



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0901408-0 A2**

(22) Data de Depósito: 02/04/2009
(43) Data da Publicação: 14/12/2010
(RPI 2084)



(51) Int.Cl.:
B29C 47/00
B29C 49/00
C08L 3/00

(54) Título: **BIOPLÁSTICO FLEXÍVEL, COMESTÍVEL E BIODEGRADÁVEL À BASE DE AMIDO E GELATINA OBTIDO POR PROCESSO DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA SEGUIDO DE SOPRO**

(73) Titular(es): Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

(72) Inventor(es): FARAYDE MATTA FAKHOURI, FERNANDA PAULA COLLARES QUEIROZ, LUCIA HELENA INOOCENTINI MEI

(57) Resumo: BIOPLÁSTICO FLEXÍVEL, COMESTÍVEL E BIODEGRADÁVEL À BASE DE AMIDO E GELATINA OBTIDO POR PROCESSO DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA SEGUIDO DE SOPRO. O objeto deste pedido de patente envolve a produção em escala industrial de filmes flexíveis por processo convencional de extrusão termoplástica e posterior sopro, sem utilização de qualquer solvente, a partir de polímeros naturais (amido e gelatina), adicionados ou não de ácidos graxos, sendo totalmente comestível e biodegradável. Comestíveis e biodegradáveis. Estes bioplásticos flexíveis podem ser utilizados como embalagens no acondicionamento de diversos tipos de produtos, incluindo os alimentícios para humano e animais, farmacêuticos, de cosméticos, agrícolas e de utensílios em geral. Além disso, ela pode servir como embalagem secundária, embalando o produto antes da embalagem final.



**“BIOPLÁSTICO FLEXÍVEL, COMESTÍVEL E
BIODEGRADÁVEL À BASE DE AMIDO E GELATINA
OBTIDO POR PROCESSO DE EXTRUSÃO
TERMOPLÁSTICA SEGUIDO DE SOPRO”**

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se à obtenção de bioplásticos flexíveis, comestíveis e biodegradáveis, à base de amido e gelatina, em larga escala, utilizando-se o processo de extrusão termoplástica seguido de sopro, para a substituição de filmes plásticos flexíveis derivados de fontes não renováveis (petróleo) existentes no mercado.

Esses filmes criam uma nova possibilidade de utilização de matérias-primas de fontes renováveis disponíveis em grande quantidade no mercado nacional, e vem ao encontro da preocupação mundial de preservação do meio ambiente. O objeto desta patente abrange a aplicação em embalagens fabricadas a partir deste material flexível como: *mulches* carregadores de princípios ativos para uso na agricultura; suporte para mudas de plantas de crescimento rápido; brinquedos solúveis na saliva de crianças que colocam plástico na boca; embalagens para utensílios em geral; sacolas para supermercado; embalagens para presentes; embalagens para fertilizantes; embalagens para produtos de higiene e limpeza, etc.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

A crescente preocupação com as condições ambientais e ecológicas, além da necessidade de se reduzir a dependência em relação à utilização de petróleo, conduzem à busca de alternativas para as embalagens plásticas tradicionais obtidas a partir de polímeros de fonte petroquímica.

Segundo Zanin et al. (2004), os plásticos mais produzidos no Brasil são o polietileno de baixa densidade (PEBD), seguido de polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD) e policloreto de vinila (PVC), todos acima de 500 mil toneladas, sendo que abaixo desses estão o poli(etileno tereftalato) (PET) e o poliestireno (PS). Todos estes elaborados a partir de derivados de petróleo. Segundo esses autores, é notável o impacto ambiental que possuem as embalagens, e que, apesar dos índices de reciclagem terem melhorado desde 1989, o panorama de destino dos resíduos sólidos ainda está muito aquém do desejado.

O uso de recursos renováveis na preparação de filmes plásticos para o uso em embalagens aumentou muito nos últimos anos, e a descoberta de procedimentos que permitem extrudar o amido pelo processo clássico desenvolvido para polímeros termoplásticos de origem petroquímica criou uma nova área de pesquisas, resultando numa grande quantidade de

aplicações comerciais dos chamados bioplásticos (BASTIOLI et al., 1994).

Os bioplásticos podem ser comestíveis e/ou biodegradáveis, além de simples ou compostos. Os comestíveis
5 podem ser elaborados com: hidrocolóides e/ou lipídios. Os biodegradáveis podem ser elaborados utilizando-se materiais derivados de petróleo, ou de fontes renováveis, como vegetais, animais e diversos microorganismos do ambiente, ou de uma
10 mistura desses materiais possuam uma rápida degradação ou então por blendas desses materiais com um hidrocolóide. Na forma líquida e/ou sólida.

Para a elaboração de bioplásticos, são necessários alguns componentes com finalidade específica, preferencialmente sendo os principais um biopolímero, capaz de
15 formar o filme, e um plastificante (CUQ et al., 1997).

Segundo Guilbert (1986), pelo menos um dos constituintes dos biofilmes deve ser uma macromolécula capaz de formar uma matriz contínua e de alta coesão. As macromoléculas mais utilizadas são as proteínas (colágeno, glúten e zeína) e os
20 polissacarídeos (alginato, pectina, amido e celulose) (KESTER, FENNEMA, 1986). Uma combinação desses materiais também pode ser utilizada (DONHOWE, FENNEMA, 1992). Entre os polímeros naturais, o amido tem sido amplamente utilizado em

estudos sobre embalagens biodegradáveis, já que é encontrado em abundância, possui baixo custo e comportamento termoplástico (MALI et al., 2005).

Bioplásticos obtidos a partir desses dois grupos
5 de polímeros (proteínas e polissacarídeos), apesar de apresentarem boas propriedades mecânicas e se constituírem em boa barreira aos gases (O_2 e CO_2), possuem alta permeabilidade ao vapor de água, pois são altamente hidrofílicos. Um recurso para melhorar essa propriedade é a adição de lipídios a esses
10 polímeros (KESTER, FENNEMA, 1986), uma combinação desejável, já que filmes baseados em lipídios possuem boas propriedades de barreira ao vapor de água, mas propriedades mecânicas indesejáveis (PARK et al., 1994). Alguns estudos comprovam esse efeito: adição de lipídios em matriz de quitosana
15 (WONG et al., 1992), em filmes de gelatina (BERTAN, 2003, FAKHOURI et al., 2003), hidroxipropil celulose (KAMPER, FENNEMA, 1984a, b) e goma gelana (YANG, PAULSON, 2000), entre outros.

O plastificante é definido, segundo McHugh e
20 Krochta (1997), como uma substância de alto ponto de fusão, que quando adicionada a outro material provoca certas mudanças nas suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Os plastificantes provocam um aumento da flexibilidade das cadeias do polímero e

garantem maior deformação do material resistência, diminuindo possíveis descontinuidades e zonas quebradiças (KROCHTA et al., 1994), além de melhorar em determinados casos a adesividade do filme (LIN, 2000). Segundo Cuq et al. (1997), o aumento da flexibilidade e da extensibilidade do filme ocorre com a incorporação de plastificante a biopolímeros e, segundo Guilbert (1986), o tipo de plastificante, além de influenciar as características mecânicas dos filmes, também interfere nas suas propriedades de barreira.

A escolha do plastificante atóxico a ser adicionado aos bioplásticos comestíveis deve ser feita de acordo com a compatibilidade deste com o polímero e o solvente utilizados. Este plastificante deve ser miscível em macromoléculas para que não haja a separação durante a secagem do filme (GUILBERT, 1986) e, se possível, solúvel no solvente utilizado (MAHMMOUND, SAVELO, 1992). Além disso, o plastificante não pode ser volátil. Existem vários plastificantes sendo utilizados na elaboração de filmes comestíveis, entre eles a triacetina (BERTAN, 2003, FAKHOURI, 2003, LIN, 2000), o sorbitol (CARVALHO, 1997; SARMENTO, 1999; SOBRAL, 1999) e o glicerol (GONTARD et al., 1994, LE TIEN et al., 2000).

Para a elaboração de bioplásticos são utilizados, além do plastificante e dos polímeros, solventes e um agente regulador de pH, quando necessário. O ajuste de pH, no caso das proteínas, faz-se necessário para controlar a solubilidade da macromolécula. Alguns reguladores de pH encontrados na literatura são: ácido acético glacial (CARVALHO, 1997, LEAVER et al., 1999, SARMENTO, 1999) e hidróxido de sódio (CARVALHO, 1997, LEAVER et al., 1999).

Os solventes mais utilizados na elaboração destes bioplásticos são: água destilada, etanol grau analítico isento de resíduo tóxico ou a combinação de ambos (KESTER, FENNEMA, 1986). Segundo Sgarbieri (1996), um aspecto determinante na elaboração de filmes é a solubilidade de proteínas e a capacidade das mesmas de interagir com o solvente utilizado, uma vez que a solubilidade total da proteína é necessária para o processo de formação destes filmes. A dispersão da molécula de proteína em água é possível devido ao grande número de resíduos de aminoácidos polares e apolares, que interagem com o solvente. Essas interações podem ser melhoradas em função da constante dielétrica do solvente, uma vez que essa constante é inversamente proporcional à força de atração intermolecular.

Gelatina

A gelatina é uma proteína de origem animal, derivada do colágeno e apresenta a propriedade de formar géis termo-reversíveis após ser aquecida, solubilizada e resfriada. O mecanismo de formação envolve interligações iônicas entre grupos amino e carboxil dos aminoácidos, com a ajuda de pontes de hidrogênio (KESTER, FENNEMA, 1986). O colágeno é caracterizado por um alto conteúdo de glicina, prolina e hidroxiprolina, onde os dois últimos representam de 13 a 15% dos aminoácidos totais. A hidroxiprolina é praticamente específica do colágeno (VEIS, 1964).

A gelatina difere de outros hidrocolóides por ser uma proteína totalmente digerível, contendo quase todos os aminoácidos essenciais, com exceção do triptofano (POPPE, 1987). Gelatinas comerciais podem ser divididas em dois grupos: (i) gelatina do tipo A, obtida por pré-tratamento ácido, possuindo ponto isoelétrico entre 7,0 e 9,0; e (ii) gelatina do tipo B, obtida por pré-tratamento básico, com ponto isoelétrico situado entre 4,6 e 5,2 (GENNADIOS et al., 1994).

A gelatina é classificada e comercializada de acordo com sua força de gelificação, o “Bloom”, (LOPES, 1976). O “Bloom” e a viscosidade são as principais características reológicas da gelatina e, geralmente, são resultantes do tipo do

processo de fabricação. As propriedades visco-elásticas estão relacionadas com a composição de aminoácidos, massa molecular média e com o grau de polimerização da cadeia (JOHNSTON-BANKS, 1990).

5 É amplamente utilizada no mercado nacional pela facilidade de obtenção e baixo custo. Carvalho (1997) elaborou filmes de gelatina Tipo B através da técnica de deposição, de outro modo *casting* e obteve boas propriedades funcionais. Sarmento (1999) desenvolveu filmes a partir de
10 gelatina reticulada, também pela técnica de *casting*, observando que a reticulação química tornou os filmes de gelatina mais flexíveis e menos solúveis com o aumento da concentração de glutaraldeído. Sobral (1999) estudou as propriedades funcionais de filmes de gelatina obtidos por *casting* em função da espessura,
15 concluindo que a força na ruptura, a permeabilidade ao vapor de água e a cor dos filmes são influenciados linearmente pelo aumento da espessura.

Carvalho (2002), estudando bioplásticos à base de gelatina tipo B, elaborados pela técnica de *casting*, introduziu
20 na matriz polimérica ligações cruzadas provocadas por modificação enzimática e química da gelatina, concluiu que os filmes tratados com transglutaminase na temperatura de 50 °C apresentaram redução do valor de permeabilidade ao vapor de

água dos bioplásticos em relação ao filme sem tratamento e que para esse parâmetro, a modificação enzimática teve maior efeito que a modificação química.

Filmes à base de gelatina são visualmente transparentes, de fácil manuseio e possuem valores elevados de resistência à tração (FAKHOURI et al., 2003, BERTAN, 2003). Porém, mesmo os filmes modificados quimicamente ainda estão suscetíveis às condições ambientais (CARVALHO, 2002).

Amido

O amido é um polissacarídeo composto essencialmente de amilose e amilopectina. Esses dois componentes podem ser separados, possibilitando novos “blends” com outras proporções e aumentando assim a sua utilização (STADING et al., 2001). Os amidos de milho, batata, arroz, trigo e mandioca tem sido os mais utilizados comercialmente (ELLIS et al, 1998,).

Segundo Wang (2003), o amido é um dos polímeros naturais mais baratos e disponíveis e pode ser processado em materiais termoplásticos apenas na presença de plastificantes e sob ação de calor e agitação. Segundo o mesmo autor, o fator limitante para a utilização de materiais feitos somente à base de amido é sua baixa resistência à água. Além

disso, os filmes e revestimentos contendo essencialmente amido são quebradiços (JENSEN, 2007).

O comportamento mecânico de um material termoplástico à base de amido está relacionado com a quantidade
5 de água presente na mistura, já que esta permite abaixar a temperatura de transição vítrea e a do ponto de fusão. Fishman et al. (2000), através de moldagem e extrusão, obtiveram filmes de “blendas” de pectina, amido e glicerol mais compactos e homogêneos quando uma maior concentração de água foi
10 adicionada à mistura. Segundo os autores, além da umidade, a temperatura do extrusor influenciou a porcentagem de gelatinização do amido, mas não afetou as propriedades mecânicas dos filmes.

O processo de extrusão de amidos causa uma
15 ampla variedade de mudanças nas estruturas morfológica e molecular dos grânulos devido à dissipação de energias térmica e mecânica (Brümmer et al., 2002).

Os filmes à base de amido possuem boas propriedades mecânicas (ARVANITOYANNIS, BLANSHARD,
20 1994) e, segundo Rindlav-Westling (1998), podem ser utilizados para embalagens onde sua excelente propriedade de barreira ao O₂ pode ser explorada.

Rindlav-Westling et al.(2002) elaboraram filmes de amido de batata, amilose e amilopectina, com ou sem a adição de plastificante, e observaram que as condições de formação do filme têm impacto tanto na cristalização quanto na
5 separação de fases dos mesmos e que é possível controlar a cristalinidade dos filmes de amido, já que esta depende, segundo os autores, da temperatura, da umidade do ar e da secagem durante a formação do filme.

Famá et al. (2005) verificaram o efeito da
10 adição de sorbatos em biofilmes de amido de tapioca plastificados com glicerol e observou que a adição destes afeta as propriedades mecânicas. A resistência à tração aumenta com o uso de sorbato em até 80%. O valor para filmes sem sorbato encontrados por esse autor é de 30,5 MPa, sendo semelhante ao do polietileno de
15 alta densidade, que varia entre 17,3 e 34,6 MPa (BRISTON, 1988).

Ácidos graxos

Todos os ácidos monocarboxílicos alifáticos são denominados ácidos graxos e praticamente todos os ácidos
20 encontrados na natureza possuem alta massa molecular e cadeia linear, podendo ser saturados ou insaturados (BOBBIO, BOBBIO, 1995). Os pontos de fusão e ebulição dos ácidos são influenciados pelo comprimento da cadeia, presença de

ramificações, aumentando conforme aumenta a cadeia, de maneira mais ou menos uniforme. Segundo Fennema (1995), os lipídios, quando adicionados em filmes comestíveis, são considerados também plastificantes. Pommet et al. (2003),
5 estudando a adição de ácidos graxos como plastificante em filmes de glúten, obtiveram menor permeabilidade ao vapor de água se comparado aos filmes de glúten com glicerol.

A incorporação de ácidos graxos em filmes comestíveis, segundo Wong et al. (1992), pode promover uma
10 redução na sua permeabilidade ao vapor de água. Segundo Gontard et al. (1994), esta depende da relação hidrofóbica/hidrofílica proporcionada pelos componentes do filme e da polaridade, grau de insaturação e do grau de ramificação dos lipídios presentes no filme. A adição de ácidos graxos também
15 interfere na solubilidade dos filmes, já que lipídios são insolúveis em água.

Os benefícios da adição de ácidos graxos em filmes comestíveis podem ser comprovados por estudos recentes. Os ácidos palmítico e esteárico incorporados à cera promovem
20 uma redução da permeabilidade ao vapor de água e um aumento da flexibilidade, melhorando a estabilidade do filme contra fraturas (KESTER, FENNEMA, 1989 a,b). Estes ácidos graxos também diminuem o ponto de fusão das ceras, auxiliando na

solidificação durante a secagem (GRENNER, FENNEMA, 1989a).

Bertan (2003), Fakhouri et al. (2003), estudando filmes de gelatina e Tanada-Palmu et al (2002),
5 estudando filmes de glúten, observaram a redução de permeabilidade ao vapor de água dos filmes com adição de lipídios. O valor de permeabilidade ao vapor de água dos bioplásticos de glúten passou de 8,61 para 1,65 e 1,01, respectivamente, para filmes compostos e dupla-camada, quando
10 lipídios foram adicionados.

Os filmes compostos podem ser formados por dupla camada ou somente por uma única camada homogênea e são formulados para combinar as vantagens das substâncias lipídicas com as hidrocoloidais, diminuindo as desvantagens que
15 cada um apresenta separadamente (GREENER, FENNEMA, 1989a, 1989b).

Há diversas publicações relatando o desenvolvimento de filmes compostos, com a adição de cera de abelha e/ou ácidos graxos, como palmítico, esteárico e láurico em
20 hidrocolóides. Yang e Paulson (2000) estudaram a adição de misturas de ácido palmítico-esteárico e cera de abelha em filmes de goma gelana e observaram que a adição de lipídios foi eficiente na redução da permeabilidade do vapor de água desses

filmes, sendo que a máxima concentração de lipídios a ser adicionada é de 25% em relação ao peso seco desse polímero. Kamper e Fennema (1984 a, b) recomendaram o uso de misturas de ácido palmítico-esteárico em filmes hidrofóbicos, já que esses
5 ácidos reduziram a permeabilidade ao vapor de água em filmes de hidroxipropil celulose, além de melhorarem a manuseabilidade desses filmes. Gontard et al. (1994) observaram que a adição de ácidos graxos foi efetiva na redução da permeabilidade de filmes de glúten, e que a adição destes também aumentou a solubilidade
10 dos filmes. Rhim et al. (1999) observaram um aumento na solubilidade de filmes à base de isolado protéico de soja, quando ácido láurico foi adicionado. Wong et al. (1992), num estudo sobre adição de ácidos graxos em goma gelana, observou uma redução do valor de permeabilidade ao vapor de água em até
15 49%, comparado ao filme controle com a adição de ácido láurico a esses filmes.

Park et al. (1994), Perez-Gago e Krochta (2000), Yang e Paulson (2000) e Fakhouri et al. (2003) estudaram o efeito da adição de ácidos graxos sobre a resistência mecânica
20 de filmes compostos e observaram um declínio da resistência mecânica desta resistência relacionado ao aumento da concentração destes ácidos graxos.

A incorporação de ácidos graxos pela matriz de filme de glúten foi discutida por Pommet et al. (2003). Os autores observaram, através de análises de calorimetria diferencial de varredura, que não há uma diferença clara de mudança na capacidade térmica dos filmes que continham ácido hexanóico, octanóico e decanóico, indicando que esses ácidos graxos são mobilizados a partir de interações com o glúten. Assim, a fusão dos ácidos graxos dificilmente foi observada. Ao contrário, os pontos de fusão dos ácidos palmítico e mirístico foram identificados claramente, sugerindo que os materiais correspondentes são heterogêneos, contendo a matriz plastificada de glúten e uma fase de ácidos graxos parcialmente cristalizados à temperatura ambiente. A heterogeneidade dessas misturas foi comprovada, pelos mesmos autores, por microscopia eletrônica de varredura.

Bertan (2003), ao adicionar ácido láurico, misturas de ácidos palmítico e esteárico e breu branco à matriz de gelatina, plastificada com glicerol, observou que a adição desses lipídios na matriz também apresentou picos distintos, sugerindo a separação de fases nos biofilmes elaborados pela técnica de *casting*.

Processo de obtenção do bioplástico:

Extrusão termoplástica.

O processo de extrusão permite a termoplastificação de um material sólido pela aplicação de calor e trabalho mecânico, sendo, portanto, o principal processo para obtenção dos bioplásticos. É um processo altamente versátil, em que o extrusor pode se comportar como um trocador de calor, devido às trocas térmicas que ocorrem entre o material a ser extrudado e o equipamento. Em condições de altas temperaturas (até 250°C), altas pressões (até 25 MPa) e curto espaço de tempo (1-2 min), o extrusor desempenha também a função de um reator químico de processamento de polímeros termoplásticos ou de alimentos. Nessas condições, ocorre a plastificação e a formação de texturas desejáveis (OLKKU, LINKO, 1997).

O processo de extrusão apresenta inúmeras vantagens, tais como: versatilidade, alta qualidade do produto final, baixo custo de produção, produtos com formas geométricas variadas e não liberação ou formação de efluentes (SMITH, 1976). Este processo pode ser dividido em três etapas: pré-extrusão, extrusão e pós-extrusão, onde os equipamentos para a primeira e última etapa dependem do tipo de material a ser utilizado, enquanto que na etapa da extrusão, propriamente dita, variam as condições de processamento (EL-DASH, 1982).

Segundo Sothornvit et al. (2007), geralmente a moldagem por compressão é estudada como uma técnica precursora da extrusão, para se estudar a maquinabilidade do material e identificar condições apropriadas à extrusão. Neste estudo, os autores comprovaram que as propriedades mecânicas de folhas de proteína de soro de leite moldadas por compressão com 40-50% de plastificante eram melhores que a de filmes produzidos por *casting* com 45% de plastificante. Os autores afirmam também que a extrusão é um processo rápido, requerer pouco espaço e um número pequeno de etapas de produção (Sothornvit et al., 2007).

Sebio (2003), estudando a produção de plástico biodegradável, concluiu que a extrusão é um processo que propicia um efeito plástico na mistura de amido e gelatina. As concentrações da gelatina e do plastificante utilizados (glicerol) foram os fatores que mais influenciaram as propriedades mecânicas dos laminados obtidos. Outros autores (FISHMAN et al., 2000, RINDLAV-WESTLING, GATENHOLM, 2002, FREITAS JÚNIOR, 2004) têm avaliado o processo de extrusão em materiais à base de amido, visando à obtenção de materiais biodegradáveis. Sakanaka (2007) estudou a confecção de biofilmes compostos de amido termoplástico e polibutileno succinato co-adipado adipato (PBSA), onde o aumento da

concentração de amido na mistura provocou uma diminuição da cristalinidade da embalagem. O autor também concluiu que o processo de extrusão de sopro tubular é um método eficiente e prático para obter filmes biodegradáveis a partir de misturas de amido termoplástico e PBSA, tendo grande potencial para aplicação industrial.

Pádua e Wang (2003) estudaram filmes extrudados de zeína e ácido oléico e concluíram que os bioplásticos formados apresentaram uma alta porcentagem de alongação e uma baixa resistência à tração (3,1 a 4,2 MPa).

Segundo Hernandez-Izquierdo e Kroetha (2008), a extrusão de proteínas é uma promessa em potencial para a obtenção de filmes comestíveis em larga escala. Para esses autores, a incorporação de polissacarídeos e a inclusão de nanopartículas nesses filmes tendem a melhorar as características mecânicas desses filmes.

Park et al. (2008) estudaram bioplásticos extrudados elaborados a partir de gelatina, plastificados com glicerol, sorbitol e com a mistura de ambos. Nesse estudo, eles descartaram o sorbitol como plastificante devido à baixa fluidez do material na extrusão.

Liu et al. (2006) estudaram a incorporação de óleo de milho e óleo de oliva em biofilmes compostos de gelatina

e alginato de sódio. Os filmes foram elaborados pela técnica de extrusão. A adição dos óleos causou um aumento na espessura dos biofilmes, causando também uma diminuição na resistência à tração e um aumento na elongação dos mesmos. Tanto o óleo de milho quanto o óleo de oliva reduziram a permeabilidade ao vapor de água dos biofilmes, porém não foi observada diferença significativa em relação à utilização de diferentes concentrações dos mesmos.

Filmes flexíveis extrudados elaborados com amido de batata e glicerol obtidos por extrusão foram estudados por Thunwall et al. (2008). Os autores concluíram que com um controle adequado das condições de processo, da quantidade de plastificante e da umidade da mistura, é possível obter filmes extrudados deste material. Os autores concluem também que a obtenção de biofilmes com a utilização de amido nativo nesse processo é significativamente mais difícil.

Com o objetivo de solucionar as limitações dos filmes oriundos de termoplásticos de agro-polímeros, diversas pesquisas têm sido realizadas com combinações de biopolímeros de amido e polímeros sintéticos biodegradáveis (ALVES, 2007; AVÉROUS e FRINGANT, 2001; BRIASSOULIS, 2006; COSTA, 2008; MALIGER et al., 2006; PETERSEN. NIELSEN e OLSEN, 2001; SAKANAKA, 2007).

A adição de álcool polivinílico (PVOH) em misturas de amido com 20 % de glicerol aumentou a elongação de materiais extrudados em 10 vezes, além de prevenir o aparecimento de rachaduras na superfície destes materiais (MAO
5 et al., 2002).

Briassoulis (2006) demonstrou que filmes produzidos a partir de amido complexado com poliésteres biodegradáveis e utilizados para cobertura morta de solo (*mulching*) apresentaram um bom comportamento mecânico,
10 sendo que a tensão na ruptura pode ser comparada à de filmes convencionais não biodegradáveis utilizados na agricultura.

Costa (2008) concluiu em seu trabalho que a produção de filmes com alto teor de amido termoplástico de mandioca em blendas com poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) é viável, originando filmes com boa processabilidade por
15 extrusão-sopro em balão. Neste trabalho, o incremento observado na elongação dos filmes contendo 50:50 (Amido:PBAT) foi de até 440% em relação ao filme de amido puro. Embora seja possível de formar o filme, o mesmo apresenta-se extremamente frágil
20 uma vez que suas propriedades mecânicas são muito pobres, tendo, portanto, que ser usado em misturas. No trabalho citado, o amido utilizado foi sem modificação, diferentemente do apresentado na presente invenção. Os filmes simples de amido

aqui propostos possuem propriedades mecânicas melhores que as encontradas para o amido nativo em Costa (2008), e a proteína adicionada (gelatina) melhorou ainda mais essas propriedades.

Sakanaka (2007) obteve filmes biodegradáveis à base de polibutileno succinato co-adipato (PBSA) com concentrações de até 70% de mistura amido/plastificante ou amido/gelatina/plastificante, feitos por extrusão e sopro, apresentando propriedades mecânicas compatíveis com as de filmes convencionais.

No entanto, estas alternativas de inclusão de polímeros sintéticos de origem petroquímica tornam o bioplástico, apesar de biodegradável, não comestível.

Segundo Queiroz e Collares-Queiroz (2009), a indústria de bioplásticos está ainda na sua infância, procurando identificar e explorar nichos de mercado que consideram uma abordagem, não somente de biodegradabilidade, reciclagem e/ou substituição dos plásticos de origem petroquímica por plásticos oriundos de fontes renováveis, como também se preocupando com o ciclo de carbono e a sustentabilidade.

Patentes e artigos relacionadas em bioplásticos

Patente: *United States Patent, Nakatsuka et al.*

Número: 4,076,846. **Título:** *Protein-starch binary molding*

composition and shaped articles obtained therefore. As
semelhanças em relação à presente invenção é que o produto é
comestível e também utiliza amido e proteína (tipo não
especificado) na sua composição. Porém, apresenta várias
5 diferenças, pois o material objeto da referida patente é obtido por
moldagem, é um material impermeável a gases e não flexível,
além disso, foi realizado no material um equilíbrio entre
solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água,
utilizando irradiação ultravioleta ou incorporando um agente para
10 coagular a proteína.

Patente: *Patente. Leblanc N, Dubois M.*
Número: *WO2003046082-A1, AU2002365603-A1.* ***Título:***
Biodegradable plastic material prepared from wheat extract,
useful e.g. for making food packaging or plant pots, comprises
15 *mainly starch and protein.* A patente refere-se a um material
plástico biodegradável que utiliza amido e um material gorduroso,
porém, o material não foi soprado ou expandido, utiliza uréia em
sua composição. A patente também utiliza como matéria-prima
uma proteína e pentosanas. O material final pode servir para
20 produção de filmes comestíveis (segundo os autores, para
modificar a migração de água nos alimentos ou para alterar a sua
textura) e de artigos rígidos, como potes para flores. A proteína
utilizada é a de glúten de trigo, já o material gorduroso não é

especificado pelos autores. A patente não utiliza gelatina, glicerol, nem ácido graxo mirístico na elaboração do material final.

Patente: *United States Patente, Merrit, II.*

Número: 5,962,053. **Título:** *Edible film and method.* A patente elabora um material comestível feito à base de polissacarídeos e proteína. O material, porém, é insolúvel em água por utilizar uma blenda contendo farinha de konjac, ágar e gelatina, o que difere da presente invenção. Além disso, o material não é extrudado e nem soprado.

Patente: *United States Patent, Wang. Número:*

5,922,379. Título: *Biodegradable protein/starch-based thermoplastic composition.* A patente refere-se a um material termoplástico à base de amido e gelatina, e também utiliza, além de fibras em sua composição (entre elas a celulose), sais metálicos hidratados. Não é especificado se o material é comestível ou flexível. É um material extrudado, mas a patente se utiliza da técnica de moldagem para a obtenção do produto final. A matéria-prima utilizada é o glúten, zeína, aveia (simples ou combinados), caseína, albumina, colágeno e gelatina (também simples ou combinados). Os amidos utilizados são o amido de milho nativo e quimicamente modificado, além de amido pré-gelatinizado (ou a combinação deles). A patente cita também que outros tipos de amido podem ser utilizados, como amido de trigo, de batata, de

batata doce, arroz, tapioca, sorgo e amido de milho com alto teor de amilose.

Patente: *United States Patent, Mayer et al.*

Número: 5,322,866. **Título:** *Method of producing biodegradable*

5 *starch- based product from unprocessed raw materials.* A patente refere-se ao desenvolvimento de um material biodegradável extrudado à base de amido, porém combinado com copolímeros biodegradáveis como o polivinil-álcool (PVOH), etileno vinil álcool (EVOH), um agente e um plastificante. O material formado
10 não é comestível e não utiliza apenas polímeros de fontes não renováveis.

Patente. *Otey F. H., Westhoff R. P. Número:*

US: 6507191-N, US4454268-A, WO8500176-A, JP60501645-W, EP132299-B, DE3480265-G. JP910008817-B. Título:

15 *Semipermeable films gelatinized starch- and neutralized ethylene-acrylic acid copolymer mixt. are useful as dialysis membranes.* A patente refere-se à elaboração de filmes que utilizam amido, porém a patente utiliza copolímero de etileno e ácido acrílico acrílico ácido copolímero (EAA), não se tratando de uma
20 embalagem comestível. Além disso, não existe a adição de gelatina nem de ácidos graxos.

Patente: *US Patent Número: 6528088. Título:*

Highly flexible starch-based films. A patente refere-se a um

processo de obtenção de filmes flexíveis à base de amido, porém, é utilizado um polímero sintético e, portanto, não é comestível. Não se utiliza nem gelatina nem ácidos graxos.

Patente: Chang. Y., Sebio L. **Número:**

5 *PI0303687-1 Título: Plástico Biodegradável à base de amido e gelatina pelo processo de extrusão.* A patente refere-se a um material plástico à base de amido e gelatina, Não é filme flexível, mas sim um material rígido para produção de utensílios descartáveis. Não utiliza o processo de extrusão seguida de sopro, 10 portanto, não sendo possível a obtenção de um filme flexível. Além disso, utiliza água como plastificante e também não utiliza ácidos graxos. Não é comestível. Também existe diferença no tipo de extrusor e nas condições operacionais do processo de fabricação.

15 **Patente:** Tristão de Andrade et al. **Número:**

PI0203385-23385-Título: Filme à base de amido termoplástico ou desestruturado, biodegradável, com reduzida sensibilidade à água e processo para sua produção. A patente descreve filmes biodegradáveis à base de amido termoplástico com sensibilidade à 20 água reduzida e processo para sua obtenção. O filme de amido termoplástico é recoberto com camada protetora polimérica (não especifica se é sintético) obtida através da tecnologia de plasma

frio. Não é comestível. Não utiliza gelatina, não diz o plastificante.

Patente. *United States Patent. Tom Ka.*

Número: 5,844,023. **Título:** *Biologically degradable polymer*

5 *mixture*. A patente refere-se a um filme biodegradável feito à base de amido termoplástico e um polímero hidrofóbico degradável biologicamente, plastificados com glicerol e sorbitol. Apesar de usar amido e o glicerol como plastificante, a presente patente não traz um filme comestível, pois o polímero hidrofóbico utilizado é
10 apenas biodegradável e não comestível, além disso, não utiliza gelatina nem ácidos graxos.

Patente. *United States Patent. Lacourse et al.*

Número: 4,863,655. **Título:** *Biodegradable packaging material and the method of preparation thereof*. A patente refere-se a uma

15 embalagem biodegradável que utiliza amido com alto teor de amilose para a sua elaboração. Porém, a embalagem não é comestível, não se diz se é flexível, além disso, a patente utiliza polivinil álcool na sua composição.

Patente. *United States Patent. Favis, et al.*

20 **Número:** 6,844,380. **Título:** *Method of making polymer compositions containing thermoplastic starch*. A patente refere-se

a uma composição de uma blenda que utiliza amido termoplástico e um polímero sintético, além da adição de compatibilizantes.

Não se trata de uma embalagem comestível, não utiliza gelatina e nem ácidos graxos.

Patente. *United States Patent. Xu et al.*

Número: 5,821,286. **Título:** *Biodegradable polyester and*

5 *natural polymer compositions and film therefrom.* A patente refere-se a um filme biodegradável à base de amido e um poliéster, não sendo, portanto, comestível. Não utiliza gelatina nem ácidos graxos.

Patente. *United States Patent. Tokiwa et al.*

10 **Número:** 5,256,711. **Título:** *Starch-containing biodegradable plastic and method of producing same.* A patente refere-se a um plástico biodegradável que inclui amido gelatinizado e um poliéster alifático biodegradável em sua composição. Não sendo, portanto, comestível. Além disso, não utiliza gelatina nem ácidos
15 graxos na sua composição.

Artigo: *Fakhouri et al. Título: Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson.*

Revista: *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* O artigo refere-se a
20 filmes comestíveis à base de amido e gelatina, porém envolvem diferentes métodos de obtenção de biofilmes, um é produzido por *casting* (onde os biofilmes são formados um a um, através da dispersão da solução filmogênica em um suporte adequado, não

sendo uma técnica para produção em larga escala) e o outro é produzido por extrusão seguida de sopro. Além disso, utilizam diferentes tipos de amido, mas não são utilizados ácidos graxos.

Artigo: Ryu et al. Título : Preparation and
 5 *Physical Properties of Zein-Coated High-Amylose Corn Starch*
Film. Revista: Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. O
 artigo refere-se à utilização de amido como matéria-prima para a
 produção de filmes. Porém, além de utilizarem plastificantes
 diferentes, é aplicada uma cobertura de zeína e ácido oléico sobre
 10 o filme de amido. Não é especificado o método de obtenção,
 porém, foi utilizado amido gelatinizado previamente, o que não é
 o caso da presente invenção. Não especifica se é flexível.

Artigo. Wang, Y., Padua, G. W. Título: Tensile
properties of extruded zein sheets and extrusion blown films.
 15 *Revista: Macromol. Mater. Eng.* O artigo refere-se a obtenção de
 biofilmes extrudado à base de zeína e ácido oléico.

Artigo. Park et al. Título: Mechanical and
water vapor barrier properties of extruded and heat-pressed
gelatin films. Revista: Science Direct. O artigo em questão mostra
 20 filmes à base de gelatina plastificados com glicerol. Porém, eles
 não utilizam amido, nem ácidos graxos, e como plastificantes
 adicionaram blendas de sorbitol e glicerol. Além disso, após a

extrusão, os bioplásticos não são soprados, mas sofrem um tipo de aquecimento sob pressão para sua formação.

Artigo. *Thunwall et al.* **Título:** *Film blowing of thermoplastic starch.* **Revista:** *Carbohydrate polymers.* O artigo em questão traz bioplásticos à base de amido de batata (nativo e modificado) plastificado com glicerol ou água como plastificante. O bioplástico também não utiliza gelatina nem ácido graxo na sua composição.

Atividades do grupo de pesquisa:

O grupo de pesquisa envolvido na presente invenção trabalha com pesquisas relacionadas à elaboração de biofilmes, preferencialmente à base de amido e gelatina, com e sem a adição de ácidos graxos, plastificados com glicerol e/ou sorbitol. Utilizando-se desses materiais, foram desenvolvidos vários trabalhos (inclusive o artigo “Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson” citado acima), porém nunca antes foi elaborado pelo presente grupo um bioplástico flexível obtido pelo processo de extrusão termoplástica seguida de sopro. A técnica utilizada sempre foi a do método de *casting*, onde em que um volume conhecido de solução é depositado num suporte de secagem (geralmente, placas de acrílico de 11,5 cm de diâmetro) onde permanece por 24 horas

até a completa evaporação do solvente. Essa técnica é economicamente inviável pois não permite a produção de filmes flexíveis em larga escala, e esse estudo anterior (feito por método de *casting*) objetivou avaliar as concentrações de gelatina, glicerol e amido ideais para serem utilizadas nas próximas etapas até se chegar na extrusão, conforme está explicado na Breve Descrição da Invenção. A extrusão sim é um processo mais versátil e viável economicamente para a produção dos bioplásticos comestíveis e flexíveis em larga escala, o que é o objetivo da presente invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se à obtenção de bioplásticos flexíveis, comestíveis e biodegradáveis, à base de amido e gelatina, em larga escala, utilizando-se o processo de extrusão termoplástica seguido de sopro, para a substituição de filmes plásticos flexíveis existentes no mercado, derivados de fontes não renováveis (petróleo).

É, portanto, um objeto da presente invenção um processo de produção de bioplásticos compreendendo as etapas de:

(i) elaboração dos *pellets*, também denominados *grânulo*, constituídos de onde os *pellets* compreendem:

a) amido;

- b) gelatina;
- c) opcionalmente ácido graxo;
- d) agente plastificante;

(ii) elaboração do filme pela técnica de extrusão e sopro.

Em uma realização preferencial, o pellet é composto de amido de milho, ácido mirístico como ácido graxo e sorbitol e/ou glicerol como plastificante.

Esses filmes criam uma nova possibilidade de utilização de matérias-primas de fontes renováveis disponíveis em grande quantidade no mercado nacional, como amido e gelatina, e vem ao encontro da preocupação mundial de preservação do meio ambiente, já que ele é totalmente comestível e biodegradável. Esta tecnologia torna-se atrativa em função de diferentes aspectos: (i) inovação no desenvolvimento de materiais plásticos a partir de fontes renováveis; (ii) preservação de matérias-primas fósseis; (iii) completa degradação biológica; (iv) redução no volume de resíduos em aterros devido a total compostabilidade no ciclo natural; (v) proteção do clima pela redução da liberação de dióxido de carbono de fonte fóssil, como parte do ciclo natural; (vi) possibilidade de aplicação de fontes agrícolas para a produção de “materiais verdes”. Como potenciais aplicações destes bioplásticos, objeto da presente invenção, pode-se citar como

exemplo: embalagens para alimentos; *mulches* ou coberturas para
plantações em campo aberto ou em estufas, contendo
carregadores de princípios ativos para uso na agricultura; suporte
para mudas de plantas de crescimento rápido; brinquedos solúveis
5 na saliva de crianças que colocam plástico na boca; embalagens
para utensílios em geral (brinquedos, utensílios para festas de
crianças, etc.); sacolas para supermercado; embalagens para
presentes; embalagens para fertilizantes; embalagens de produtos
de higiene e limpeza, principalmente utilizados na área médica;
10 embalagens refil para cosméticos e fármacos. Portanto, tanto a
indústria alimentícia como a farmacêutica, agrícola, de
brinquedos, e utensílios em geral constituem setores de grande
interesse para o destino deste invento, podendo ser os
responsáveis pela fabricação ou utilização direta deste produto
15 e/ou processo.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se à obtenção de
bioplásticos flexíveis, comestíveis e biodegradáveis, à base de
20 amido e gelatina, em larga escala, utilizando-se o processo de
extrusão termoplástica seguido de sopro, para a substituição de
filmes plásticos flexíveis existentes no mercado, derivados de
fontes não renováveis (petróleo).

Os amidos úteis na presente invenção são escolhidos dentre amidos naturais e modificados. Exemplos de amidos naturais incluem amidos de milho, batata, arroz, ervilha, trigo e mandioca. Exemplos de amidos modificados incluem
5 amidos naturais compreendendo grupos hidrofílicos ou hidrofóbicos, como por exemplo, amidos metilados, etilados, carboximetilados, e os amidos conhecidos do estado da técnica.

Preferencialmente, a presente invenção utiliza amido de milho nativo, ceroso ou ceroso modificado, amido de
10 milho lipofílico e amido *snow-flake*®. A gelatina está presente em concentrações que variam de 5 a 20% em relação à quantidade de amido.

O agente plastificante da presente invenção é um agente que, quando presente, é capaz de aumentar a
15 resistência mecânica à deformação do filme polimérico além de conferir maior maleabilidade ao mesmo. Exemplos de agentes plastificantes adequados incluem, sem limitações, polióis, como glicerol e sorbitol e derivados destes.

A concentração de plastificante utilizada foi de
20 20% em relação à quantidade de amido. Tanto a concentração de plastificante, quanto as condições de operação da extrusora foram determinadas previamente em ensaios preliminares.

Opcionalmente, o bioplástico da presente

invenção contém ácidos graxos. O ácido graxo útil na presente invenção é qualquer ácido carboxílico, saturado ou insaturado, linear ou ramificado, contendo cadeias carbônicas de 6 a 18 átomos de carbono.

5 Preferencialmente, a presente invenção utiliza ácidos palmítico, mirístico, láurico, cáprico, capróico e caprílico. Quando presentes, os ácidos graxos podem alcançar concentrações de até 25% em relação à quantidade de amido.

10 Em especial, o processo de obtenção dos bioplásticos, objeto da presente invenção, compreende as etapas de:

(i) elaboração dos *pellets*, também denominados *grânulo*, constituídos de:

- a) amido;
- 15 b) gelatina;
- c) opcionalmente ácido graxo;
- d) agente plastificante;

(ii) elaboração do filme bi-orientado pela técnica de extrusão e sopro (formação do balão), podendo
20 eventualmente ser utilizada a técnica de calandragem à quente dos filmes, seguida de puxamento para a bi-orientação dos mesmos.

Para ambas as etapas (obtenção dos *pellets* e dos filmes flexíveis biodegradáveis), foi utilizada uma extrusora

marca BGM (modelo EL-25, São Paulo, Brasil). Este equipamento é composto por uma rosca com diâmetro de 250 mm; 4 zonas de aquecimento (sendo a 1ª zona denominada zona de mistura; a 2ª e 3ª zonas denominadas zonas de fusão e a 4ª zona denominada zona de pressão); sistema com sopro de ar interno para formação do balão e anel de ar externo para resfriamento, formando filmes com diâmetro de 150 a 300 mm que são enrolados em 2 bobinas de acionamento pneumático. Este equipamento possui vários controladores e indicadores digitais de temperatura microprocessados.

As condições para obtenção dos *pellets* ou grânulos foram: (i) rotação da rosca: 35 ± 2 rpm; (ii) temperatura da primeira zona de aquecimento: $100 \pm 10^{\circ}\text{C}$; (iii) temperatura da segunda zona de aquecimento: $120 \pm 10^{\circ}\text{C}$ (iv) temperatura da terceira zona de aquecimento: $120 \pm 10^{\circ}\text{C}$ e (v) temperatura da quarta zona de aquecimento: $90 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Para a obtenção do filme flexível pela técnica de extrusão seguida de sopro, as condições de processamento foram: (i) rotação da rosca: 55 ± 2 rpm; (ii) temperatura da primeira zona de aquecimento: $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$; (iii) temperatura da segunda zona de aquecimento: $120 \pm 10^{\circ}\text{C}$; (iv) temperatura da terceira zona de aquecimento: $120 \pm 10^{\circ}\text{C}$; (v) temperatura da quarta zona de aquecimento: $120 \pm 10^{\circ}\text{C}$ e (vi) temperatura no

molde acoplado para obtenção do balão: $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Com a utilização de temperaturas superiores, não foi possível obter filmes flexíveis. Quando ácido mirístico foi adicionado à mistura, a velocidade da rosca foi de 45 rpm nas duas etapas (*pellets* e produção de filmes flexíveis por sopro).

Para a elaboração dos bioplásticos flexíveis e comestíveis, foram utilizadas as seguintes matérias-primas: (i) amido de milho lipofílico; (ii) amido de milho modificado *snowflake*®; (iii) gelatina Tipo A; (iv) glicerol e (v) ácido mirístico. Após vários testes preliminares, incluindo testes de composição, condições de processo do extrusor e processabilidade das matérias-primas por outras técnicas de obtenção de bioplásticos (prensagem, extrusão e sopro), chegou-se a nove diferentes composições:

- A1 - amido de milho lipofílico plastificado com glicerol;
- A2 - amido de milho lipofílico, gelatina (10%) e glicerol;
- A3 - amido de milho lipofílico, gelatina (20%) e glicerol;
- B1 - amido de milho lipofílico plastificado com glicerol e ácido graxo mirístico (5%);
- B2 - amido de milho lipofílico, gelatina (10%), glicerol e ácido mirístico (5%);
- B3 - amido de milho lipofílico, gelatina (20%), glicerol e ácido graxo mirístico (5%);

SF1 – amido modificado *snow-flake*®, plastificado com glicerol;
SF2 – amido modificado *snow-flake*®, gelatina (10%) e glicerol;
SF3 - amido modificado *snow-flake*®, gelatina (20%) e glicerol.

Utilizando as condições e matérias-primas
5 descritas acima, foi possível obter os bioplásticos flexíveis. Para
todas as composições, houve formação do balão, obtendo-se
filmes com uma largura adequada que variou de 24 até 29 cm,
podendo ser maior de acordo com a extrusora utilizada. A
espessura dos bioplásticos também apresentou valores adequados,
10 similares às utilizadas normalmente para a produção de
embalagem.

Os bioplásticos produzidos puderam ser
bobinados automaticamente sem sofrer adesão e conseqüente
compactação.

15 **EXEMPLOS**

Técnica de *casting*

A fim de se escolher uma composição à base
de amido, gelatina e ácidos graxos para ser extrudada, foram
inicialmente caracterizados diversos biofilmes elaborados pela
20 técnica de deposição de solução (*casting*). Soluções filmogênicas
de amido de mandioca (nativo e modificado), nas concentrações
de 3 e 5% e de gelatina, na concentração de 10%, foram
elaboradas utilizando como plastificantes sorbitol ou glicerol. A

partir dessas soluções, foram preparados biofilmes pela técnica de *casting* nas proporções 4:1, 1:1 e 1:4. Todos os biofilmes apresentaram-se visualmente transparentes, a adição de gelatina provocou um aumento na espessura, na permeabilidade ao vapor de água e na resistência à tração dos mesmos. O sorbitol produziu filmes plastificados com melhores propriedades mecânicas que o glicerol.

Posteriormente, foram elaborados, nas mesmas concentrações de macromoléculas e plastificantes, assim como foram mantidas as proporções da mistura, biofilmes compostos a partir de amido de milho (nativo, ceroso e ceroso modificado) bem como foram elaborados filmes de amido de milho lipofílico e amido *snow-flake*®. Em geral, para as duas concentrações de amido estudadas e para ambos plastificantes, a adição de gelatina causou um aumento significativo na resistência mecânica, na solubilidade em água, na permeabilidade ao vapor de água e na espessura dos biofilmes; por outro lado, provocou uma diminuição na opacidade dos mesmos. Por sua vez, filmes elaborados com sorbitol apresentaram menores valores de permeabilidade ao vapor de água e maior resistência à tração.

Através da caracterização dos biofilmes, foram selecionadas duas composições para as etapas posteriores utilizando-se amido lipofílico e amido modificado *snow-flake*®,

considerando-se que estes últimos amidos conferiram aos filmes valores inferiores de permeabilidade ao vapor de água e alta resistência à tração. Além de apresentarem menor opacidade.

Os filmes estudados, porém, apresentaram maior permeabilidade ao vapor de água que os de polipropileno analisados nas mesmas condições. Com o objetivo de diminuir o valor deste parâmetro, foram adicionados diversos ácidos graxos (palmítico, mirístico, cáprico, capróico e caprílico), puros ou misturados (utilização de uma mistura de dois ou mais ácidos citados), nas concentrações de 5, 15, 25 e 50% na formulação de amido de milho lipofílico e gelatina. A adição de ácidos graxos provocou, em geral, um aumento da opacidade, da espessura e da alongação, e diminuição na resistência à tração dos mesmos. A concentração de ácido graxo a ser adicionada, para diminuir o valor da permeabilidade ao vapor de água dos biofilmes variou entre 15 e 25%.

Outras técnicas

A partir da escolha do ácido graxo puro a ser adicionado na extrusão, a mistura de amido lipofílico, gelatina e plastificante foi utilizada para avaliação de 3 diferentes técnicas para a produção de filmes: (i) prensados, (ii) prensados e soprados e (iii) extrudados e soprados. Esse estudo teve o objetivo de analisar as condições ideais de processamento para a posterior

extrusão com formação de filme pela técnica de extrusão seguida de sopro. Bioplásticos prensados apresentaram menores valores de resistência à tração e maiores valores de solubilidade em água que os demais filmes, mostrando a influência do processo de obtenção dos mesmos nas propriedades do material. Os filmes extrudados e soprados, obtidos nas mesmas concentrações de amido, gelatina e plastificante, ainda não apresentaram as propriedades ideais almejadas.

Técnica de extrusão seguida de sopro

Com base nos resultados anteriores, foram alteradas as concentrações de gelatina e amido na mistura. Os bioplásticos compostos flexíveis à base de amido de milho lipofílico, plastificados com glicerol ou sorbitol, adicionados de ácido mirístico foram, então, produzidos pelo processo de extrusão termoplástica seguida de sopro. Filmes à base de amido modificado *snow-flake*® também foram elaborados, mas sem a adição de ácido graxo, uma vez que o amido lipofílico possui maior afinidade com o lipídio. Todos os bioplásticos foram caracterizados quanto às propriedades de barreira (permeabilidade ao vapor de água), mecânicas (resistência à tração e alongação), fisico-químicas (solubilidade em água), físicas (opacidade e espessura), térmicas (análise termogravimétrica, calorimetria diferencial de varredura e análise térmica dinâmica mecânica) e

estruturais (difratometria de raios-X). Todas as formulações estudadas formaram balão pelo processo de extrusão seguida de sopro.

Todas as formulações avaliadas produziram
5 filmes flexíveis pela técnica de sopro. Os bioplásticos produzidos apresentaram-se visualmente homogêneos, sem partículas insolúveis e sem rupturas. Os bioplásticos sem adição de ácido graxo mirístico apresentaram coloração levemente esbranquiçada, enquanto que os filmes elaborados com amido, gelatina e ácido
10 mirístico apresentaram visualmente uma coloração levemente amarelada.

Os pellets utilizados na alimentação do extrusor por sopro foram obtidos em uma única etapa o que, além de deixar o filme mais plastificado, reduziu o tempo de processo,
15 tornando esta técnica mais vantajosa para aplicação industrial.

A espessura dos bioplásticos elaborados com glicerol aumentou com a adição de gelatina na mistura. A adição de gelatina, porém, causou uma diminuição no valor de permeabilidade ao vapor de água dos bioplásticos enquanto que
20 não foi observada diferença em relação à solubilidade em água dos bioplásticos.

A adição de gelatina também provocou um aumento na resistência à tração dos bioplásticos, para os amidos

estudados, adicionados ou não de ácido graxo. Esse aumento na resistência à tração foi observada tanto no sentido longitudinal (sentido de puxamento do balão) quanto no sentido transversal. A adição de ácido graxo, porém, provocou uma diminuição nas propriedades mecânicas dos bioplásticos, nos dois sentidos estudados.

Nem a adição de gelatina, nem a adição de ácido graxo provocou alteração na opacidade dos bioplásticos.

Na Tabela 1, observa-se que o valor da permeabilidade ao vapor de água dos bioplásticos extrudados, objeto da presente patente, é maior do que o observado para os filmes de polietileno de alta densidade e de hidroxipropilmetilcelulose, porém, são menores ou semelhantes ao encontrado para o celofane. Quanto à resistência à tração, pode-se observar que os bioplásticos acrescidos de 10 ou 20% de gelatina são semelhantes aos observados para os filmes de polietileno de alta densidade.

Tabela 1. Permeabilidade ao vapor de água (PVA) e resistência à tração dos bioplásticos obtidos por extrusão e sopro em comparação com filmes flexíveis convencionais de origem petroquímica.

Filmes	PVA (gmm/m ² dkPa)	Resistência à tração (MPa)	Referências
Amido lipofílico, Gelatina (10%), Glicerol (20%)	6,0	15 - 20	--
Amido lipofílico, Gelatina (20%), Glicerol (20%)	7,0	20 - 25	--
Polietileno de alta densidade	0,02	17,3 - 34,6	Briston (1988) Smith (1986)
Celofane	7,27	--	Taylor (1986)
Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)	1,92	--	Kamper e Fennema (1984)

REFERÊNCIAS

ALVES, V.D. Produção e Caracterização de Biomateriais a Partir de Fibras Naturais ou Amidos com Poli(Butileno Adipato co-Tereftalato) (PBAT). Londrina, 2007.

5 Tese de doutorado (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina.

ARVANITOYANNIS, M. ; BLANSHARD, J.M. Study of diffusion and permeation of gases in undrawn and uniaxially drawn films made from potato and rich starch
10 conditioned at different relative humidities, Carbohydrate Polymers, 24, 1-15, 1994.

AVÉROUS, L.; FRINGANT, C. Association between plasticized starch and polyesters: processing and performances of injected biodegradable systems. Polymer
15 Engineering and Science, v.41, n.5, p.727-734, 2001.

BASTIOLI, C. ; BELLOTTI, V. ; CAMIA, M. ; DEL GUIDICE, L. ; RALLIS, A., in Biodegradable Plastics and Polymers, edited by Y. Doi and K. Fukuda, Elsevier, p 200, 1994.

20 BERTAN, L. C. Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

BRISTON, J.H. 1988. Plastic films, Third Edition. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.

BRÜMMER, T.; MEUSER, F.; LENGERICH, B.; NIEMANN, C. Expansion and functional properties of corn starch extrudates related to their molecular degradation, product
5 temperature and water content. *Starch/Stärke*, v.54, p.9-15, 2002.

BOBBIO, F. O., BOBBIO, P. A. Introdução à química de alimentos. 2a ed., São Paulo, Ed. Varela, p 60-64, 1995.

10 BRIASSOULIS, D. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradation and Stability*, v.91, p.1256-1272, 2006.

CARVALHO R.A. Desenvolvimento e caracterização de biofilmes à base de gelatina, Tese de Mestrado,
15 FEA-UNICAMP, 1997.

CARVALHO R.A. Elaboração e caracterização de filmes à base de gelatina modificada enzimática e quimicamente, Tese de Doutorado, FEA- UNICAMP, 2002.

COSTA, D.L.M.G. Produção por extrusão de
20 filmes de alto teor de amido termoplástico de mandioca com poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT). Londrina, 2008. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina.

CUQ, B., GONTARD, N., GUILBERT, S.
Thermoplastic properties of fish myofibrillar proteins: application
to biopackaging fabrication. *Polymer*, 38: 4071-4078, 1997.

DONHOWE, I. G., FENNEMA, O. The effect
5 of relative humidity on water vapor permeance of lipid-
hydrocolloid bilayer films. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 69: 1081-
1087, 1992.

EL-DASH, A. A. Application and control of
thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In:
10 *Polymeronz Y&Munch L. eds Cereals: A renewable resource;*
theory and pratice. St Paul, Minnesota, AACC, 1-52, 1982.

ELLIS, R. P., COCHRANE, M. P., DALE, M.
F. B., DUFFUS, C. M., LYNN, A., MORRISON, I. M.,
PRENTICE R. D. M., SWANSTON, J. S. S, TILLER, S. A.
15 Starch production and industrial use. *Journal of the Science of*
Food and Agriculture, 77 (3), 289-311, 1998.

FAKHOURI F. M.; BATISTA J. A.;
GROSSO C.R.F. Desenvolvimento e Caracterização de Filmes
Comestíveis de Gelatina, Triacetina e Ácidos Graxos, *Brazilian*
20 *Journal of Food Technology*, vol6, n2, 301-308, jul/dez 2003.

FAKHOURI F. M. Coberturas comestíveis
aplicadas na preservação de goiabas in natura (*Psidium guajava*
L.), Tese de mestrado, FEA- UNICAMP 2003.

FREITAS JUNIOR N. F.: Estudo das Propriedades Termomecânicas e Morfológicas de Blendas Biodegradáveis de Poli (E-Caprolactona)(PCL) com Amido de Milho Natural e Modificado. Tese de Mestrado, UNICAMP,
 5 2004.

FAMÁ, L.; ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. Mechanical properties of tapioca-starch edible films containing sorbates. LWT, v.38, p.631-639, 2005.

FENNEMA O. R. Food Chemistry, Marcel
 10 Dekker Inc. p.249,1995.

FISHMAN, M. L.; COFFIN, D. R.; KONSTANCE, R.P.; ONWULATA, C.I. Extrusion of pectin/starch blends plastized with glycerol, Carbohydrate Polymers, 41, 317-325, 2000.

15 GENNADIOS A., McHUGH T. H., WELLER, C. L., KROCHTA, J. M. Edible coatings and films based on proteins. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. (eds). Edible coatings and films to improve food quality. Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster USA, 1994.

20 GONTARD, N., DUCHEZ, C., CUQ, J. L., GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties.

International Journal of Food Science and Technology, 29: 39-50, 1994.

GUILBERT, S. Technology and application of edibles films. In: M. Mathlouthi, Food Packaging and Preservation, Elsevier Applied Science Publishers, N.Y., p 371-394, 1986.

GREENER I.K., FENNEMA O. Barrier properties and surfaces characteristics of edible, bilayers films. Journal of Food Science, 54 (6):1393-1399, 1989a.

GREENER I.K. FENNEMA O. Evaluation of edible, bilayer films for use as moisture barriers for food. Journal of Food Science, 54 (6): 1400-1406, 1989b.

HERNANDEZ-IZQUIERDO, V.M.; KROCHTA, J.M. Thermoplastic processing of proteins for film formation - A review. Journal of Food Science, 73(2): R30-R39 (2008).

JENSEN, S. Emulsificantes com diferentes EHL (equilíbrio hidrofílico/lipofílico) em filmes de amido de mandioca. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Londrina, 2007.

JOHNSTON, J. W., BANKS, N. H. Selection of a surface coating and optimization of its concentration for use

on “Hass” avocado (*Persea americana Milli*) fruit. New Zealand J. Crop. Hort. Scie, 26: 143-151, 1988.

KAMPER, S. L., FENNEMA, O. Water vapor permeability of edible bilayer films. Journal of Food Science, 49:
5 1478-1481, 1485, 1984a.

KAMPER, S. L., FENNEMA, O. Water vapor permeability of an edible, fatty acid bilayer film. Journal of Food Science, 49: 1482-1485, 1984b.

KESTER, J. J., FENNEMA, O. Resistance of
10 lipid films to oxygen transmission. J. Am. Oil Chem. Soc. 66:
1129-1138, 1989a.

KESTER, J. J., and FENNEMA, O. Resistance of lipid films to water vapor transmission. J. Am. Oil Chem. Soc. 66:, 1139-1146, 1989b.

15 KESTER, J. J., FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. Food Technology, 40: 47-59, 1986.

KROCHTA, J. M., BALDWIN, E.A., NISPEROS-CARRIERO, M. O. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. A Technomic Publishing Co., 1994.

20 LE TIEN, C., VACHON, C. MATEESCU, M. A. LACROIX, M. Milk protein coating prevent oxidative browning of apples and potatoes. Journal of Food Science, 66: 512-516, 2000.

LEAVER, J., HORNE, D. S., LAW, A. J. R.
Interactions of proteins and surfactants at oil-water interfaces:
influence of a variety of physical parameters on the behaviour of
milk proteins. *International Dairy Journal*, 9: 319-322, 1999.

5 LIN, S. Y., CHEN, K.S., RUN-CHU, L.
Organic esters of plasticizers affecting the water absorption
adhesive property, glass transition temperature and plasticizer
permanence of Eudragit acrylic films. *Journal of Controlled
Release*, 68: 343-350, 2000.

10 LIU, L.; KERRY, J.F.; KERRY, J.P. Effect of
food ingredients and selected lipids on the physical properties of
extruded edible films/casings. *International Journal of Food
Science and Technology*, 41: 295-302, 2006.

15 LOPES, R. L. T. Utilização de tarsos de aves
para elaboração de gelatina comestível. Campinas, p. 64. Tese de
Mestrado, FEA, UNICAMP, 1976.

MAHMMOUND, R., SVELLO, P. A.
Mechanical properties and water vapor transferability through
whey protein films. *Journal of Dairy Science*, 75: 942-946, 1992.

20 MALI, S.; SAKANAKA, L.S.; YAMASHITA,
F.; GROSSMANN, M.V.E. Water sorption and mechanical
properties of cassava starch films and their relation to plasticizing
effect. *Carbohydrate Polymers*, v.60, p.283-289, 2005.

MALIGER, R.B.; MCGLASHAN, S.A.;
 HALLEY, P.J.; MATTHEW, L.G. Compatibilization of starch-
 polyester blends using reactive extrusion. *Polymer Engineering
 and Science*, doi:10.1002/pen, 2006.

5 MAO, L.; IMAM, S.; GORDON, S.;
 CINELLI, P.; CHIELLINI, E. Extruded Cornstarch-glycerol-
 polyvinyl alcohol blends: mechanical properties, morphology, and
 biodegradability. *Journal of Polymers and the Environment*, v.8,
 n.4, p.205-211, 2002.

10 MCHUGH, T. H., KROCHTA, J. M. Milk-
 protein-based edible films and coating. *Food Technology*, 51: 98-
 103, 1997.

OLKKU, J.; LINKO, P. Effects of thermal
 processing on cereal based food systems. *Food-Quality and
 nutrition research priorities for thermal processing*, Dawney,
 15 W.K., eds London, Applied Science Publishers, 352p, 1977.

PADUA, G. W., WANG, Y., Tensile properties
 of extruded zein sheets and extrusion blown films. *Macromol.
 Mater. Eng.*, 288, 886-893, 2003.

20 PARK, J. W., TESTIN, R. F., PARK, H. J.,
 VERGANO, P. J., WELLER, C. L. Fatty acid concentration
 effect on tensile strength, elongation, and water vapor

permeability of laminated edible films. *Journal of Food Science*, 59: 916-919, 1994.

PARK, W.P.; WHITESITE, W.S.; CHO, S.Y. Mechanical and water vapor barrier properties of extruded and heat-pressed gelatin films. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 41(4): 692–700, 2008.

PEREZ-GAGO, M. P., KROCHTA, J. M. Drying temperature effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein-lipid emulsion films. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 60-74, 2000.

PETERSEN, K.; NIELSEN, P.V.; OLSEN, M.B. Physical and mechanical properties of biobased materials: starch, polylactate and polyhydroxybutyrate. *Starch/Stärke*, v.53, p.356-361, 2001.

POPPE, J. Gelatine, In: Thickening and gelling agents for food, N.Y., Ed. Alan Imeson, Blackie Academic & Professional, Ch. 7, p 144-168, 1987.

POMMET, M. ; REDL, A. ;MOREL, M.H. ; GUILBERT,S., Study of weat gluten plasticization with fatty acids, *Polymer*, 44, 115-122, 2003.

QUEIROZ, A.U.B. & COLLARES-QUEIROZ, F.P. Innovation and industrial trends in bioplastics. *Polymer Reviews*, in press, 2009.

RHIM, J. W., WU, Y., WELLER, C. L., SCHNEPE, M. Physical characteristics of emulsified soy protein-fatty acid composite films. *Sciences des Aliments*, 19: 57-71, 1999.

5 RINDLAV-WESTLING, A.; STADING, M.; GATENHOLM, P. Crystallinity and Morphology in Films of Starch, Amylose and Amylopectin Blends, *Biomacromolecules*, 3, 84-91, 2002.

RINDLAV-WESTLING, A. ; STADING, M. ;
10 HERMANSSON, A.M. ; GATENHOLM, P. Structure, mechanical and barrier properties of amilose and amilopectin films, *Carbohydrate Polymers*, 36, 217-224, 1998.

SAKANAKA, L.S. Confecção de filmes biodegradáveis por extrusão de blendas de amido termoplástico e
15 polibutileno succinato co-adipato (PBSA). Londrina, 2007. Tese de doutorado (Doutorado em Ciência de alimentos) – Universidade Estadual de Londrina.

SARMENTO, A. L. S. C. Elaboração e Caracterização de Biofilmes a partir de Gelatina Reticulada. Tese
20 de Mestrado FEA- UNICAMP, 1999.

SEBIO, L. Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho e gelatina pelo processo

de extrusão: avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira. Tese de Doutorado FEA- UNICAMP, 2003.

SGARBIERI, V. Proteínas em alimentos protéicos. São Paulo, Ed. Varela, 1996.

5 SOBRAL, P. L. J. Propriedades funcionais de gelatina em função da espessura. Ciência e Engenharia (Science and Engineering Journal), 8: 60-67, 1999.

SMITH, O. B. Why Extrusion cooking? Cereal Foods World, v21, n1, 4-7, 1976.

10 STADING, M. ; RINDLAV-WESTLING, A. ; GATENHOLM, P. Humidity-induced structural transitions in amilose and amilopectin films, Carbohydrate Polymers, 45, 209-217, 2001.

 SOTHORNVIT, R.; OLSEN, C. W.;
15 MCHUGH, T. H.; KROCHTA, J. M. Tensile properties of compression-molded whey protein sheets: Determination of molding condition and glycerol-content effects and comparison with solution-cast films. Journal of Food Engineering, v.78, p.855-860, 2007.

20 TANADA-PALMU, P. S. and GROSSO, C. R. F. Wheat gluten composite and bilayer edible films: effect of lipid addition. In: Research Advances in Agricultural & Food Chemistry, Ed. Global Research Network, p. 19-26, 2002.

TAYLOR, C. C. 1986. Cellophane. In: The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, M. Bakker, ed., New York, John Wiley & Sons, pp. 159-163.

THUNWAAL, M., KUTHANOVÁ, V.,
5 BOLDIZAR, RIGDAHL, M. Film blowing of thermoplastic starch, Carbohydrate polymers , 71, 4, 583-590 , 2008.

VEIS, A. The Macromolecular Chemistry of Gelatin, New York, NY: Academic Press, Inc., 1964.

WANG, X.; YANG, K.; WANG, Y.
10 Properties of starch blends with biodegradable polymers, Journal of Macromolecular Science, Polymers Reviews v 43, n 3, august , 385-409, 2003.

WONG, D. W. S., GASTINEAU, F. A.,
GREGORSKI, K. S., TILLIN, S. J., PAVLATH, A. E. Edible
15 chitosan-lipid films: Microestructure and surface energy. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 40: 540-544, 1992.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. Food Research International, 33: 571-578 2000.

20 ZANIN, M., MANCINI, S.D. Resíduos plásticos e reciclagem: Aspectos gerais e tecnologia. EdUFSCar, 143p. São Carlos, Brasil. 2004.

Reivindicações

1. Processo de extrusão termoplástica seguido de sopro caracterizado por compreender as etapas de:

(i) elaboração de grânulos compreendendo:

a) amido;

b) gelatina;

c) opcionalmente ácido graxo; e

d) agente plastificante;

(ii) elaboração do filme pela técnica de extrusão e sopro.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o amido é selecionado dentre o grupo que compreende amidos naturais e/ou amidos modificados (química ou geneticamente).

3. Processo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o amido é selecionado dentre o grupo que compreende amidos de milho, batata, arroz, ervilha, trigo, mandioca e mistura dos mesmos.

4. Processo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que os amidos modificados obtidos a partir de amidos naturais compreendendo pelo menos um grupamento hidrofílico ou hidrofóbico, são selecionados dentre o

grupo que compreende amidos metilados, etilados, carboximetilados e combinações dos mesmos.

5 5. Processo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo amido ser amido de milho nativo, ceroso ou ceroso modificado e amido de milho lipofílico.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a gelatina está presente em concentrações que variam de 5% a 20% (p/p) em relação à quantidade de amido, preferencialmente de 10 a 20% (p/p).

10 7. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo ácido graxo ser um ácido carboxílico, saturado ou insaturado, linear ou ramificado, contendo cadeias carbônicas de 6 a 18 átomos de carbono.

15 8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o ácido graxo é selecionado dentre o grupo que compreende ácidos palmítico, mirístico, láurico, cáprico, capríco, caprílico e combinações dos mesmos.

20 9. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o ácido está preferencialmente presente em concentrações que variam de 5 a 10% (p/p) em relação à quantidade de amido.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o agente plastificante é um poliol de baixa massa molecular.

5 11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo poliol ser glicerol, sorbitol ou combinação dos mesmos.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o agente plastificante está presente em uma concentração de 20% (p/p) em relação à quantidade de
10 amido.

13. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as condições operacionais na etapa de elaboração de *pellets* ou grânulos compreende um intervalo de temperatura de operação da zona de mistura entre 90 e 110°C; um
15 intervalo de temperatura de operação da zona de fusão entre 110 e 130°C e um intervalo de temperatura de operação da zona de pressão entre 88 e 92°C.

14. Processo, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a temperatura de operação da
20 zona de mistura é 100°C; a temperatura de operação da zona de fusão é 120°C e a temperatura de operação da zona de pressão é 90°C.

15. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as condições operacionais na etapa de elaboração do filme pela técnica de extrusão e sopro compreende um intervalo de temperatura de operação da zona de
5 mistura entre 85 e 95°C; um intervalo de temperatura de operação da zona de fusão entre 110 e 130°C; um intervalo de temperatura de operação da zona de pressão entre 110 e 130°C e um intervalo de temperatura de operação da matriz acoplada para obtenção do filme entre 115 e 125°C.

10 16. Processo, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a temperatura de operação da zona de mistura é 90°C; a temperatura de operação da zona de fusão é 120°C; a temperatura de operação da zona de pressão é 120°C e a temperatura de operação da matriz acoplada para
15 obtenção do filme é 120°C.

17. Bioplástico Flexível, Comestível e Biodegradável à Base de Amido e Gelatina caracterizado pelo fato de ser obtido por um processo descrito conforme reivindicações de 1 a 16.

20 18. Bioplástico, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender amido de milho lipofílico, gelatina a 10% (p/p em relação à quantidade de amido) e glicerol.

19. Bioplástico, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender amido de milho lipofílico, gelatina a 20% (p/p em relação à quantidade de amido) e glicerol.

20. Bioplástico, de acordo com a reivindicação 5 17, caracterizado por compreender amido de milho lipofílico, gelatina a 10% (p/p em relação à quantidade de amido), glicerol e ácido mirístico a 5% (p/p em relação à quantidade de amido).

21. Bioplástico, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender amido de milho lipofílico, 10 gelatina a 20% (p/p em relação à quantidade de amido), glicerol e ácido mirístico a 5% (p/p em relação à quantidade de amido).

22. Bioplástico, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender amido modificado, gelatina a 10% (p/p em relação à quantidade de amido) e glicerol.

15 23. Bioplástico, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender amido modificado, gelatina a 20% (p/p em relação à quantidade de amido) e glicerol.

Resumo

**“BIOPLÁSTICO FLEXÍVEL, COMESTÍVEL E
BIODEGRADÁVEL À BASE DE AMIDO E GELATINA
OBTIDO POR PROCESSO DE EXTRUSÃO
5 TERMOPLÁSTICA SEGUIDO DE SOPRO”**

O objeto deste pedido de patente envolve a produção em escala industrial de filmes flexíveis por processo convencional de extrusão termoplástica e posterior sopro, sem utilização de qualquer solvente, a partir de polímeros naturais
10 (amido e gelatina), adicionados ou não de ácidos graxos, sendo totalmente comestível e biodegradável. Comestíveis e biodegradáveis. Estes bioplásticos flexíveis podem ser utilizados como embalagens no acondicionamento de diversos tipos de produtos, incluindo os alimentícios para humano e animais,
15 farmacêuticos, de cosméticos, agrícolas e de utensílios em geral. Além disso, ela pode servir como embalagem secundária, embalando o produto antes da embalagem final.