



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 28 388 T2** 2006.08.03

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 075 188 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 28 388.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/08156**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 918 542.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1999/056556**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.04.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **11.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.02.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **A21D 10/00** (2006.01)

A21D 10/04 (2006.01)

A21D 13/00 (2006.01)

A23J 3/00 (2006.01)

A23L 1/05 (2006.01)

A23L 1/31 (2006.01)

A23L 2/40 (2006.01)

C08L 89/00 (2006.01)

C08L 3/00 (2006.01)

C08J 9/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

72857

05.05.1998

US

(74) Vertreter:

**Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert,
80539 München**

(73) Patentinhaber:

**Natural Polymer International Corp., Richardson,
Tex., US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

WANG, Huan, Shu, Plano, US

(54) Bezeichnung: **Bioabbaubare Protein-und Stärke-basierte thermoplastische Zusammensetzung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine bioabbaubare Protein- und Stärke-basierte thermoplastische Zusammensetzung mit natürlicher Cellulosefaser. Die Erfindung kann als ein bioabbaubarer Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist ("biodegradable low ratio expanded foam"), der als ein Schaum mit geringer Dichte für Verpackungsmaterial oder Lebensmittelbehälter verwendbar ist, hergestellt werden.

2. Technologischer Hintergrund

[0002] Es gibt einen andauernden Bedarf in dem Lebensmittelverpackungsgebiet, Materialien und Erzeugnisse bereitzustellen, die wegwerfbar bzw. verfügbar, vollständig bioabbaubar sind, gute mechanische Eigenschaften bei einem geringen Preis besitzen und umweltfreundlich sind.

[0003] In den letzten Jahren wurden sich die Menschen der Umweltverschmutzung, die durch Kunststoffe verursacht wird, stärker bewusst. Es wurden Anstrengungen unternommen, bioabbaubare Kunststoffe zu entwickeln, wie Protein-basierte Kunststoffe und Stärke-basierte Kunststoffe. Diese bioabbaubaren thermoplastischen Zusammensetzungen wurden in einem Versuch entwickelt, nicht-abbaubare Erdöl-basierte Thermoplasten zum Herstellen von Verpackungsmaterial zu ersetzen. In den 1930 bis 1940igern und 1980igern wurden Protein und Stärke als ein "Füllstoff" bei konventionellen Erdöl-basierten Thermoplasten verwendet, was es ermöglichte, die Rohmaterialkosten zu senken oder die Materialzerstörung zu erleichtern. (Satow, Sadakichi, US-Patente Nrn. 1,245,975 und 1,245,976 (6. Nov. 1917); Sturken, Oswalt, US-Patent 2,053,850 (8. Sept. 1936); US-Patente Nrn. 1,245,978, 1,245,983 und 1,245,984 (6. Nov. 1917)).

[0004] Protein-basierte Kunststoffe, wie Proteinfaser, essbarer Film oder andere Erzeugnisse, wurden durch Extrudieren, Gießen oder Spritzgießen hergestellt. Ein solches Beispiel ist in dem US-Patent 5,523,293, "Soy Protein-Based Thermoplastic Composition For Preparing Molded Articles", beschrieben, in dem die Erzeugnisse aus einer Zusammensetzung hergestellt wurden, die Soja-Protein als das Hauptmaterial, Stärke als einen Kohlenhydrat-Füllstoff enthielten und die ein Reduktionsmittel zum Zweck des Brechens der Proteindisulfidbindungen erforderte.

[0005] Ein typischer Stärke-basierter Kunststoff ist in dem US-Patent Nr. 4,592,795, "Non-edible, Reinforced Amylose and Amylose Starch Food Casings", beschrieben, das Lebensmittelüberzüge bzw. -umhüllungen offenbart, die aus einem Netz hergestellt sind, das aus einem faserartigen Material, wie Abaca-Faser, Holzfaser oder einem Netz aus einem synthetischen Polymer und Aushärten des imprägnierten Netzes in einer Hochamylose-Stärke mit Quervernetzermatrix gebildet wird. Ein anderes Beispiel ist in dem US-Patent Nr. 4,863,655 beschrieben, das ein bioabbaubares Verpackungsmaterial offenbart, das aus Hochamylose-Stärke, vorzugsweise modifiziert durch Propylenoxid, Alkylenoxid oder Polyvinylalkohol, hergestellt ist.

[0006] Ein fortbestehendes Problem von Protein- und Stärke-basierten Kunststoffen sind die Wasserfestigkeit ("water resistance") und die schlechten Alterungseigenschaften. Diese Kunststoffe neigen dazu, Wasser über die Zeit zu absorbieren, das mit dem Protein oder der Stärke wechselwirkt, wobei seine bzw. ihre mechanischen Eigenschaften geschwächt werden. In anderen Worten, sie werden zu schnell abgebaut. Erzeugnisse, die aus Protein- oder Stärkekunststoffen hergestellt wurden, haben üblicherweise gute mechanische Ausgangseigenschaften, aber sie halten nicht mehr als einen Monat oder zwei.

[0007] Andere Patente aus jüngster Zeit offenbaren Stärke-basierte Zusammensetzungen, die anorganische Füllstoffe enthalten. Das US-Patent Nr. 5,549,859 offenbart ein Verfahren zum Extrudieren hochplastischer und formbarer hydraulisch setzbarer ("hydraulically settable") Zusammensetzungen. US-Patent Nr. 5,545,450 offenbart geformte Erzeugnisse mit einer anorganisch gefüllten ("filled") Matrix eines organischen Polymers. Das US-Patent Nr. 5,660,900 offenbart anorganisch gefüllte, Stärke-basierte Zusammensetzungen zum Herstellen von Behältern und anderen Erzeugnissen mit einer thermodynamisch kontrollierten zellulären Matrix. Das US-Patent Nr. 5,618,341 offenbart ein Verfahren zum gleichförmigen Verteilen von Fasern innerhalb der Stärke-basierten Zusammensetzung. Das US-Patent Nr. 5,580,624 offenbart Lebensmittel- und Getränkebehälter, die aus anorganischen Aggregaten und Polysaccharid, Protein oder synthetischen organischen Bindemitteln hergestellt wurden, und die Herstellungsverfahren solcher Behälter. Bei diesen Produkten wurden Stärke, Protein oder Cellulose (Cellulosederivate) als ein Binde- oder Verdickungsmittel modifiziert, um eine faser-

artige Aufschlammungszusammensetzung zu bilden. Das Calciumcarbonat, hohle Glaskugeln oder andere anorganische Füllmittel waren der Hauptbestandteil mit kleinen Mengen von Fasern. Große Mengen anorganischen Materials in Geländeaufschüttungen bzw. Deponien sind für die Bodenökologie schädlich.

[0008] Im Hinblick auf das Vorangegangene wäre es ein Fortschritt auf dem Fachgebiet, bioabbaubare thermoplastische Zusammensetzungen bereitzustellen, die ausreichend wasserfest sind und die gute mechanische und Alterungseigenschaften besitzen. Es wäre auch ein Fortschritt auf dem Fachgebiet, bioabbaubare thermoplastische Zusammensetzungen bereitzustellen, die recycelt oder aufgenommen werden können. Es würde ein weiterer Fortschritt in dem Fachgebiet sein, bioabbaubare thermoplastische Zusammensetzungen bereitzustellen, die den Boden verbessern, wenn sie darin abgelagert werden.

[0009] Solche bioabbaubare thermoplastische Zusammensetzungen sind hierin offenbart und beansprucht.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die vorliegende Erfindung stellt eine Protein/Stärke-basierte bioabbaubare oder Recycling-fähige thermoplastische Zusammensetzung bereit. Protein und Stärke sind die Hauptbestandteile. Reines Protein hat eine schlechte Fließfähigkeit, aber sie kann durch Compoundieren mit Stärke verbessert werden. Stärkeprodukte sind spröde mit schlechter physikalischer Alterung, aber sie können durch Compoundieren mit Protein und durch chemische Modifikation verbessert werden. Die Elastizität bzw. Biegsamkeit ("flexibility") von Protein/Stärke-Zusammensetzungen kann mit Hilfe von Weichmachern und chemischer Modifikation verbessert werden, aber die Glasübergangstemperatur einer solchen Protein/Stärke-Zusammensetzung wird verringert. Die Verwendung von natürlicher Cellulosefaser als Verstärkung in Protein/Stärke-Zusammensetzungen verringert die Gesamtzusammensetzungskosten und verstärkt die Festigkeit bzw. Widerstandsfähigkeit ("toughness"), die thermischen und Festigkeitseigenschaften.

[0011] Ein anderer Vorteil gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit, Lebensmittelverpackungsprodukte herzustellen, die ausschließlich aus Inhaltsstoffen in Lebensmittelqualität bestehen, was sie essbar macht. Die verwendeten Lebensmittelverpackungen und -behälter können gesammelt und pasteurisiert werden, gemahlen werden und als Tierfutter oder Fischfutter pelletiert werden. Weil die Zusammensetzungen innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung einen hohen Gehalt an organischen Stoffen haben, können sie zu Boden hinzugefügt werden, um diesen zu verbessern oder um den Boden zu düngen.

[0012] Die thermoplastischen Protein/Stärke-Zusammensetzungen mit natürlicher Cellulosefaser können zum Herstellen von Verpackungsmaterial und Erzeugnissen durch Extrudieren oder Spritzgießen verwendet werden, die bioabbaubar sind und eine geringe Dichte, eine hohe Druckfestigkeit, Zugfestigkeit und eine gute Rückprallelastizität ("resilience") haben. Extrudierte Schäume von Zusammensetzungen innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung weisen eine hohe Zugfestigkeit von etwa 0,3 bis 12 MPa (Megapascal) auf, die Dichte ist 0,1 bis 0,8 g/cm³, und die Rückprallelastizität ist über 80%.

[0013] Die thermoplastischen Zusammensetzungen sind vorzugsweise aus etwa 10 bis 46 Gew.% Protein, etwa 20 bis 46 Gew.% Stärke, etwa 5 bis 25 Gew.% natürlicher Cellulosefaser, etwa 8 bis 20 Gew.% Wasser, etwa 5 bis 25 Gew.% Weichmacher, etwa 0 bis 4 Gew.% physikalischem oder chemischem Treibmittel, etwa 0,5 bis 2 Gew.% keimbildendem Mittel, etwa 0,5 bis 2 Gew.% Schmiermittel, etwa 0,5 bis 5 Gew.% Metallsalzhydrat und anderen gewünschten Additiven, wie färbende Mittel, Modifizierungsmittel, Vernetzungsreagenzien und Konservierungsmittel, hergestellt.

[0014] Die Zusammensetzungen werden vorzugsweise gemischt, extrudiert und pelletiert. Die Pellets werden dann in einer Weise verarbeitet, die ähnlich wie bei konventionellen Thermoplasten ist. Die Folien oder Erzeugnisse aus Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, können mittels einer einzelnen Schneckenextrudier- oder Spritzmaschine hergestellt werden. Alternativ können die Inhaltsstoffe compoundiert und extrudiert werden, um das endgültige Erzeugnis in einem einstufigen Verfahren zu bilden. Geformte Erzeugnisse aus Extrusionsschaumfolie ("extrusion foam sheet") können mittels einer Maschine für thermisches Verformen hergestellt werden.

[0015] Daher stellt die vorliegende Erfindung thermoplastische Protein-/Stärke-Zusammensetzungen bereit, die bioabbaubar, recyclingfähig, von leichtem Gewicht, fest und wasserbeständig sind.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0016] Die vorliegende Erfindung ist auf bioabbaubare thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzungen gerichtet. Ein Schaum, der in einem geringen Verhältnis expandiert ist, wird aus der thermoplastischen Protein/Stärke-Zusammensetzung mit natürlicher Cellulosefaser, Weichmacher, Wasser, Treibmittel, keimbildendem Mittel, Metallsalzhydrat und Vernetzungsreagenzien, Modifizierungsmitteln und anderen Additiven, wie gewünscht, hergestellt.

[0017] Die thermoplastischen Protein/Stärke-Zusammensetzungen, die natürliche Cellulosefaser enthalten, können mittels verschiedener Verfahren hergestellt werden. Ein Verfahren schließt zwei Schritte ein: zuerst werden die Inhaltsstoffe gemischt und extrudiert, um Pellets zu bilden, und zweitens werden die Pellets durch Spritzgießen oder Strangpressen verarbeitet, einschließlich des Extrudierens mit einer Schaumdüse. Doppelschnecken- oder Einzelschneckenextruder können verwendet werden. In einem anderen Verfahren wird ein thermoplastischer Protein/Stärke-Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, unter Verwendung eines gegenläufig rotierenden Doppelschneckenextruders mit einer Schaumdüse hergestellt. Der Doppelschneckenextruder führt sowohl die Compoundierungsfunktionen als auch die Extrusionsfunktionen zum Schäumen aus. Die Rohmaterialien können vorbehandelt oder modifiziert werden, um die mechanischen Eigenschaften der thermoplastischen Protein/Stärke-Zusammensetzung zu beeinflussen. Das Expansionsverhältnis bei der Extrusion ("expanded extrusion ratio") ist etwa 2,0 bis 8,0, die Schaumdichte ist etwa 0,1 bis 0,8 g/cm³. Die Zugfestigkeit ist etwa 0,3 bis 12 MPa.

[0018] Das in dem Protein/Stärke-Zusammensetzungen verwendete Protein innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung kann entweder ein von einer Pflanze stammendes oder ein von einem Tier stammendes Proteinmaterial sein. Soja-Protein ist eine bevorzugte Quelle eines von einer Pflanze stammenden Proteins. Geeignetes Soja-Protein schließt Soja-Protein-Konzentrat, Soja-Protein-Isolat oder eine Kombination davon ein, wie diejenigen, die kommerziell von Archer Daniels Midland Company, Decatur, Illinois; Protein Technologies International, St. Louis, Missouri; und Central Soya Company, Inc., Fort Wayne, Indiana erhältlich sind. Anderes von Pflanzen stammendes Protein schließt Gluten (wie Weizen-, Hafer- oder Reisgluten), Mais-Zein, Hordein, Avenin, Kafirin oder eine Kombination davon ein. Gluten ist eine andere bevorzugte Quelle eines von einer Pflanze stammenden Proteins. Das von einer Pflanze stammende Protein sollte mindestens 70% bis 90% Proteinprodukte umfassen. Ein geeignetes, von einem Tier stammendes Protein schließt Casein, Albumin, Collagen, Gelatine, Keratin oder eine Kombination davon ein.

[0019] Die in den Protein/Stärke-Zusammensetzungen verwendete Stärke innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung kann native (unmodifizierte) Stärke, chemisch modifizierte Stärke, vorverkleisterte Stärke oder eine Kombination davon sein. Typische native Stärken können Korn- bzw. Maisstärke, einschließlich Mais-, Wachsmais- und Hochamylose-Maisstärke, Kartoffelstärke, Süßkartoffelstärke, Weizenstärke, Reisstärke, Tapiokastärke, Sorghum-Stärke und eine Kombination davon einschließen. Die Stärke kann eine normale Stärke (etwa 0 bis 30 Gew.% Amylose) oder eine Hochamylose-Stärke (größer als etwa 50 bis 70 Gew.% Amylose) sein. Die Stärkemenge (Gew.%), die mit dem Protein kombiniert ist, ist vorzugsweise etwa 20 bis 50 Gew.%.

[0020] Typische chemisch modifizierte Stärken, die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, schließen Hydroxyethylstärke, Hydroxypropylstärke, Carboxymethylstärke, acetylierte Hochamylose-Stärke, Stärkeacetat, Stärkemaleat, Stärkeoctenylsuccinat, Stärkesuccinat, Stärkephthalat, Hydroxypropylat-Hochamylosestärke, vernetzte Stärke, Stärkephosphate, Hydroxypropyldistärkephosphat, kationische Stärke, Stärkepropionamid und eine Kombination davon ein.

[0021] Die Stärke kann auch eine chemisch modifizierte Stärke sein, ausgewählt aus Stärkeether-Derivaten, einschließlich Hydroxyalkyl-Derivaten wie Hydroxybutylstärke, Carboxyalkyl-Derivaten, Ester-Derivaten, einschließlich Derivate gesättigter Fettsäuren, Halbestern von Dicarbonsäuren/Dicarbonsäureanhydriden, einschließlich acetylierter Stärke und acetylierter Hochamylose-Stärke, Stärkemodifikation mit Alkylenoxiden, quervernetzter Stärke, einschließlich Stärke, die mit einem Vernetzungsmittel, wie Phosphoroxchlorid, Epichlorhydrin, hydrophoben kationischen Epoxiden oder Phosphat-Derivaten, zur Reaktion gebracht wurde.

[0022] Eine chemische Modifikation von Protein und Stärke kann verwendet werden, um die physikalischen und chemischen Eigenschaften der daraus hergestellten Zusammensetzungen zu verbessern, wie Elastizität bzw. Biegsamkeit, thermische Stabilität, Wasserbeständigkeit, Kompatibilität zwischen Protein und Stärke, Verarbeitungsfließfähigkeit, Altersbeständigkeit, etc.. Zum Beispiel verbessert säuremodifiziertes Soja-Protein die Oberflächenhydrophobie bedeutend. Die Schaumkapazität und die Schaumstabilität von Soja-Protein wer-

den durch succinyliertes und acetyliertes Soja-Protein verbessert. Die Kompatibilität von Soja-Protein mit Stärke wird mit erhöhtem Hochamylose-Stärkegehalt schlechter. Jedoch kann die Kompatibilität von Hochamylose-Stärke mit Soja-Protein durch Modifikation des Proteins und/oder der Stärke verbessert werden.

[0023] Die chemische Modifikation von Stärke kann zum Erhöhen der molekularen Stabilität und Widerstandsfähigkeit gegen Hochtemperaturhydrolyse verwendet werden. Hydroxypropylat-, Phosphorylat- und Acetat-Derivate von Stärke können die Retrogradationsrate verringern und haben gute Alterungseigenschaften und Stabilität. Stärkephosphat- und -succinat-Derivate weisen intermolekulare Wechselwirkung mit kationischen Molekülen auf. Kationische Stärken weisen eine bessere Wechselwirkung mit elektronegativen Substanzen, wie Cellulose, auf. Hydroxypropylat-Hochamylose-Stärke oder Tapiokastärke, Acetatstärke und Stärkephosphat oder vernetzte Stärke haben gute Schaumeigenschaften. Die oben genannten Objekte können Inhaltsstoffe in Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffe innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung sein.

[0024] Die Gesamtmenge von Protein/Stärke (Gew.%) in der thermoplastischen Zusammensetzung ist vorzugsweise etwa 40 bis 65 Gew.%.

[0025] Weichmacher verbessern das Verarbeiten, die Fließfähigkeit und erhöhen die Elastizität bzw. Biegsamkeit der Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Zusammensetzungen. Eine wirksame Menge Weichmacher ist etwa 5 bis 25 Gew.%, vorzugsweise etwa 15 bis 25 Gew.%. Typische Weichmacher, die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, schließen Polyole und Alkohole mit hohem Molekulargewicht, wie Glycerin, Ethylenglykol, 1,3-Propandiol, Propylenglykol, Sorbit, Sorbitan, Mannit, Diglycerin, Butandiol und Harnstoff oder Gemische davon, ein. Glycerin und Propylenglykol sind gegenwärtig bevorzugte Weichmacher. Die Ester von Polyolen, wie Glycerinmonoacetat und Glycerindiacetat, können als unterstützende Weichmacher verwendet werden.

[0026] Wasser wird sowohl als ein Weichmacher als auch als ein Treibmittel in der vorliegenden Erfindung verwendet. Eine wirksame Wassermenge wird die Verarbeitungsfließfähigkeit der Zusammensetzung verbessern und auch die physikalischen Eigenschaften des Schaums, der in einem geringen Verhältnis expandiert ist, verstärken. Die Wassermenge ist etwa 8 bis 20 Gew.%, vorzugsweise 10 bis 18 Gew.%.

[0027] Das in den Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung beinhaltete Metallsalzhydrat kann Calcium-, Natrium-, Kalium-, Zink-, Eisen-, Aluminium- oder Phosphorsalze oder ein Gemisch davon sein. Das Metallsalzhydrat kann auch Chlorid-, Carbonat-, Sulfat-, Nitrat-, Lactat-, Oxalat- oder Acetatsalze oder ein Gemisch davon sein. Beispiele bevorzugter Metallsalzhydrate schließen $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Ca} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ oder Gemische davon ein.

[0028] Ein Treibmittel wird vorzugsweise verwendet, um Schaumprodukte, die in einem geringen Verhältnis expandiert sind, mit den thermoplastischen Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Zusammensetzungen innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung zu bilden. Wasser kann als ein primäres Treibmittel dienen, aber physikalische und chemische Treibmittel werden vorzugsweise als unterstützende Treibmittel verwendet. Das physikalische Treibmittel kann Ethanol, 2-Propanol, Aceton, Kohlenwasserstoffe, Butane, n-Pentane, Hexane, Fluorchlorkohlenwasserstoffe oder Kombinationen davon einschließen.

[0029] Das physikalische Treibmittel kann auch ein komprimiertes Gas, wie Stickstoff oder Kohlendioxid, einschließen. Wenn ein komprimiertes Gas verwendet wird, kann es in die Protein/Stärke-Zusammensetzung mit natürlicher Cellulosefaser eingemischt und darin dispergiert werden. Zum Beispiel wird Kohlenstoffdioxid in einen gleichläufigen ("co-rotating") Doppelschneckenextruder, wie den Leistritz AG LSM 34, mit Mischerzone, unter dem Druck von etwa 1000 psi eingepumpt. Das Kohlenstoffdioxid löst sich in der Protein/Stärke-Zusammensetzung. Eine gegenwärtig bevorzugte Konzentration von Kohlenstoffdioxid ist etwa 0,5 bis 4 Gew.%.

[0030] Chemische Treibmittel schließen exotherme und exothermische Zersetzungsverbindungen ein. Exotherme Treibmittel setzen mehr Energie während der Zersetzung frei, als zum Auslösen der Zersetzung benötigt wird. Sobald die Zersetzung begonnen hat, läuft sie spontan weiter und setzt sich sogar noch für einige Zeit fort, wenn die Energiezufuhr gestoppt wurde. Mit exothermen Treibmitteln aufgeschäumte Teile müssen intensiv gekühlt werden, um eine nachfolgende Expansion zu vermeiden. Hydrazide und Azo-Verbindungen, wie Azodicarbonamid und modifiziertes Azodicarbonamid, p,p'-Oxybis(benzolsulfonylhydrazid) und p-Toluolsulfonylhydrazid sind wichtige exotherme Treibmittel.

[0031] Endotherme Treibmittel benötigen Energie, um sich zu zersetzen. Aus diesem Grund endet die Gas-

freisetzung rasch nach Beendigung der Hitzezufuhr. Hydrogencarbonat und Citronensäure sind übliche Basis-materialien, die für endotherme Treibmittel verwendet werden. Diese sind übliche Lebensmittelzusatzstoffe, die sicher zu handhaben und sicher bei der Nahrungsaufnahme sind. Es wurde festgestellt, dass ein bevorzugtes endothermes Treibmittel, das kommerziell als HYDROGEL® BIF von B.I Chemicals, Inc., Montvale, New Jersey verkauft wird, gute Ergebnisse liefert. Die Menge der chemischen Treibmittel ist etwa 0,5 bis 4 Gew.%, vorzugsweise bei BIF etwa 1 bis 2 Gew.% der thermoplastischen Protein-/Stärke-Zusammensetzung.

[0032] Keimbildende Mittel sind wichtig beim Herstellen einer gleichförmigen fein-zelligen Schaumstruktur. Typische keimbildende Mittel schließen gasförmige und flüssige Verbindungen, Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, Natriumhydrogencarbonat, Citronensäure und Natriumcitrat ein. Drei Mechanismen können verwendet werden, um die keimbildenden Mittel zu erklären.

[0033] Erstens können keimbildende Mittel eine übersättigte Lösung von Gas in der Zusammensetzung erzeugen und feine Bläschen vor der Wirkung als Treibmittel bilden. Dieser Typ des keimbildenden Mittels schließt Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, Natriumhydrogencarbonat, Citronensäure und Natriumcitrat ein.

[0034] Zweitens können keimbildende Mittel feinverteilte organische-, anorganische- und Metallpulver sein, die durch Bilden von "hot spots" wirken. Manche Metallsalzhydrate und Calciumcarbonat können auch als keimbildende Mittel in dieser Weise wirken.

[0035] Drittens können keimbildende Mittel feinverteilte Verbindungen sein, die die Bildung von Keimbildungszentren für die Gasphase des Treibmittels ermöglichen bzw. erleichtern. Dies ist die "klassische" Funktion von keimbildenden Mitteln. Diese keimbildenden Mittel schließen Talk, Siliciumdioxid, Diatomeenerde, Kolin etc. ein. Talk ist ein gegenwärtig bevorzugtes keimbildendes Mittel, das in Konzentrationen von etwa 0,5 bis 1,0 Gew.% verwendet wird.

[0036] Schmiermittel werden vorzugsweise verwendet, um das Drehmoment beim Verarbeiten zu verringern und den Energieeintrag für das Verarbeiten zu erniedrigen. Die Schmiermittelmenge in dem Protein/Stärke-Thermoplasten ist vorzugsweise etwa 0,5 bis 2 Gew.%. Die geeigneten Schmiermittel schließen Rizinusöl, Maisöl, Sojabohnenöl, Lecithin, Fettsäuren, Monoglyceride, Diglyceride, Ester von Fettsäuren und Polyhydroxyalkohole und Kombinationen davon ein.

[0037] Färbemittel können in den Zusammensetzungen innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung eingeschlossen sein, um Erzeugnisse einer gewünschten Farbe herzustellen. Geeignete färbende Mittel können synthetische färbende Mittel und natürliche Mittel einschließen. Die synthetischen färbenden Mittel schließen Azofarbstoffe, wie Amaranth, Ponceau 4R, Tartrazin, Sunset Yellow, Indigocarmin, ein. Natürliche färbende Mittel schließen Xanthophyll, Chlorophyll und Metalloide ein. Die in den Protein/Stärke-Zusammensetzungen beinhaltete Menge an färbenden Mitteln ist typischerweise etwa 0,0005 bis 0,05 Gew.%.

[0038] Um die gewünschten Eigenschaften von Erzeugnissen, die mit den Protein/Stärke-Zusammensetzungen innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung hergestellt werden, bereitzustellen, können andere Additive, wie Vernetzungsreagenzien, Modifizierungsmittel, Konservierungsmittel, Bakterizide, aromatisierende Mittel oder ein oberflächenaktives Mittel, wie Sojabohnen-Phospholipide und Calcium- oder Natriumstearyl-lactat, Sorbitan-Fettsäureester, Polyoxyethylen-Sorbitanmonostearat, eingeschlossen sein.

[0039] Die natürliche Cellulosefaser wird als ein verstärkender Füllstoff in der vorliegenden Erfindung verwendet. Natürliche Cellulosefasern verbessern die physikalischen Eigenschaften geschäumter Produkte, wie Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Schub- bzw. Schermodul, verbessern die Wärmeisolierungseigenschaft und verringern das Schrumpfen und die Verformung der Produkte bei der Verarbeitung und Verwendung. Typische natürliche Cellulosefasern, die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden, schließen Grasfasern, Holzfasern, gehäckseltes Stroh, gehäckseltes Maisstroh, Bagasse, Baumwollfasern, gehäckselte Blätter, gehäckselte Maishülsen, Hanffasern und Cellulosefasern, die aus anderen natürlichen Pflanzen hergestellt wurden und ihre Derivate oder Mischungen davon ein. Die Vorbehandlung natürlicher Cellulosefasern ist gewöhnlich in den meisten Fällen notwendig. Eine solche Vorbehandlung schließt das Reinigen, Trocknen, Mahlen, Färben oder die Behandlung mit einigen geeigneten Additiven ein. Die letztliche Abmessung der Fasern ist vorzugsweise in dem Bereich von etwa 40 bis 100 Mesh.

[0040] Modifizierungsmittel können verwendet werden, um die mechanischen Eigenschaften der Protein/Stärke-/natürliche Cellulosefaser-Zusammensetzung zu verstärken und auch um die Verarbeitungseigenschaften, wie die Schaumeigenschaften, zu verbessern. Typische Modifizierungsmittel, die in der vorliegenden Erfindung ver-

wendet werden können, schließen synthetische Polymere, wie Polyvinylalkohol, Polymilchsäure, Polycaprolacton, Polyesteramid oder natürliche Biopolymere, wie Natriumalginat, Lignose und Gummi, ein. Die Modifizierungsmittel sind typischerweise in der Zusammensetzung in einer Konzentration von etwa 5 bis 20 Gew.% vorhanden, aber die Modifizierungsmittel können von 0 bis 25 Gew.% der Zusammensetzung reichen.

[0041] Während des Verarbeitens eines Schaums aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen, der in geringem Verhältnis expandiert ist, kann die Vernetzungsreaktion bei der Extrusion für die Bildung von intermolekularen Verbindungen zwischen dem Protein, der Stärke und den Cellulosefasern verwendet werden.

[0042] Die physikalischen Eigenschaften eines Schaums aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen, die in geringem Verhältnis expandiert sind, wie Steifheit, thermische Beständigkeit und Wasserbeständigkeit, wurden durch die Vernetzungsreaktion verbessert. Aufgrund der Bildung eines dreidimensional vernetzten Netzwerks kann das Vernetzungsmittel ein bifunktionelles Vernetzungsreagens sein, das ein Reagens mit zwei reaktiven Gruppen ist, die in der Lage sind so zu reagieren, dass Brücken zwischen den Seitenketten des Proteins und der Stärke oder den Cellulosefasern gebildet werden. Die Vernetzungsreaktion schließt intramolekulare Vernetzung und intermolekulare Vernetzung mit Amino-, Amido-, Hydroxyl-, Sulfhydrylgruppen ein. Beispiele solcher Vernetzungsreagenzien schließen Halogenacetat-Vernetzer, Bisimidoester-Vernetzer, Bis-n-hydroxysuccinimidylester, Dialdehyd-Vernetzer und Diketon-Vernetzer ein. Das Vernetzungsmittel kann auch ein monofunktionelles Reagens, wie ein monofunktioneller Imidoester (Methylacetylmidat), Thiolester, Aldehyde, wie Formaldehyd, Glutaraldehyd, Furfural etc., sein. Einige Epoxide können als Vernetzungsmittel verwendet werden, wie Epichlorhydrin. Allgemein können Vernetzungsmittel in der Zusammensetzung in einer Konzentration von etwa 1 bis 5 Gew.% verwendet werden.

[0043] Beim Herstellen eines Schaums, der in geringem Verhältnis expandiert ist, aus einer Protein/Stärke-Zusammensetzung mit natürlicher Cellulosefaser können alle Inhaltsstoffe in einem kontinuierlichen Hochgeschwindigkeitsmischer vorgemischt werden. Weiteres Mischen und Pelletieren kann in einem gleichläufigen Doppelschneckenextruder mit einer Stangenpresse ("rod die") (L/D von 3:1) durchgeführt werden. Der Doppelschneckenextruder ist vorzugsweise eine Multi-Modus-Doppelschnecke mit gleichläufig rotierender Schnecke. Alle Inhaltsstoffe können auch direkt in dem Doppelschneckenextruder gemischt werden. Die Inhaltsstoffe werden aus einzelnen Einzeltrichtern in vorher festgelegte Bereiche des Doppelschneckenextruders in den Extruder eingefüllt.

[0044] Die Verarbeitungsbedingungen können variiert werden, wie es notwendig ist, um eine wirksame Durchmischung zu erzielen und homogene Pellets zu bilden. Zum Beispiel können die Temperaturverteilung entlang des Extruders, der Druck, die Schneckengeschwindigkeit und -anordnung, die Zuführungsgeschwindigkeit der Inhaltsstoffe und die Durchsatzgeschwindigkeit variieren.

[0045] Nachfolgend nach dem Mischen und Pelletieren können die Pellets direkt in einem Einzelextruder mit Schaumdüse verwendet werden oder es wird ermöglicht, den Feuchtigkeitsgehalt durch Trocknen für spätere Verwendung anzupassen. Der Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, kann kontinuierlich aus den Pellets verarbeitet werden, indem die Blas-Bedingungen und die automatische Zuführung der Pellets in den Einzelextruder kontrolliert werden. Die Schäumungsbedingungen bei der Extrusion, wie Extrudertemperaturprofil, Düsen- bzw. Pressendruck ("die pressure"), Zuführungsgeschwindigkeit, Schneckengeschwindigkeit, Durchsatzgeschwindigkeit und Abzugsgeschwindigkeit können variiert werden, um die mechanischen Eigenschaften der Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoffe zu kontrollieren. Der Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, kann direkt mit einer Zahnradschnecke und einer Schaumdüse verarbeitet werden.

[0046] Ein nützlicher Doppelschneckenextruder zum Mischen ist ein gleichläufiger Doppelschneckenextruder, Leistritz Micro-18. Ein nützlicher Einzelextruder, der für den Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, verwendet wird, ist ein Brabender 1 3/4 Zoll-Extruder, Typ PL2100-Extruder mit einer Standardeinzelschnecke und der Schaumdüse, L/D von 30:1 und einem Kompressionsverhältnis von 3:1.

[0047] Die Eigenschaften der Schaumzusammensetzungen mit geringem Verhältnis werden in einem großen Ausmaß durch den Extrusionsverarbeitungsschritt bestimmt, währenddessen die Zersetzung der Treibmittel auftritt. An diesem Punkt beeinflussen die Temperatur, der Druck und die Viskosität die Schaummerkmale.

[0048] Die Zusammensetzungen aus Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung, können durch eine In-line-Walzenmaschine für thermisches Verformen ("in-line roller thermoforming machine"), worin direkter Druck und Vakuum auf eine Extrusionsschaumfolie an-

gewendet wird, um diese an die Form anzupassen, zu Lebensmittelverpackungen verarbeitet werden. Andere Verpackungen, z.B. Strukturschaumstoffverpackungen für Erzeugnisse, können durch Spritzgießen oder durch Pressen, Spritzpressverfahren oder andere geeignete Formungstechniken hergestellt werden.

[0049] In dem gegenwärtig bevorzugten Verarbeitungsverfahren ist die Extrusionstemperatur beim Herstellen von Pellets mit einem Wassergehalt von etwa 8 bis 18 Gew.% etwa 100 bis 120°C. Die Temperatur beim Verarbeiten von Extrusionsschaumfolien ist vorzugsweise etwa 150 bis 160°C bei der Schaumdüse, aber dies kann basierend auf den Inhaltsstoffen der Formulierung variieren. Der Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, der aus der Protein/Stärke-Zusammensetzung mit natürlichen Cellulosefasern hergestellt ist, hat vorzugsweise eine geschlossene Zellstruktur, eine niedrige Dichte von etwa 0,1 bis 0,8 g/cm³, ein Expansionsverhältnis bei der Extrusion ("extrusion expansion ratio") von etwa 2 bis 8, eine Zugfestigkeit von etwa 0,3 bis 12 MPa und eine Rückprallelastizität über 80%.

[0050] Eine nützliche Eigenschaft der Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Zusammensetzungen innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung ist, dass sie vollständig aus nichttoxischen Inhaltsstoffen bestehen und sicher von Menschen und Tieren konsumiert werden können. Dies erleichtert bzw. ermöglicht das Recycling oder den Bioabbau der Zusammensetzungen. Schäume mit geringem Verhältnis, die aus den Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Zusammensetzungen hergestellt sind, sind für das Verpacken von Lebensmitteln nützlich.

[0051] Um die vorliegende Erfindung weiter zu beschreiben, werden die folgenden detaillierten Beispiele bereitgestellt. Es sollte verstanden werden, dass diese Beispiele nicht dazu gedacht sind, den Rahmen der Erfindung, der in der vorangegangenen Beschreibung dargelegt wurde, zu begrenzen.

[0052] Die mechanischen Eigenschaften eines Schaums, der in geringem Verhältnis expandiert ist, der aus einer thermoplastischen Protein/Stärke-Zusammensetzung mit natürlichen Cellulosefasern hergestellt ist, wurden gemäß den Standardvorgehensweisen der American Society for Testing and Materials (ASTM) getestet. Die Zugfestigkeit der Schäume wurde gemäß dem ASTM-Standardverfahren D3574 getestet. Die Dichte wurde gemäß dem ASTM-Standardverfahren D1622 getestet. Die Druckfestigkeit wurde gemäß dem ASTM-Standardverfahren D1621 getestet. Die Rückprallelastizität wurde gemäß dem ASTM-Standardverfahren D3574 getestet.

BEISPIEL 1

Mechanische Eigenschaften des Schaums einer Protein/Stärke-Zusammensetzung, der in geringem Verhältnis expandiert ist.

[0053] Schäume, die in geringem Verhältnis expandiert sind, wurden aus thermoplastischen Protein/Stärke-Zusammensetzungen mit Protein, einschließlich Soja-Protein-Isolat oder Weizengluten, Stärke, einschließlich Korn- bzw. Maisstärke, Tapiokastärke (einschließlich Hydroxypropylat-Tapiokastärke und vernetzter Tapiokastärke), Hydroxypropylat-Hochamylose-Stärke, Glycerin, Treibmittel (BIF), Talk, CaCO₃ und Lecithin, wie in Tabelle 1 unten gezeigt, formuliert.

[0054] Die Inhaltsstoffe wurden zusammen in einem Hochgeschwindigkeitsmischer (Henschel Mixers America, Inc., FM10 Heizmischer) bei Raumtemperatur vorgemischt. Die Granulierung der Inhaltsstoffe wurde mittels eines gleichläufigen Doppelschneckenextruders, Leistritz Micro-18, mit fünf Zylinderzonen mit dem folgenden Temperaturprofil: Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/Zone 6 = 100-110/110-125/115-130/120-130/105-115/90-110°C, durchgeführt. Die Düsentemperatur war 90 bis 96°C, und die Schneckengeschwindigkeit war 60 bis 90 U/min. Der Düsen- bzw. Pressendruck ("die pressure") war 190 bis 460 psi. Nachdem das Extrudat granuliert worden war, wurde der Feuchtigkeitsgehalt der Granulate mittels eines Feuchtigkeitsmessgeräts (Ohaus Modell MB200) bei 130°C für 30 Minuten gemessen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Granulate war zwischen 8 und 18 Gew.%.

[0055] Die Granulate wurden zu einem Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, verarbeitet. Die Granulate wurden durch einen Einfülltrichter in einen Einzelschneckenextruder (Brabender Modell PL2100 mit 1 ¼, Zoll, L/D 30:1, Kompressionsverhältnis 3:1) mit einer einstellbaren 10 Zoll-Schaumdüse eingefüllt. Die Temperatur für Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Düse war 110/135/150-160/165 bzw. 135-140°C. Die Schneckengeschwindigkeit war 35 bis 45 U/min.

[0056] Die mechanischen Eigenschaften des Schaums, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wurden mit-

tels einer Instron 4465-Testmaschine gemäß ASTM D3574 und D1622 gemessen. In Tabelle 1 zeigen die Ergebnisse, dass verschiedene Proteine mit verschiedenen Stärken, wie Korn- bzw. Maisstärke, modifizierte Tapiokastärke (Hydroxypropylat-Tapiokastärke, vernetzte Tapiokastärke) und Hydroxypropylat-Amylose-Stärke, kombiniert werden können. Die Ergebnisse zeigen auch, dass der Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, aus einer Protein/Stärke-Zusammensetzung mittels eines Standard-Einzelschneckenextruders mit einer Schaumdüse verarbeitet werden kann und der gebildete Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, gute physikalische Eigenschaften besitzt.

TABELLE 1¹

Probe	Protein ²	Stärke ³	Glycerin ⁴	Wasser	BIF ⁵	Talk ⁶	CaCO ₃ ⁷	Lecithin ⁸	Feuchtigkeitsgehalt Granulate (%)
1	100	400	50	200	8,6	6	6	5	14,0
2	100	500	150	200	4,0	6	0	5	14,0
3	100	150	75	100	4,3	2,5	3	2,5	11,7
4	100	150	75	100	4,3	2,5	3	2,5	11,7
5	100	150	75	100	4,3	2,5	3	2,5	11,7

TABELLE 1 Fortsetzung

Mechanische Eigenschaften					
Probe	Zugbelastung (MPa)	Dehnung (%)	Youngscher Modul (MPa)	Dichte des Schaums (g/cm ³)	Expansionsverhältnis (Expanded Ratio)
1	0,72	5,58	61,76	0,29	3,3
2	0,31	25,30	14,93	0,12	5,2
3	1,81	1,97	160,44	0,37	2,4
4	0,49	62,82	11,12	0,31	2,8
5	0,31	38,87	14,34	0,19	4,0

¹ Inhaltsstoffe: in Anteilen, basierend auf Protein als 100 Teile.

² Proben 1, 3, 4 und 5 enthalten Soja-Protein-Isolat von Archer Daniels Midland Company, N066-646; Probe 2 enthält Weizengluten von Cerestar USA, Inc., Gluvital 21000.

³ Die Proben 1 und 2 enthalten eine modifizierte Hochamylose-Stärke, Cerestar USA, Inc., Star C, delight 90730; die Proben 3 und 4 enthalten Tapiokastärke; Probe 3 ist T1 Star American: T1 Star A (modifizierte Tapiokastärke in Lebensmittelqualität); Probe 4 ist T1 Star C (eine modifizierte Stärke in Lebensmittelqualität); Probe 5 ist Korn- bzw. Maisstärke von Cerestar USA, Inc., Gel 03420 (native gewöhnliche Korn- bzw. Maisstärke).

⁴ Glycerin (Aldrich Chemical Co., Inc.)

⁵ BIF ist ein Treibmittel von Boehringer Ingelheim Chemicals, Inc.

⁶ Talk (Aldrich Chemical).

⁷ Calciumcarbonat (EM Industries, Inc.).

⁸ Lecithin (Alfa Aesar).

BEISPIEL 2

Schaum einer Protein/Stärke-Zusammensetzung, der in geringem Verhältnis expandiert ist, mit variierender Konzentration an natürlicher Cellulosefaser.

[0057] Ein Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wurde aus einer Protein/Stärke-Zusammensetzung mit natürlicher Cellulosefaser hergestellt, wobei er mit Soja-Protein-Isolat, Korn- bzw. Maisstärke, variierenden Konzentrationen natürlicher Holzfasern, 10 bis 40 Gew.%, basierend auf der Protein/Stärke-Zusammensetzung, Glycerin, Wasser, Treibmittel (BIF), keimbildendem Mittel (Talk, CaCO₃) und Schmiermittel (Lecithin), wie in Tabelle 2 unten gezeigt, formuliert wurde. Die Inhaltsstoffe wurden zusammen, wie in Beispiel 1 oben beschrieben, vorgemischt. Die Granulation der Inhaltsstoffe wurde mittels eines Leistritz Micro-18-Extruders durchgeführt. Das Temperaturprofil war: Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/Zone 6 =

100/110/115/120/110-/100°C, die Düsentemperatur war 92 bis 100°C, die Schneckengeschwindigkeit 60 U/min, der Düsen- bzw. Pressdruck 180 bis 360 psi. Der Feuchtigkeitsgehalt der Granulate wurde mittels eines Feuchtigkeitsmessgerätes bestimmt.

[0058] Die Granulate wurden mittels eines Extruders mit Schaumdüse von Brabender, Modell PL 2100 mit 1 ¼ Zoll zu einem Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, verarbeitet. Die physikalischen Eigenschaften des Schaums, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wurden, wie oben in Beispiel 1 beschrieben, gemessen. Das Verarbeitungs-Temperaturprofil war: Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/Düse = 110/135/150/170/130-145°C. Die Schneckengeschwindigkeit war zwischen 40 und 60 U/min. Die Ergebnisse in Tabelle 2 zeigen auf, dass die natürlichen Holzfasern, mehr als 20 Gew.%, basierend auf dem Gesamtgewicht des Schaums der Protein/Stärke-Zusammensetzung, der in geringem Verhältnis expandiert ist, als Verstärkungsfasern mit der Protein/Stärke-Zusammensetzung in dem Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, kombiniert werden können, und sie zeigen, dass der Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, eine erhöhte Druckfestigkeit, Zugfestigkeit und einen erhöhten Young'schen Modul aufweist. Die Ergebnisse zeigen auch eine geringere Dichte und eine gute Rückprallelastizität der Zusammensetzungen. Wenn die natürliche Holzfaser als Verstärkungsfasern von 10 Gew.% auf über 20 Gew.%, basierend auf dem Gesamtgewicht des Schaums der Protein/Stärke-Zusammensetzung, der in geringem Verhältnis expandiert ist, erhöht wurde.

TABELLE 2¹

Probe	Soja-Protein-Isolat	Korn- bzw. Maisstärke ²	Glycerin	Wasser	Natürliche Holzfasern ³	BIF	Talk	CaCO ₃	Lecithin
1	100	150	75	100	28	4,3	2,5	3	2,5
2	100	150	75	100	55,5	4,3	2,5	3	2,5
3	100	150	75	100	83,5	4,3	2,5	3	2,5
4	100	150	75	100	111	4,3	2,5	3	2,5

TABELLE 2 Fortsetzung

Probe	Feuchtigkeitsgehalt Granulate (%)	Mechanische Eigenschaften						
		Zugbelastung (MPa)	Dehnung (%)	Youngscher Modul (MPa)	Dichte des Schaums (g/cm ³)	Expansionsverhältnis	Druckfestigkeit (MPa)	Rückprallelastizität (Resilience) (%)
1	17,0	0,42	29,51	19,27	0,19	3,1	0,72	91,2
2	17,0	0,64	9,64	60,83	0,33	2,6	1,28	91,1
3	17,0	0,77	5,08	166,33	0,36	2,3	1,62	90,8
4	17,0	1,12	2,04	161,87	0,42	2,1	1,66	89,6

¹ Inhaltstoffe: in Anteilen, basierend auf Soja-Protein-Isolat als 100 Teile; die Quellen der Inhaltsstoffe sind die gleichen, die in Tabelle 1 aufgelistet sind, außer für Korn- bzw. Maisstärke und die natürliche Holzfaser.

² Korn- bzw. Maisstärke: Cerestar USA, Inc., PolarTex 05735 (eine vernetzte native Korn- bzw. Maisstärke, Hydroxypropyl-distärkephosphat).

³ Holzfaser: American Wood Fibers: Nr. 4010 (Partikelgrößen-Verteilung 60 Mesh, 35 bis 80 Gew.%, 80 Mesh, 15 bis 50 Gew.%).

BEISPIEL 3

Schaum einer Protein/Stärke-Zusammensetzung, der in geringem Verhältnis expandiert ist, mit verschiedenen natürlichen Cellulosefasern.

[0059] Ein Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wurde aus einer Protein/Stärke-Zusammensetzung hergestellt, die mit Soja-Protein-Isolat, Korn- bzw. Maisstärke, Glycerin, Wasser, chemischem Treibmittel (BIF), keimbildendem Mittel (Talk, Ca-CO₃), Schmiermittel (Lecithin) und verschiedenen natürlichen Cellulose-

fasern (Bagasse, gehäckseltes Getreide- bzw. Maisstroh, gehäckseltes Stroh, Holzfasern, Grasfasern), wie in Tabelle 3 unten gezeigt, formuliert wurde.

[0060] Die Inhaltsstoffe wurden zusammen, wie in Beispiel 1 oben beschrieben, vorgemischt. Das Granulierungs-Temperaturprofil war Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/Zone 6 = 100/110/115/120/110/95°C. Die Düsentemperatur war etwa 95°C, die Schneckengeschwindigkeit war 60 U/min und der Düsen- bzw. Druck war 400 bis 600 psi. Der Feuchtigkeitsgehalt der Granulate wurde mittels eines Feuchtigkeitsmessgerätes gemessen. Der Feuchtigkeitsgehalt war etwa 15,0 bis 18,0 Gew.%. Die Granulate wurden, wie in Beispiel 1 beschrieben, zu einem Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, verarbeitet. Das Verarbeitungs-Temperaturprofil war Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/Düse = 105/135/150/165/135-140°C, die Schneckengeschwindigkeit war 40 bis 60 U/min. Die physikalischen Eigenschaften wurden, wie in Beispiel 1 oben beschrieben, gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 gezeigt. In Tabelle 3 zeigen die Ergebnisse auf, dass verschiedene natürliche Cellulosefasern, wie Bagasse, gehäckseltes Getreide- bzw. Maisstroh, gehäckseltes Stroh, Holzfasern, Grasfasern als Verstärkungsmaterial mit einer Protein/Stärke-Zusammensetzung in dem Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, kombiniert werden können. Der Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, weist eine erhöhte Zugfestigkeit und einen erhöhten Young'schen Modul auf, weil die verschiedenen natürlichen Cellulosefasern, die in dem Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, enthalten sind. Die höhere Zugfestigkeit natürlicher Cellulosefasern kann verwendet werden, um eine höhere Zugfestigkeit der Schäume, die in geringem Verhältnis expandiert sind, die aus Protein/Stärke/natürlicher Cellulosefaser-Kunststoffen hergestellt sind, zu erhalten.

[0061] Schließlich wurden Erzeugnisse aus dem Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, durch thermisches Verformen hergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Eigenschaften der verwendeten Produkte verbessert wurden, wie verringerte Schrumpfung und Verformung, verbesserte Wärmeisolationseigenschaft, erhöhte Formstabilität. Alle natürlichen Cellulosefasern, die in den Zusammensetzungen verwendet wurden, sind vollständig bioabbaubar und umweltfreundlich.

TABELLE 3¹

Probe	Soja-Protein-Isolat	Korn- bzw. Maisstärke	Glycerin	Wasser	Natürliche Holzfasern ³	BIF	Talk	CaCO ₃	Lecithin
1	100	66,7	40	66,7	41,7	2,9	1,7	2	1,7
2	100	66,7	40	66,7	41,7	2,9	1,7	2	1,7
3	100	66,7	40	66,7	41,7	2,9	1,7	2	1,7
4	100	66,7	40	66,7	41,7	2,9	1,7	2	1,7
5	100	150	75	100	80	4,3	2,5	3	2,5

TABELLE 3 Fortsetzung

Probe	Feuchtigkeitsgehalt Granulate (%)	Mechanische Eigenschaften			
		Zugbelastung (MPa)	Dehnung (%)	Youngscher Modul (MPa)	Dichte des Schaums (g/cm ³)
1	15,2	4,26	1,66	459,01	0,75
2	15,0	3,63	3,97	482,03	0,85
3	18,0	3,75	0,53	506,40	0,73
4	15,3	2,91	1,23	335,98	0,67
5	16,4	1,10	19,02	96,72	0,58

¹ Die Inhaltsstoffe sind in Anteilen, basierend auf Soja-Protein-Isolat als 100 Teile; die Quellen der Inhaltsstoffe sind die gleichen, die in Tabelle 1 und 2 aufgelistet sind, außer für die natürlichen Cellulosefasern.

² natürliche Cellulosefasern: Probe 1: Bagassefasern (Feuchtigkeitsgehalt 10,1 Gew.%); Probe 2: gehäckseltes Getreide- bzw. Maisstroh (Feuchtigkeitsgehalt 7,0 Gew.%); Probe 3: gehäckseltes Stroh (Feuchtigkeitsgehalt 6,9 Gew.%); Probe 4: Holzfasern (Feuchtigkeitsgehalt 9,8 Gew.%); Probe 5: Grasfasern (Feuchtigkeitsgehalt 9,8 Gew.%).

halt 6,9 Gew.%), (außer Holzfasern, Partikelgrößenverteilung 40 Mesh, 85 bis 99 Gew.%, 30 Mesh, 10 Gew.%).

BEISPIEL 4

[0062] Unsere Testergebnisse zeigen, dass verschiedene Metallsalzhhydrate die mechanischen Eigenschaften der Protein/Stärke-Kunststoffe verbessern. Die Tabellen 4 bis 5 zeigen einen Vergleich zwischen Calciumchlorid-Dihydrat, Calciumnitrat-Hydrat und Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat. Die Tabellen zeigen, dass Calciumnitrat-Hydrat die Zugfestigkeit und die Dehnung der Protein/Stärke-Kunststoffe besser verbessert als Calciumchlorid-Dihydrat. Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat zeigt ebenfalls eine gute Verbesserung bei den mechanischen Eigenschaften. Metallsalzhhydrate erhöhen gewöhnlich die Dehnung und die Zugfestigkeit und verringern den Young'schen Modul leicht. Metallsalzhhydrate können verwendet werden, um die Elastizität bzw. Biegsamkeit der Protein/Stärke-Kunststoffe zu verbessern. Tabelle 5 zeigt, dass Aluminiumkaliumsulfat den Schmelzdruck erniedrigt, wodurch die Verarbeitungsfließfähigkeit erhöht wird.

TABELLE 4

Die Wirkung verschiedener Metallsalzhhydrate auf die mechanischen Eigenschaften der Protein/Stärke-Kunststoffe

Inhaltsstoffe (in Anteilen)					Mechanische Eigenschaften		
SPI	CS	Glyce- rin	Feuchtig- keits- gehalt	Metall- salz	Zug- stärke (MPa)	Deh- nung (%)	Young- scher Modul (MPa)
100	66,7	40	37,5	7,5 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	8,91	26,09	178,00
100	66,7	40	37,5	7,5 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	9,48	38,83	175,90
100	66,7	40	37,5	7,5 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	8,49	38,02	141,70

1. Feuchtigkeitsgehalt des Test-Standardstabes (durch Spritzgießen bei 140°C): 10,0%.
2. SPI ist Soja-Protein-Isolat (Nr. 66-646 ADM); CS ist Korn- bzw. Maisstärke (CGel 03420).

TABELLE 5

Die Wirkung verschiedener Metallsalzhhydrate auf die Verarbeitungsfließfähigkeit der Protein/Stärke-Kunststoffe

Nr.	Probe	Verarbeitungsbedingung			Schmelzen- druck (psi)
		T Düse (°C)	Schnecke U/min	Zuführungs- geschwin- digkeit	
1	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	105	60	18	650
2	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	105	60	18	690
3	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	105	60	18	585

1. Gleiche Inhaltsstoffe wie in Tabelle 4.
2. Verarbeitungsausrüstung: Leistritz Micro 18 Doppelschneckenextruder mit gleichläufig ineinander greifendem Modus ("twin screw co-rotation intermeshing mode extruder"), L/D 40:1.
3. Verarbeitungstemperatur: Zone 1, 105°C; Zone 2, 110°C; Zone 3, 121°C; Zone 4, 125°C; Zone 5, 120°C; Zone 6, 101°C.

[0063] Tabelle 6 zeigt die Wirkung von Calciumchlorid-Dihydrat auf die mechanischen Eigenschaften und die Wasserabsorption von Soja-Protein-Kunststoffen. Die Zugfestigkeit und der Young'sche Modul waren ein wenig verringert, aber die Dehnung war deutlich erhöht. Die Wasserbeständigkeit der Soja-Protein-Kunststoffe war ebenfalls erhöht. Die Metallsalzhhydrate scheinen auch aufgrund ihrer Befeuchtungswirkung und der Rückhaltung der Feuchtigkeit in den fertigen Produkten als Weichmacher zu dienen.

TABELLE 6

Die Wirkung von Calciumchlorid-Dihydrat auf die mechanischen Eigenschaften von Soja-Protein-Kunststoffen.

Inhaltsstoffe (in Anteilen)					Mechanische Eigenschaften			
SPI	Glycerin	Feuchtigkeitsgehalt	CaCl ₂ •2H ₂ O	Pellets (M.C.%)	Wasserabsorption (%) 24 Std.	Zugstärke (MPa)	Dehnung (%)	Youngscher Modul (MPa)
100	20	80	0	21,87	147,83	7,68	32,26	96,46
100	20	80	2	21,00	83,07	7,24	59,49	82,56
100	20	80	4	22,38	72,11	7,42	66,70	77,24
100	20	80	6	23,00	73,67	8,15	65,34	87,98
100	20	80	8	21,42	78,73	7,39	85,33	75,10

1. Feuchtigkeitsgehalt des Test-Standardstabes (durch Spritzguss bei 140°C): 12,0%.
2. Verarbeitungsbedingung gleich wie bei Tabelle 5.
3. SPI ist Soja-Protein-Isolat (Nr. 66-646 ADM).

[0064] Tabelle 7 zeigt die Wirkung von Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat auf die mechanischen Eigenschaften und die Wasserabsorption von Soja-Protein-Kunststoffen. Tabelle 7 zeigt, dass die Zugfestigkeit, die Dehnung und der Young'sche Modul mit zunehmendem Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat-Gehalt in den Soja-Protein-Kunststoffen erhöht wurden. Tabelle 7 zeigt weiter, dass die Wasserbeständigkeit der Soja-Protein-Kunststoffe ebenfalls erhöht wurde. Der bevorzugte Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat-Gehalt ist etwa 4 Gew.%. Es wird derzeit angenommen, dass die vorteilhaften Eigenschaften mit Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat erhalten werden, weil es ein Komplexsalz ist. Weil die Wasserbeständigkeit verbessert wurde, wird auch angenommen, dass das Protein, das Aluminiumkaliumsulfat und Wasser einen Komplex bilden und sich vernetzen.

TABELLE 7

Die Wirkung von Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat auf die mechanischen Eigenschaften von Soja-Protein-Kunststoffen.

Inhaltsstoffe (in Anteilen)					Mechanische Eigenschaften			
SPI	Glycerin	Feuchtigkeitsgehalt	AlK(SO ₄) ₂ •12H ₂ O	Pellets (M.C.%)	Wasserabsorption (%) 24 Std.	Zugstärke (MPa)	Dehnung (%)	Youngscher Modul (MPa)
100	20	80	0	23,70	137,60	7,68	32,26	96,46
100	20	80	2	23,70	111,70	7,86	43,14	98,75
100	20	80	4	23,70	101,52	7,83	50,09	104,05
100	20	80	6	23,70	87,07	8,89	44,17	97,43
100	20	80	8	23,70	74,93	8,54	13,60	110,13

1. Feuchtigkeitsgehalt des Test-Standardstabes (durch Spritzgießen bei 140°C): 12,0%.
2. Verarbeitungsbedingungen gleich wie in Tabelle 5.
3. SPI ist Soja-Protein-Isolat (Nr. 66-646 ADM).

[0065] In manchen Fällen wurde das Metallsalzhydrat hinzugefügt, um die Elastizität bzw. Biegsamkeit der Produkte zu verbessern und den Weichmachergehalt etwas zu verringern. Das Metallsalz-Hydrat kann auch die Schaumeigenschaften von Soja-Protein-Kunststoffen verbessern.

BEISPIEL 5

Die Wirkung verschiedener Metallsalzhhydrate auf die mechanischen Eigenschaften einer Schaumfolie aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoffen.

[0066] Tabelle 8 zeigt die Wirkung verschiedener Metallsalzhhydrate auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoffen. Probe 1 ist eine Kontrollzusammensetzung, der ein Metallsalzhydrat fehlt. Die Proben 2 bis 6 sind identisch, abgesehen von dem verwendeten Metallsalzhydrat.

[0067] In den Proben 1 bis 3 verstärkten Calciumchlorid-Dihydrat und Zinkacetat-Dihydrat die Dehnung und verbesserten die Elastizität bzw. Biegsamkeit der Schaumfolie aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoff. In den Proben 4 und 5 verstärkten Calciumsulfat-Dihydrat und Aluminiumkaliumsulfat-Dodecahydrat die Zugfestigkeit und den Young'schen Modul, wodurch die Steifigkeit der Schaumfolie verbessert wurde, obwohl die Dehnung leicht verringert wurde.

[0068] Die Proben 5 und 6 zeigen die Wirkung des Aluminiumkaliumsulfat-Dodecahydrat-Gehalts auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoffen. Die Zugfestigkeit und der Young'sche Modul der Schaumfolie wurden durch Erhöhen des Aluminiumkaliumsulfat-Gehaltes erhöht. Die Dehnung der Schaumfolie wurde leicht verändert. Es wird gegenwärtig angenommen, dass Aluminiumkaliumsulfat-Dodecahydrat, als ein Komplexsalz, die intermolekulare Wechselwirkung zwischen Protein/Stärke und der natürlichen Cellulosefaser aufgrund von Komplexierung oder Vernetzung verbessert.

TABELLE 8

Die Wirkung verschiedener Metallsalzhhydrate auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke mit natürlichen Cellulosefaser-Kunststoffen.

Inhaltsstoff ¹ (Gew.% basierend auf der Gesamtzusammensetzung)										
Probe	Soja-Protein-Isolat ²	Korn- bzw. Mais-Stärke ³	Feuchtigkeitsgehalt	Glycerin	Talk	Lecithin	BIF	Holz-faser	Metallsalz-hydrat	Feuchtigkeitsgehalt der Pellets (%)
1	32,0	21,3	21,3	12,8	0,5	0,5	0,9	10,7	0	16,2
2	31,3	20,9	20,9	12,5	0,5	0,5	0,9	10,5	2 ⁴	16,2
3	31,3	20,9	20,9	12,5	0,5	0,5	0,9	10,5	2 ⁵	16,0
4	31,3	20,9	20,9	12,5	0,5	0,5	0,9	10,5	2 ⁶	16,7
5	31,3	20,9	20,9	12,5	0,5	0,5	0,9	10,5	2 ⁷	18,8
6	31,3	20,9	20,9	12,5	0,5	0,5	0,9	10,5	1 ⁸	16,0

¹ Inhaltsstoffe; Gew.%, basierend auf der Gesamtzusammensetzung; die Quellen der anderen Inhaltsstoffe entsprechen denen in Beispiel 1 und 2 aufgelisteten.

² Soja-Protein-Isolat, Nr. 66-646 (Archer Daniels Midland Company)

³ Korn- bzw. Maisstärke, C Polar Tex 05735, Hydroxypropyldistärkephosphat (Ceresstar)

⁴ Calciumchlorid-Dihydrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Aldrich Chemical Company, Inc.)

⁵ Zinkacetat ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (SIGMA)

⁶ Calciumsulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (SIGMA)

⁷ Aluminiumkaliumsulfat ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) (SIGMA)

⁸ Aluminiumkaliumsulfat ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) (SIGMA)

TABELLE 8 Fortsetzung

Mechanische Eigenschaften					
Probe	Feuchtigkeitsgehalt der Schaumfolie (%)	Dichte der Schaumfolie (g/cm ³)	Zugbelastung (MPa)	Dehnung (%)	Young'scher Modul (MPa)
1	11,8	0,74	1,76	8,08	126,32
2	11,8	0,78	1,69	8,88	101,83
3	12,0	0,74	1,44	9,25	128,73
4	11,4	0,55	2,37	7,43	204,60
5	11,8	0,75	2,84	5,97	852,36
6	11,7	0,70	2,02	8,42	348,44

[0069] Die Inhaltsstoffe der bioabbaubaren thermoplastischen Zusammensetzung wurden mittels eines Doppelschneckenextruders, Leistritz Micro 18, granuliert. Die Extrudertemperatur war Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 6/Zone 6 = 110/110/115/120/110/100°C. Die Düsentemperatur war zwischen 88 und 95°C. Die Schneckengeschwindigkeit war 60 U/min. Der Düsen- bzw. Pressdruck war 320 bis 600 psi.

[0070] Eine Folie aus Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wurde mittels eines Extruders, Brabender Modell PL2100 mit 1%, Zoll, und Schaumdüse hergestellt. Das Verarbeitungs-Temperaturprofil war Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/(Düse) = 110/135/145/150/135-140°C. Die Schneckengeschwindigkeit war 40 U/min. Die Abzugsgeschwindigkeit der Schaumfolie war 28 Zoll/Minute. Der Extrusionsdruck war zwischen 400 und 962 psi. Das Extruder-Drehmoment ("extruder torque") war 6.000 bis 13.000 (MG). Die Temperatur nahe der Düse war 152 ± 1°C.

BEISPIEL 6

Die Wirkung von modifizierter Stärke auf die mechanischen Eigenschaften von Schaumfolien aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoffen.

[0071] Tabelle 9 zeigt einen Vergleich der Wirkung einer vernetzten modifizierten Korn- bzw. Maisstärke und einer unmodifizierten gewöhnlichen Korn- bzw. Maisstärke auf die mechanischen Eigenschaften einer Schaumfolie aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoffen. In Beispiel 1 ist die Stärke eine gewöhnliche Korn- bzw. Maisstärke. In Beispiel 2 ist die Stärke eine stabilisierte vernetzte gewöhnliche Korn- bzw. Maisstärke, Hydroxypropyldistärkephosphat. Tabelle 9 zeigt auch, dass das vernetzte Stärkephosphat eine höhere Dehnung und eine bessere Elastizität bzw. Biegsamkeit hat. Die Zugfestigkeit und der Young'sche Modul der Schaumfolie waren verringert. Wenn Hydroxypropyldistärkephosphat eine geringere Viskosität der heißen Paste ("hot paste viscosity") zeigt, einem weiten Bereich von Verarbeitungsbedingungen Stand hält und eine bessere Lagerstabilität hat als gewöhnliche Korn- bzw. Maisstärke, ist es eine bevorzugte Stärke für die Verwendung in der Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Zusammensetzung.

TABELLE 9

Die Wirkung modifizierter Stärken auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke/natürliche Cellulosefaser-Kunststoffen.

Inhaltsstoff (Gew.% basierend auf der Gesamtzusammensetzung)									
Probe	Soja-Protein-Isolat	Korn- bzw. Maisstärke	Feuchtigkeitsgehalt	Glycerin	Talk	Lecithin	BIF	Natürliche Holz-faser	Feuchtigkeitsgehalt der Pellets (%)
1	31,3	20,9 ¹	20,9	12,5	0,5	0,5	0,9	10,5	16,0
2	31,3	20,9 ²	20,9	12,5	0,5	0,5	0,9	10,5	16,2

¹ Gewöhnliche Korn- bzw. Maisstärke (CGel 03420), Cerestar USA, Inc.

² Modifizierte Stärke (PolarTex 05735, Hydroxypropyldistärkephosphat), Cerestar USA, Inc. Die Quellen aller

anderen Inhaltsstoffe sind die gleichen, die in den Beispielen 1 und 2 aufgelistet sind. Die Verarbeitungsbedingungen waren die gleichen wie bei Tabelle 10.

TABELLE 9 Fortsetzung

Mechanische Eigenschaften					
Probe	Feuchtigkeitsgehalt der Schaumfolie (%)	Dichte der Schaumfolie (g/cm ³)	Zugstärke (MPa)	Dehnung (%)	Young'scher Modul (MPa)
1	11,6	0,84	2,14	2,51	289,49
2	11,8	0,74	1,76	8,08	126,32

BEISPIEL 7

Die Wirkung von Modifizierungsmitteln auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen.

[0072] Die Ergebnisse in Tabelle 10 zeigen, dass die Modifizierungsmittel, wie Polyvinylalkohol, weil er starke intermolekulare Wasserstoffbindungen und eine starke Affinität zu natürlichen Cellulosefasern hat, verwendet werden können, um die mechanischen Eigenschaften, wie Elastizität bzw. Biegsamkeit und Stabilität, eines Schaums aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen, der in geringem Verhältnis expandiert ist, zu verstärken. Die Ergebnisse zeigen auch eine verbesserte Expansionsgleichförmigkeit und verbesserte Kompressibilitätseigenschaften.

TABELLE 10

Inhaltsstoffe (in Anteilen basierend auf Korn- bzw. Maisstärke)								
Probe	Korn- bzw. Maisstärke ¹	Weizen-gluten ²	Feuchtigk.-gehalt	Glycerin	Modifizierungsmittel ³	Natürliche Holz-faser	AlK(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	Talk
1	100	25	32,5	10	0	25	0	1,25
2	100	25	62,5	10	37,5	25	0	1,25
3	100	15	62,5	0	37,5	25	0	1,25
4	100	15	62,5	10	25,0	25	0	1,25
5	100	15	62,5	10	25,0	25	5,25	1,25

¹ Korn- bzw. Maisstärke (C delight 90730, Hydroxypropyl-Hochamylose-Stärke), Cerestar USA, Inc.

² Weizengluten (Gluvital 21000), Cerestar USA, Inc.

³ Modifizierungsmittel Polyvinylalkohol, durchschnittl. Mol.-Gew. 30.000-70.000, SIGMA Chemical Co.

[0073] Die Quellen aller anderen Inhaltsstoffe sind die gleichen wie in den Beispielen 1 und 2.

TABELLE 10 Fortsetzung

Probe	Leci- thin	CaCO ₃	BIF	Feuch- tigk.- gehalt der Pellets (%)	Feuch- tigk.- gehalt der Schaum- folie (%)	Mechanische Eigenschaften			
						Dichte der Schaum- folie (g/cm ³)	Zug- stärke (MPa)	Deh- nung (%)	Young- scher Modul (MPa)
1	1,25	1,5	2,15	18,2	12,0	0,76	5,98	0,52	881,69
2	1,25	1,5	2,15	19,0	12,0	0,76	8,39	1,63	1171,37
3	1,25	1,5	2,15	19,0	12,2	0,63	9,43	1,89	1983,58
4	1,25	1,5	2,15	18,0	12,0	0,67	6,53	1,06	1943,14
5	1,25	1,5	2,15	19,0	12,2	0,64	7,21	1,15	1613,90

[0074] Die Inhaltsstoffe wurden zusammen, wie in Beispiel 1 oben beschrieben, vorgemischt. Das Granulierungs-Temperaturprofil war Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/Zone 6 = 100/105/110/110/105/95°C. Die Düsentemperatur war zwischen 85 und 95°C. Die Schneckengeschwindigkeit war 60 U/min. Der Düsen- bzw. Pressdruck war 220 bis 550 psi. Der Feuchtigkeitsgehalt der Granulate wurde mittels eines Feuchtigkeitsmessgeräts gemessen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Granulate war etwa 18,2 bis 19,0%. Die Folie aus Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wurde mittels eines Extruders, Brabender Modell PL2100 mit 1 ¼ Zoll, und einer 10 Zoll breiten Schaumdüse hergestellt. Das Verarbeitungs-Temperaturprofil war Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5 (Düse) = 110/130/150/160/135°C. Die Schneckengeschwindigkeit war 40 U/min. Die Abzugsgeschwindigkeit der Schaumfolie war 46 Zoll/Minute.

[0075] Tabelle 10 zeigt die Wirkung von Modifizierungsmitteln auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen, wie Polyvinylalkohol, weil er starke intermolekulare Wasserstoffbindungen und eine starke Affinität zu natürlichen Cellulosefasern hat. Polyvinylalkohole können verwendet werden, um die mechanischen Eigenschaften des Schaums aus Protein/Stärke/natürlichen Cellulosefasern-Kunststoffen, der in geringem Verhältnis expandiert ist, zu verbessern.

[0076] Die Vergleichsproben 1 und 2 zeigen, dass die Zugfestigkeit, die Dehnung, der Young'sche Modul der Schaumfolie, die Polyvinylalkohol enthielt, offensichtlich erhöht wurden. Die Vergleichsproben 3 und 4 zeigen, dass die Zugfestigkeit, die Dehnung, der Young'sche Modul mit zunehmendem Gehalt des Modifizierungsmittels Polyvinylalkohol erhöht wurden. Die Elastizität bzw. Biegsamkeit und die Steifigkeit der Schaumfolie aus Protein/Stärke/natürlichen Cellulosefasern-Kunststoffen wurde durch hinzugefügte Modifizierungsmittel verbessert und die Dichte der Schaumfolie wurde auch verringert, so dass die Ergebnisse auch eine verbesserte Expansionsgleichförmigkeit und verbesserte Kompressibilitätseigenschaften der Schaumfolie aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen zeigen. Die Vergleichsproben 4 und 5 zeigen, dass die Zugfestigkeit durch Hinzufügen von Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat zu der Schaumfolie, die Polyvinylalkohol als Modifizierungsmittel enthielt, erhöht wurde. Das Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat hilft beim Komplexieren oder Kuppeln von Protein/Stärke an Cellulosefasern und Polyvinylalkohol.

Beispiel 8

Die Wirkung von Vernetzungsreagenzien auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen während der Extrusionsverarbeitung.

[0077] Die Ergebnisse zeigen, dass die Vernetzungsreagenzien die Zugfestigkeit, den Young'schen Modul mit zunehmendem Gehalt an Vernetzungsreagenzien erhöhen. Die physikalischen Eigenschaften eines physikalischen Schaums aus Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wie Steifigkeit, Wärmebeständigkeit und Wasserbeständigkeit wurden durch die Vernetzungsreaktion verbessert.

TABELLE 11

Inhaltsstoffe (in Anteilen basierend auf Korn- bzw. Maisstärke)								
Probe	Korn- bzw. Mais- stärke ¹	Weizen- gluten ²	Feuch- tigk.- gehalt	Glyce- rin	Modifi- zier- mittel ³	Vernet- zungs- mittel ⁴	Natür- liche Holz- faser	Talk
1	100	15	62,5	10	25	25	25	1,25
2	100	15	62,5	10	25	25	25	1,25
3	100	15	62,5	10	25	25	25	1,25

¹ Korn- bzw. Maisstärke (C delight 90730, Hydroxypropyl-Hochamylose-Stärke), Cerestar USA, Inc.

² Weizengluten (Glu vital 21000), Cerestar USA, Inc.

³ Modifizierungsmittel Polyvinylalkohol, durchschnittl. Mol.-Gew. 30.000-70.000, SIGMA Chemical Co.

⁴ Vernetzungsreagens: Glutardialdehyd, 50 Gew.-%-Lösung in Wasser, Aldrich Chemical Company, Inc.

[0078] Die Quellen aller anderen Inhaltsstoffe sind die gleichen wie in den Beispielen 1 und 2.

TABELLE 11 Fortsetzung

					Mechanische Eigenschaften			
Probe	Leci- thin	CaCO ₃	BIF	Feuch- tigkeits- gehalt der Schaumfolie (%)	Dichte der Schaum- folie (g/cm ³)	Zug- stärke (MPa)	Dehnung (%)	Young- scher Modul (MPa)
1	1,25	1,5	2,15	10,1	0,76	8,32	1,12	1046,89
2	1,25	1,5	2,15	10,1	0,90	8,40	1,60	1632,89
3	1,25	1,5	2,15	10,1	0,67	8,09	1,72	779,32

[0079] Die Inhaltsstoffe wurden zusammen, wie in Beispiel 1 beschrieben, vorgemischt. Der pH der gemischten Inhaltsstoffe war 9,0-9,2. Die Folie aus Schaum, der in geringem Verhältnis expandiert ist, wurde mittels eines Leistritz Micro-18-Extruders mit einem 6 Zoll-Foliendurchmesser hergestellt. Das Verarbeitungs-Temperaturprofil war: Zone 1/Zone 2/Zone 3/Zone 4/Zone 5/Zone 6 = 95/110/120/137/155/120°C. Die Schneckengeschwindigkeit war 130 U/min. Der Düsen- bzw. Pressdruck war 180 bis 330 psi. Die Düsentemperatur war 120°C.

[0080] Tabelle 11 zeigt die Wirkung eines Vernetzungsmittels auf die mechanischen Eigenschaften von Protein/Stärke/natürliche Cellulosefasern-Kunststoffen während der Extrusion von Schaumfolien. Das Vernetzungsmittel war Glutardialdehyd, das ein gewöhnliches homobifunktionelles Reagens ist. Die funktionellen Gruppen, wie Amino, Imidazol (Imidarol), Thiol und Hydroxyl (Hydroxyl), können in geeigneten Vernetzungsreagenzien verwendet werden, die verwendet werden, um Protein/Stärke an Cellulosefasern und Polyvinylalkohol zu kuppeln. Aus den Ergebnissen der Proben 1, 2 und 3, die Zugfestigkeit und der Young'sche Modul waren mit zunehmendem Glutardialdehyd-Gehalt erhöht. Die Vernetzungsreaktion ist abhängig von pH, Temperatur und Ionenstärke. Weil viele Vernetzungsreagenzien toxisch sind, sollten geeignete nicht-toxische Inhaltsstoffe verwendet werden, wenn beabsichtigt ist, dass die endgültige Zusammensetzung essbar ist. Wie oben diskutiert, kann Aluminiumkaliumsulfat-Hydrat als ein Vernetzungsreagens verwendet werden.

[0081] Die vorliegende Erfindung kann in anderen speziellen Formen ausgeführt sein, ohne dass von ihren wesentlichen Merkmalen abgewichen wird. Die beschriebenen Ausführungsformen sind in jeder Hinsicht nur als veranschaulichend und nicht als einschränkend anzusehen. Der Rahmen der Erfindung ist daher eher durch die angefügten Ansprüche als durch die vorangegangene Beschreibung aufgezeigt.

Patentansprüche

1. Bioabbaubare Protein/Stärke-basierte thermoplastische Zusammensetzung, umfassend:
etwa 10 bis 50 Gew.-% Protein,
etwa 20 bis 50 Gew.-% Stärke,
etwa 5 bis 25 Gew.-% natürliche Cellulosefaser,
etwa 8 bis 20 Gew.-% Wasser und

etwa 0,5 bis 5 Gew.-% Metallsalzhydrat,
wobei die Zusammensetzung eine Dichte von etwa 0,1 bis 0,8 g/Kubikzentimeter hat.

2. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das Protein von einer Pflanze stammendes Protein oder Sojabohnen-Protein ist.

3. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 2, wobei das Sojabohnen-Protein in Soja-Protein-Konzentrat, Soja-Protein-Isolat oder eine Kombination davon ist.

4. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das Protein Gluten, Zein, Hordein, Avenin, Kafirin oder eine Kombination davon ist.

5. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das Protein ein von einem Tier stammendes Protein ist.

6. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 5, wobei das Protein ausgewählt ist aus Casein, Albumin, Collagen, Gelatine, Keratin und einer Kombination davon.

7. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die Stärke eine native, unmodifizierte Stärke, eine chemisch modifizierte Stärke, eine vorverkleisterte Stärke oder eine Kombination davon ist.

8. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die Stärke eine native Stärke ist, ausgewählt aus Getreide- bzw. Maisstärke, Hochamylose-Maisstärke, Kartoffelstärke, Süßkartoffelstärke, Weizenstärke, Reisstärke, Tapiokastärke, Sorghum-Stärke und einer Kombination davon.

9. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die Stärke eine chemisch modifizierte Stärke ist, ausgewählt aus Hydroxyethylstärke, Hydroxypropylstärke, Carboxymethylstärke, Acetylierter Hochamylose-Stärke, Stärkeacetat, Stärkemaleat, Stärkeoctenylsuccinat, Stärkesuccinat, Stärkephthalat, Hydroxypropylat-Hochamylose-Stärke, vernetzter Stärke, Stärkephosphaten, Hydroxypropyldistärkephosphat, Kationischer Stärke, Stärkepropionamid und einer Kombination davon.

10. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die natürliche Cellulosefaser eine natürliche Pflanzenfaser ist.

11. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die natürliche Cellulosefaser ausgewählt ist aus Grasfasern, Holzfasern, gehäckseltem Stroh, Bagasse, Baumwollfasern, gehäckselten Blättern, gehäckselten Maishülsen, Hanffasern und Mischungen davon.

12. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das Metallsalzhydrat ein Calcium-, Natrium-, Kalium-, Zink-, Eisen-, Aluminium- oder Phosphorsalz oder eine Mischung davon ist.

13. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das Metallsalzhydrat ein Chlorid-, Carbonat-, Sulfat-, Nitrat-, Lactat-, Oxalat- oder Acetatsalz oder eine Mischung davon ist.

14. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das Metallsalzhydrat $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlNH}_4(\text{SO}_2)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Ca} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ oder eine Mischung davon ist.

15. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend einen Weichmacher, ausgewählt aus Glycerin, Ethylenglycol, 1,3-Propandiol, Propylenglycol, 1,3-Trimethylenglycol, Sorbit, Sorbitan, Mannit, Diglycerin, 1,2,3-Hexantriol, Butandiol, Butantriol, Harnstoff, Glycerinmonoacetat, Glycerindiacetat und einer Mischung davon.

16. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend ein endothermes oder exothermes Treibmittel.

17. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend ein physikalisches Treibmittel.

18. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend ein Schmier- bzw. Gleitmittel, ausgewählt aus Rizinusöl, Getreide- bzw. Maisöl, Sojabohnenöl, Lecithin, Fettsäuren, Monoglyceriden, Diglyceriden, Estern von Fettsäuren und Polyolen und einer Kombination davon.

19. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend ein keimbildendes Mittel, ausgewählt aus Natriumhydrogencarbonat, Citronensäure, Natriumcitrat, Talk, Siliciumdioxid, Calciumcarbonat oder einer Kombination davon.

20. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend ein Färbemittel oder ein Konservierungsmittel.

21. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend etwa 5 bis 20 Gew.-% Modifizierungsmittel, um die mechanischen und Verarbeitungseigenschaften der thermoplastischen Protein/Stärke-Zusammensetzung zu verbessern.

22. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 21, wobei das Modifizierungsmittel Polyvinylalkohol, Polymilchsäure, Polycaprolacton, Polyesteramid oder ein natürliches Biopolymer ist.

23. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 22, wobei das natürliche Biopolymer Natriumalginat, Lignose oder Kohlenhydratgummi.

24. Bioabbaubarer in geringem Verhältnis expandierter Schaum, hergestellt aus Protein/Stärke-basierter thermoplastischer Zusammensetzung mit natürlicher Cellulosefaser, umfassend:

etwa 10 bis 46 Gew.-% Protein,

etwa 20 bis 46 Gew.-% Stärke,

etwa 5 bis 25 Gew.-% natürliche Cellulosefaser,

etwa 8 bis 20 Gew.-% Wasser,

etwa 5 bis 25 Gew.-% Weichmacher,

etwa 0 bis 4 Gew.-% Treibmittel,

etwa 0,5 bis 2 Gew.-% keimbildendes Mittel,

etwa 0,5 bis 2 Gew.-% Schmier- bzw. Gleitmittel,

etwa 0,5 bis 5 Gew.-% Metallsalzhydrat und

etwa 10 bis 25 Gew.-% Modifizierungsmittel, um die mechanischen und Verarbeitungseigenschaften der Protein/Stärkebasierten thermoplastischen Zusammensetzung zu verbessern, wobei die Zusammensetzung eine Dichte von etwa 0,1 bis 0,8 g/Kubikzentimeter hat.

25. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Protein von einer Pflanze stammendes Protein oder Sojabohnen-Protein ist.

26. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 25, wobei das Sojabohnen-Protein Soja-Protein-Konzentrat, Soja-Protein-Isolat oder eine Kombination davon ist.

27. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 25, wobei das Protein Gluten, Zein, Hordein, Avenin, Kafirin oder eine Kombination davon ist.

28. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Protein ein von einem Tier stammendes Protein ist.

29. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 28, wobei das Protein ausgewählt ist aus Casein, Albumin, Collagen, Gelatine, Keratin und einer Kombination davon.

30. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei die Stärke eine native, unmodifizierte Stärke, eine chemisch modifizierte Stärke, eine vorverkleisterte Stärke oder eine Kombination davon ist.

31. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei die Stärke eine native Stärke ist, ausgewählt aus Getreide- bzw. Maisstärke, Hochamylose-Maisstärke, Kartoffelstärke, Süßkartoffelstärke, Weizenstärke, Reisstärke, Tapiokastärke, Sorghum-Stärke und einer Kombination davon.

32. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei die Stärke eine che-

misch modifizierte Stärke ist, ausgewählt aus Hydroxyethylstärke, Hydroxypropylstärke, Carboxymethylstärke, Acetylierter Hochamylose-Stärke, Stärkeacetat, Stärkemaleat, Stärkeoctenylsuccinat, Stärkesuccinat, Stärkephthalat, Hydroxypropylat-Hochamylose-Stärke, vernetzter Stärke, Stärkephosphaten, Hydroxypropyldistärkephosphat, Kationischer Stärke, Stärkepropionamid und einer Kombination davon.

33. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei der Weichmacher ausgewählt ist aus Glycerin, Ethylenglycol, 1,3-Propandiol, Propylenglycol, Sorbit, Sorbitan, Mannit, Diglycerin, Butandiol, Harnstoff, Glycerinmonoacetat, Glycerindiacetat und einer Mischung davon.

34. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei die natürliche Cellulosefaser eine natürliche Pflanzenfaser ist.

35. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 26, wobei die natürliche Cellulosefaser ausgewählt ist aus Grasfasern, Holzfasern, gehäckseltem Stroh, Bagasse, Baumwollfasern, gehäckselten Blättern, gehäckselten Maishülsen, Hanffasern und Mischungen davon.

36. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Treibmittel Wasser ist.

37. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Treibmittel ein endothermes chemisches Treibmittel oder ein exothermes chemisches Treibmittel ist.

38. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Treibmittel ein physikalisches Treibmittel ist, ausgewählt aus Ethanol, 2-Propanol, Aceton, Butanen, Pentanen, Hexanen, Chlorfluorkohlenstoffen oder einer Kombination davon.

39. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Treibmittel ein komprimiertes Gas als physikalisches Treibmittel ist.

40. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das komprimierte Gas Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid ist.

41. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Schmier- bzw. Gleitmittel ausgewählt ist aus Rizinusöl, Getreide- bzw. Maisöl, Sojabohnenöl, Lecithin, Fettsäuren, Monoglyceriden, Diglyceriden, Estern von Fettsäuren und Polyolen und einer Kombination davon.

42. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das keimbildende Mittel ausgewählt ist aus Natriumhydrogencarbonat, Citronensäure, Natriumcitrat, Talk, Siliciumdioxid, Calciumcarbonat oder einer Kombination davon.

43. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, weiterhin umfassend ein Färbemittel oder ein Konservierungsmittel.

44. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei die Zusammensetzung eine Zugfestigkeit von 0,3 bis 12 Megapascal hat, gemessen gemäß ASTM D3574.

45. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei die Zusammensetzung eine Rückprallelastizität größer als 80% hat, gemessen gemäß ASTM D3574.

46. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Metallsalzhydrat ein Calcium-, Natrium-, Kalium-, Zink-, Eisen-, Aluminium- oder Phosphorsalz oder eine Mischung davon ist.

47. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Metallsalzhydrat ein Chlorid-, Carbonat-, Sulfat-, Nitrat-, Lactat-, Oxalat- oder Acetatsalz oder eine Mischung davon ist.

48. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei das Metallsalzhydrat $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlNH}_4(\text{SO}_2)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Ca} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ oder eine Mischung davon ist.

49. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, wobei die Zusammensetzung

zung durch Extrusion mit einer Schaumdüse bzw. einem Schaumextrusionswerkzeug gebildet wird.

50. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 24, weiterhin umfasst etwa 5 bis 20 Gew.-% Modifizierungsmittel.

51. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 50, wobei das Modifizierungsmittel Polyvinylalkohol, Polymilchsäure, Polycaprolacton, Polyesteramid oder ein natürliches Biopolymer ist.

52. Thermoplastische Protein/Stärke-Zusammensetzung gemäß Anspruch 51, wobei das natürliche Biopolymer Natriumalginat, Lignose oder Kohlenhydratgummi ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen