches and their applications. *Carbohydrate Research*.
- Hanani, Z. N., Ross, Y. H., & Kerry, J. P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 71, 94–102.
- Hanani, Z. N., O'Mahony, J. A., Roos, Y. H., Oliveira, P. M., & Kerry, J. P. (2014). Extrusion of gelatin-based composite films: Effects of processing temperature and pH of film forming solution on mechanical and barrier properties of manufactured films. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 2(2), 91–101.
- IBGE. (2017). *Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil*. Levant. Sistem. Prod. Agríc. Rio de Janeiro, 30(9), 1-83.
- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística (IBGE), 2019 – *Levantamento sistemático da produção agrícola*, mês de dezembro de 2017.
- Ji, N., Liu, C., Zhang, S., Yu, J., Xiong, L., & Sun, Q. (2017). Effects of chitin nano-whiskers on the gelatinization and retrogradation of maize and potato starches. *Food Chemistry*, 214, 543-549.
- Junior, E. B. (2010). Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão minimamente processado. *Revista Varia Scientia Agrárias*, 1(1):131-142.
- Holsbach, F. M. S., Pizato, S., Fonteles, N. T., Souza, P. D., Pinedo, R. A., & Cortez-Vega, W. R. (2019). Avaliação da vida útil de mamão 'Formosa' (Carica papaya L.) minimamente processado utilizando coberturas de amido de mandioca e óleo essencial de cravo. *Journal of bioenergy and food science*, 6(4), 78-96.
- Lagarrigue, S., Alvarez, G., Cuvelier, G., & Flick, D. (2008). Swelling kinetics of waxy maize and maize starches at high temperatures and heating rates. *Carbohydrate Polymers*, 73, 120-130.
- Lajolo, F. M., & Menezes, E. W. (2006). *Carboidratos en alimentos regionales iberoamericanos*. EDUSP. 646.
- Lin, C.-L., Lin, J.-H., Zeng, H.-M., Wu, Y.-H., & Chang, Y.-H. (2018). Indigestible pyrodextrins prepared from corn starch in the presence of glacial acetic acid.
- López, O. V., Zaritzky, N. E., & García, M. A. (2010). Physicochemical characterization of chemically modified corn starches related to rheological behavior, retrogradation and film forming capacity. *Journal of Food Engineering*, 100, 160-168.
- Lopes, A. R., Dragunski, D. C., Caetano, J., Botin, F. C., & Bonfim, L. F. (2018). Guavas conservation with starch and casein edible coatings with barbatimão extract. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, 26(4), 295-305.
- Luvielmo, M. M., & Lamas, S. V. (2012). Revestimentos comestíveis em frutas. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, 8(1), 8-15.
- Mali, S., Grossmann, M. V. E., García, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2006). Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 453–460.
- Mali, S., Grossmann, M. V. E., & Yamashita, F. (2010). Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, 31(1), 137-156.
- Maniglia, B. C., Tessaro, L., Ramos, A. P., & Tapia-blácido, D. R. (2018). Which plasticizer is suitable for films based on babassu starch isolated by different methods? *Food Hydrocolloids*.
- Mbah, E. U., Nwankwo, B. C., Njoku, D. N., & Gore, M. A. (2019). Genotypic evaluation of twenty-eight high- and low-cyanide cassava in low-land tropics, southeast. *Nigeria. Heliyon*, 5(6), 01855.
- Moresco, R. (2013). *Metaboloma parcial de raízes de genótipos de mandioca de mesa (Manihot esculenta Crantz), com ênfase nas frações amídicas e carotenoidicas, como ferramenta biotecnológica à avaliação da qualidade nutricional e do potencial de uso industrial*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Programa de PósGraduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Nunes, A. C. D., Neto, A. F. K. S. Nascimento, Oliveira, J. V., & Mesquita, R. V. C. (2017). Armazenamento de mamão 'formosa' revestido à base de fécula de mandioca. *Rev. de Ciências Agrárias*, Lisboa, 40(1), 254-263.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.

- Popović, S. Z., Lazić, V. L., Hromiš, N. M., Šuput, D. Z., & Bulut, S. N. (2018). Chapter 8 - 693 Biopolymer Packaging Materials for Food Shelf-Life Prolongation. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Biopolymers for Food Design* (pp. 223-277): 695 Academic Press.
- Patel, H., Royall, P. G., Gaisford, S., Williams, G. R., Edwards, C. H., & Warren, F. J. (2017). Structural and enzyme kinetic studies of retrograded starch: Inhibition of  $\alpha$ amylase and consequences for intestinal digestion of starch. *Carbohydrate Polymers*, 164, 154–161.
- Pelissari F. M., Grossmann M. V. E., Yamashita F., & Pineda E. A. (2009). Antimicrobial, mechanical and barrier properties of cassava starch-chitosan films incorporated with oregano essential oil. *Journal of Agriculture and Food Chemistry, Easton*, 57, 7499- 7504.
- Pérez-Gago, M. B., & Rhim, J. W. (2014). Edible coating and film materials: Lipid bilayers and lipid emulsions. In: Han, J.H. (Ed.), *Innovations in Food Packaging Academic Press*, San Diego, CA, United States, p. 325–350.
- Petrikoski, A. P. (2013). *Elaboração de biofilmes de fécula de mandioca e avaliação do seu uso na imobilização de caulinita intercalada com ureia*. 129 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná.
- Otoni, C. G., Lodi, B. D., Lorevice, M. V., Leitão, R. C., Ferreira, M. D., Moura, M. R. De, & Mattoso, L. H. C. (2018). Optimized and scaled-up production of cellulose-reinforced biodegradable composite films made up of carrot processing waste. *Industrial Crops and Products*, 121, 66–72.
- Pan, S. Y., Chen, C. H., & Lai, L. S. (2013). Effect of tapioca starch/decolorized hsian-tso leaf gum-based active coatings on the qualities of fresh-cut apples. *Food Bioprocess Technol*, 6, 2059–2069.
- Park, M. H., Sangwanangkul, P., & Choi, J.W. (2018) Reduced chilling injury and delayed fruit ripening in tomatoes with modified atmosphere and humidity packaging. *Sci. Hortic.*, 231, 66–72.
- Pfister B., Zeeman S. C. (2016). Formation of starch in plant cells. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73, 2781–2807.
- Ratnayake, W., & Jackson, D. S. (2009). Starch gelatinization. *Advances in Food and Nutrition Research*, 55, 221–268.
- Rico, M., Rodríguez-Llamazares, S., Barral, L., Bouza, R., & Montero, B. (2016) Processing and characterization of polyols plasticized-starch reinforced with microcrystalline cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 149, 83–93.
- Rós, A. B. Produtividade de raízes de mandioca em função de doses de potássio. *Revista pesquisa & tecnologia apta regional*. 9(1), 25-32. 2013.
- Saggiolato, A. G., Gaio, I., Treichel, H., De Oliveira, D., Cichoski, A. J., & Cansian, R. L. (2012). Antifungal activity of basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.): evaluation in vitro and on an Italian-type sausage surface. *Food Bioprocess Technol*. 5, 378–384.
- Saithong T, Rongsirikul O, Kalapanulak S, Chiewchankaset P, Siriwat W, Netphan S, Suksangpanomrung M, Meechai A, & Cheevadhanarak S. (2013). Starch biosynthesis in cassava: a genome-based pathway reconstruction and its exploitation in data integration. *BMC Syst Biol.*,7:75.
- Sánchez, T., Salcedo, E., Ceballos, H., Dufour, D., Mafla, G., Morante, N., Calle, F., Pérez, J., Debouck, D., Jaramillo, G., & Moreno, I. (2009). Screening of starch quality traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Starch e Stärke*, 61, 310.
- Santos, J. S., & Oliveira, M. B. P. P. (2012). Revisão: alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15(1), 1-14.
- Santacruz, S., & Castro, M. (2018). Viability of free and encapsulated *Lactobacillus acidophilus* incorporated to cassava starch edible films and its application to Manaba fresh white cheese. *LWT*, 93, 570–572.
- Serpa, M. F. P., Castricini, A., Mitsobuzi, G. P., Martins, R. N., Batista, M. F., & Almeida, T. H. (2014). Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. *Rev. Ceres*, Viçosa, 61(6), 975- 982.
- Silva, C. P. C., Oliveira, L.S., Silva, T. L., Andrade filho, J.A., & Reis, I. A. O. (2017). Microbiological quality of the coconut water (*cocos nucifera*) commercialized on the streets in the city of Aracaju, SE. *Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente*, 5(3), 57-66.
- Silva, L. E. B., Santos, J. K. B. dos., Amorim, N. O. D., & Sousa, T. A. D. (2016). Analysis of the development of the culture of the *Panicum miliaceum* L. (*Panicum miliaceum* L.) in soils where there was the cultivation of manioc (*Manihot esculenta* Crantz), with addition of the inoculation of the solution of Hoagland. *Diversitas Jornal*, 3(1), 5-12. 2018.
- Subpuch, N., Huang, T.-C., & Suwannaporn, P. Enzymatic digestible starch from pyrodextrinization to control the release of tocopheryl acetate microencapsulation in simulated gut model. *Food Hydrocolloids*, 53, 277–283.
- Suderman, N., Isa, M. I. N., & Sarbon, N. M. (2018). The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review. *Food Bioscience*, 24, 111–119.
- Šuput, D., Petrović L., Šojić, B., Savatić, S., Lazić, V., & Krkić, N. (2012). Application of chitosan coating with oregano essential oil on dry fermented sausage. *Journal of Food and Nutrition Research*, 51(1), 60-68.
- Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enronoe, J., & Osorio, F. (2010). Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. *Nova Science Publishers*, 14.
- Tappiban, P., Smith, D. R., Triwitayakorn, K., Bao, J. (2018). Recent understanding of starch biosynthesis in cassava for quality improvement: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 167-180.
- Tetlow, I. J., & Emes, M. J. (2014). A review of starch-branching enzymes and their role in amylopectin biosynthesis. *IUBMB Life*, 66, 546–558.

- Thomas, A. B., Nassur, R. DE C., Resende, B. M., Vilas, A. C., & Lima, L. C. de O. (2016). Cassava starch edible coating incorporated with propolis on bioactive compounds in strawberries. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(1), 87-96.
- Tironi, L. F., Uhlmann, L. O., Streck, N. A., Samboranza, F. K., Freitas, C. P. de O., & Silva, M. R. (2015). Performance of cassava cultivars in subtropical environment. *Bragantia*, 74(1), 58-66.
- Tomm, T. F. R., Almeida, E. I. A., Figueirinha, K. T., Ferreira, L. K. de, Gondim, M. M. de S., & Amorim, D. J. (2018) Origin and post-harvest losses of vegetables in the microregion of Chapadinha, Maranhão, Brazil. *Revista agro@mbiente on-line*, 12, 200.
- Valero, D., Díaz-mula, H.M., Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-romero, D., Castillo, S., & Serrano, M. (2013). Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Post. Biol. Technol.* 77, 1–6.
- Vamadevan, V., & Bertoft, E. (2018). Impact of different structural types of amylopectin on retrogradation. *Food Hydrocolloids*, 80, 88–96.
- VargaS, M., Pastor, C., Chiralt, A., & Mcclements, D., & González-martínez, C. (2008). Recent advance in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 48, 496–511.
- Wang, J.-YA., Kozłowski, R., & Delgado, G. A. (2001). Enzyme resistant dextrans from high amylose corn mutant starches. *Starch/Stärke*, 53, 21–26.
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q. & Wang, S. (2016). Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 568-585.
- Wang K., Wang, R. W., Ye, A., Liu, J., Xiao, Liu, Y., & Zhao, Y. (2017) Mechanical properties and solubility in water of corn starch-collagen composite films: Effect of starch type and concentrations, *Food Chem.*, 216., 209-216.
- Zainuddin, I. M., FathonI, A., Sudarmonowati, E., Beeching, J. R., Gruissem, W., & Vanderschuren, H. (2018). Cassava post-harvest physiological deterioration: From triggers to symptoms. *Postharvest Biology and Technology*, 142, 115–123.
- Zeeman, S. C., Kossmann, J., & Smith, A. M. (2010). Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. *Annu Rev Plant Biol.* 61, 209–234.
- Zhang, H., Hortal, M., Dobon, A., Bermudez, J. M., & Lara-lledo, M. (2015). The effect of active packaging on minimizing food losses: life cycle assessment (LCA) of essential oil component-enabled packaging for fresh beef. *Packag. Technol. Sci.* 28, 761–774.
- Zhu, F. (2015). Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 122, 456–480.