

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 60259/2020 (51) Int. Cl.: **C08J 9/00** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 22.08.2020 **C08J 9/224** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2024 **C12P 1/04** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 512358 B1
WO 02055722 A1
DE 4424403 A1

(73) Patentinhaber:
Nypelö Tiina Elina Dr.
8010 Graz (AT)

(54) Herstellung von pflanzenbasierten Schäumen

(57) Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit der Herstellung von Schäumen aus pflanzenbasierten Fasern, die im Zuge eines Zellstoffherstellungsprozess gewonnen werden. Das Herstellungsverfahren umfasst das Anrühren einer teigartigen Masse, bestehend aus Wasser, Zellstofffasern, Hefe, sowie einem oder mehreren Mono- und/ oder Disacchariden. Besonders geeignet sind Glucose, Xylose, Saccharose und Fructose. Die in der Masse enthaltene Hefe fermentiert die darin enthaltenen Saccharide unter aeroben Bedingungen zu Kohlendioxid. Das entstehende Kohlendioxid führt zu einer Volumensexpansion der Masse. Nach Trocknung der Masse wird ein poröses Material, bestehend aus einem Zellstofffasernetzwerk, mit geringer bis mittlerer Dichte erhalten, das in Sportgeräten und Automobilkomponenten verwendet werden kann.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit der Herstellung von Schäumen aus pflanzenbasierten Fasern, die im Zuge eines Zellstoffherstellungsprozess gewonnen werden. Das Herstellungsverfahren umfasst das Anrühren einer teigartigen Masse, bestehend aus Wasser, Zellstofffasern, Hefe, sowie einem oder mehreren Mono- und/oder Disacchariden. Besonders geeignet sind Glucose, Xylose, Saccharose und Fructose. Die in der Masse enthaltene Hefe fermentiert die darin enthaltenen Saccharide unter aeroben Bedingungen zu Kohlendioxid. Das entstehende Kohlendioxid führt zu einer Volumensexpansion der Masse. Nach Trocknung der Masse wird ein poröses Material mit geringer bis mittlerer Dichte erhalten, das in Sportgeräten und Automobilkomponenten verwendet werden kann.

WISSENSSTAND

[0002] Schaumplatten auf Holzbasis wie Kork, Balsa und Paulownia sind seit langer Zeit im Einsatz.[1] Allerdings weisen diese Holzsorten eine beschränkte Verfügbarkeit auf, und haben weiters Nachteile hinsichtlich des Produktdesigns, da die Hauptverarbeitungsmethode sich durch Schneiden kennzeichnet. Andere Schaumplattenmaterialien bestehen aus Myzel-Kompositen. Diese haben den Nachteil, dass die Herstellung durch die Kultivierung der Pilze langwierig ist und ebenfalls Einschränkungen hinsichtlich der Formgebung mit sich bringt. [2, 3]. Ein weiteres, kommerziell verfügbares Material für biobasierte Schäume sind Stärke-Komposite. Sie können in beliebige Formen gebracht werden, haben allerdings den Nachteil der Empfindlichkeit gegenüber Wasser, das zu Quellung oder sogar Auflösung der Komposite führt [4], wodurch sie zusätzlich verstärkt werden müssen.[5]. Beispielsweise beschreibt DE202019102342U1 die Herstellung von Stärkeschäumen die zwischen 50-90 Gew.% Stärke und bis zu 25 Gew.% Fasermaterial zur Verstärkung sowie anorganische Stoffe wie CaCO_3 enthalten.

[0003] Papierbasierte Schäume und Schaumplatten aus Zellstofffasern sind ebenfalls bekannt. Diese Fasern haben eine Länge von 1.0-3.3 Millimetern und einen Durchmesser von 20-33 Mikrometern. [6] Allgemein werden Zellstofffasern aus Holz mittels verschiedener Zellstoffherstellungsverfahren (Sulfitprozess, Sulfatprozess, Organosolvprozess, Dampfexplosionsaufschluss) gewonnen, wobei die erhaltenen Fasern hauptsächlich aus Zellulose bestehen.[6] Es ist bekannt, dass Zellstofffasern mit Tensiden [7-12] oder auch thermoplastischen Materialien zu Schäumen verarbeitet werden können. [13-15] Allerdings haben diese Schäumverfahren mittels Tensiden den Nachteil, dass typischerweise die Dicke solcher Schäume limitiert ist. [8]. Neben Zellstofffasern können auch gemahlene Pflanzenreste mithilfe von fermentativen Methoden geschäumt werden. Unter Zuhilfenahme von Hefe und anderen Zusatzstoffen können hierbei pflanzenbasierte Schäume auf Holz- und Strohbasis hergestellt werden. Die bekannten Methoden haben einen Brotbackprozess als Grundlage, bei dem ein oder mehrere Getreidemehle aus Weizen, Gerste, Roggen und Mais mithilfe von Hefen zu porösen Materialien gebacken werden. Als Zusatzstoffe sind beispielsweise verkleisternde Stärke und Proteine (AT 512358 B1) sowie Stärke und Backpulver (WO 02/055722 A1) bekannt, die in die Teigmasse zugegeben werden. Mono- oder Disaccharide werden in AT 512358 B1 und WO 02/055722 A1 nicht zugesetzt. Es muss hier angemerkt werden, dass genetisch nicht modifizierte Hefen wie beispielsweise die Bäckerhefe nur kurzkettige Saccharide fermentieren können. Damit konventionelle Hefen Stärkemehle verstoffwechseln können, muss die in Getreidemehlen enthaltene Stärke in Monosaccharide überführt werden, was beispielsweise durch Zusatz von geeigneten Enzymen oder durch Quellen der stärkehaltigen Mehle über einen längeren Zeitraum in Wasser erreicht werden kann. Beispielsweise beschreiben DE202019102342U1 und DE202019102345U1 die Herstellung von Stärkeschäumen mit Faserverstärkung. Durch Quellen verschiedener Stärken wie Kartoffelstärken, Maisstärke, und Holzstärke können diese in Anwesenheit von Hefen geschäumt werden und zu Formkörpern wie Bechern verarbeitet werden. In DE10332140A1 werden ebenfalls stärkebasierte Schäume beschrieben, die Hefe als Schaummittel verwenden, und die weiters anstelle von Fasermaterial auch Lignine als Komponenten einsetzen, um hohe Festigkeit und verbesserte Resistenz gegenüber Wasser zu erzielen. In DE10120556A1 werden ebenfalls stärkebasierte

Schäume mit einem Mindestgehalt an 70 Gew.% an Stärke beschrieben, die mithilfe von Hefen in poröse Materialien umgewandelt werden und weiters verschieden stark gemahlene Fasermaterialien wie beispielsweise Zellstofffasern zur Verstärkung enthalten.

[0004] Weiters werden sowohl in AT 512358 B1 und WO 02/055722 A1 weitere Triebmittel in Kombination mit fermentativen Verfahren verwendet, um die Porigkeit zu steuern. Dies umfasst das mechanische Einbringen von Luft in die Teigmasse sowie chemische Triebmittel wie beispielsweise Backpulver. AT 512358 B1 beschreibt weiters, dass Getreidemehle mit hohem Glutengehalt zu einer besseren Porigkeit in den Schäumen führen.

[0005] Ein wichtiger Aspekt von AT 512358 B1 und WO 02/055722 ist die Korngröße der verwendeten pflanzlichen Ausgangsstoffe. AT 512358 B1 verwendet Holz- und Strohmehle, die jeweils eine Korngröße von 0.02-1.0 mm aufweisen, die durch Mahlung hergestellt werden. WO 02/055722 A1 beschreibt ebenfalls die Verwendung von gemahlenem Stroh und Holz mit einer Korngröße kleiner als 0.5 mm. Eine Abtrennung von anderen Stoffen aus der Holz bzw. Strohmatrix ist nicht beschrieben, d.h. die enthaltenen Schäume enthalten im Wesentlichen alle Bestandteile des biologischen Ausgangsmaterials (i.e. Holz, Stroh). Dies ist ein wesentlicher Nachteil dieser Methoden, da hierbei Stoffe im Teig enthalten sind, die den fermentativen Prozess teilweise inhibieren, und verzögern. Einen anderen Zugang um gemahlene Pflanzenreste zu fermentieren beschreibt DE 4424403 A1. Dort werden Pflanzenreste wie Zweige, Blätter, und Äste fein gemahlen und in einem Tank unter Luftausschluss einer anaeroben Fermentation in einem Zeitraum von 14 Tagen bis 3 Monaten unterzogen. Dabei werden die Zellwandbestandteile nicht in CO₂ umgewandelt sondern es entstehen verwertbare chemische Verbindungen wie organische Säuren (z.B. Ameisensäure, Essigsäure, Zitronensäure). Es wird in diesem Verfahren speziell auf die Milchsäuregärung verwiesen, wobei auch Mischbiozönosen erwähnt sind. Bäckerhefen kommen in diesem Verfahren nicht zum Einsatz. Die nach der anaeroben Fermentation erhaltene Masse kann nach der Fermentation unter Druck- und Temperaturerhöhung zu einem thermoplastischen Material umgewandelt werden und einem Spritzgussverfahren zugeführt werden. Als Anwendungsbeispiele für solcherart hergestellte Materialien sind Dämmstoffe, Bremsbeläge und Autoinnenverkleidungen angeführt. Ob dabei schaumartige Verbindungen entstehen, ist nicht weiter ausgeführt.

[0006] Schäume, die nur aus einem Zellstoffasermaterial mithilfe von Hefen und Mono- / Disacchariden geschäumt worden sind, sind weder in der wissenschaftlichen noch in der Patentliteratur bekannt.

[0007] Die vorliegende Erfindung unterscheidet sich wesentlich von den vorher genannten Prozessen, da außer den Zellstofffasern kein anderer polymerer Bestandteil wie Stärke, Lignin oder (Bio)Kunststoffe verwendet wird. In der vorliegenden Erfindung werden Zellstofffasern als einziges pflanzliches faserartiges Ausgangsmaterial verwendet. Dieses wird mit Wasser vermengt und Mono- und/oder Disacchariden aufbauend auf Glucose, Xylose, Saccharose und Fructose werden der Fasersuspension zugesetzt. Je nach Fasertypus, können auch weitere Additive zur Viskositätseinstellung wie beispielsweise Methylcellulose der Fasersuspension hinzugefügt werden. Nach Zugabe von Bäckerhefe (*Saccharomyces Cerevisiae*) wird aus der Fasersuspension eine teigartige Masse, die mittels aerober Fermentation aufgeschäumt wird. Nach einem Trocknungsschritt und etwaiger Formgebung wird ein Leichtmaterial erhalten das eine Dichte zwischen 20 und 200 kg/m³ aufweist. Andere Additive wie verkleisternde Stärke, glutenhaltige Mehle oder auch Backpulver wie in AT 512358 B1 und WO 02/055722 A1 beschrieben, werden in diesem Herstellungsprozess nicht benötigt, da es sich bei der vorliegenden Erfindung, um keinen brotanalogen Backprozess handelt, der auf Stärke basiert.[5]. Die vorliegende Erfindung ist daher nicht naheliegend, da in der vorliegenden Erfindung Stärke kein Teil des Fermentationsprozesses ist. Die Herstellung der rein zellstofffaserbasierten Schäume mittels Bäckerhefefermentation ist daher ein wesentliches neues und überraschendes Element in der Herstellung von biobasierten Schäumen. Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass durch die Wahl der Materialien, die Bäckerhefe möglichst effizient fermentieren kann. Dies ist durch die Einbringung von Mono- und/oder Disacchariden bedingt, da diese das ideale Substrat für Bäckerhefen im Zuge der Fermentation darstellen und vollständig zu gasförmigem Kohlendioxid und Wasser umgesetzt wer-

den. Dadurch verbleiben im Endprodukt keinerlei zuckerhaltige Produkte, die problematisch hinsichtlich bakteriellen Befalls darstellen können, wie dies bei stärkehaltigen Fermentationen der Fall sein kann. Weiters werden in der vorliegenden Erfindung ausschließlich Zellstofffasern aus kommerziell verfügbaren Zellstoffherstellungsverfahren (Sulfitprozess, Sulfatprozess, Organosolvverfahren; Sodaprozess) verwendet, die keinerlei inhibitorisch wirkende Stoffe für Hefen beinhalten. Durch diese ideale Wahl aus Fasermaterial und Zuckerquelle für die Hefe ergibt sich auch der Vorteil, dass nur niedrige Temperaturen (20-50°C) nötig sind, um den Fermentationsprozess durchzuführen, und um eine schaumartige Masse herzustellen, die dann durch einen Formgebungs- und Trocknungsschritt in feste Schäume mit geringer bis mittlerer Dichte umgewandelt werden. Die Verwendung von Zellstofffasern anstelle von Holz- und Strohmehlen wie in AT 512358 B1 und WO 02/055722 beschrieben hat weiters den Vorteil, dass die Zellstofffasern chemisch und morphologisch eine annähernd gleiche Qualität aufweisen. Holz- und Strohmehle unterliegen im Gegensatz dazu einer größeren Variation bezüglich deren chemischer Zusammensetzung, wodurch die Effizienz der Fermentation negativ beeinträchtigt wird. So ist beispielsweise bekannt, dass vor allem Nadelhölzer im Winter einen höheren Anteil an Harzen produzieren, die potentiell inhibitorisch auf Hefen wirken können, was sich negativ auf die Reproduzierbarkeit der erhaltenen Schäume sowie die Stabilität und Qualität des Produktionsprozesses wie in AT 512358 B1 und WO 02/055722 beschrieben auswirken kann. Hilfsmittel wie beispielsweise Backpulver wie in WO 02/055722 angeführt werden in der vorliegenden Erfindung daher nicht benötigt.

[0008] Durch die Verwendung von wohldefinierten Zellstofffasern und idealen Substraten für die Hefe (Mono- und Disaccharide) ist auch die Führung des Schäumungsprozesses einfacher zu gestalten und erlaubt die Herstellung von rein zellstoffbasierten Schäumen mit variabler Porosität. Die wesentlichen Prozessparameter, um die Porengröße in den zellstofffaserbasierten Schäumen zu steuern ist einerseits die Temperatur sowie die Dauer der Fermentation.

GEGENSTAND DER ERFINDUNG

[0009] Ein Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von nachhaltigen Schäumen aus nachwachsenden Rohstoffen nur auf Basis von Zellstofffasern, das strukturelle Schäume mit geringer bis mittlerer Dichte liefert.

[0010] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist es, bereits in Verwendung befindliche nachhaltige Schaumplatten auf beispielsweise Holzbasis (z.B. Balsa, Paulownia) und/oder Stärkebasis zu ersetzen.

[0011] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist es, Schaumstoffe mit einem sehr guten ökologischen Fussabdruck herzustellen. Synthetische Schäume werden großteils aus fossilen Quellen hergestellt, sind nicht erneuerbar, tragen maßgeblich zur Mikroplastikverschmutzung bei, und können weiters cancerogene Stoffe enthalten. Die in der vorliegenden Erfindung verwendeten Stoffe weisen keine dieser Nachteile auf.

[0012] Es ist auch Gegenstand der Erfindung, Schäume herzustellen und diese in Sportgeräten sowie in Automobilanwendungen einzusetzen, in denen zur Zeit Polyurethane (PUR), Polyethylenterephthalate (PET), Polyvinylchloride (PVC), Polystyrol (PS) and Polypropylen (PP) verwendet werden, die eine Dichte zwischen 60-150 kg/m³ aufweisen. [20-22]

LÖSUNG DES TECHNISCHEN PROBLEMS

[0013] Das Verfahren zur Herstellung von nachhaltigen Schäumen auf Basis von Zellstofffasern umfasst die Herstellung einer wässrigen Zellstofffaser suspension, die durch weitere Zugabe von Mono- und/oder Disacchariden sowie Hefe und optionalen Viskositätseinstellern in eine teigartige Masse umgewandelt wird. Die in der Masse vorhandene Hefe fermentiert unter aeroben Bedingungen die zugegebenen Mono- und/oder Disaccharide und produziert dabei gasförmiges Kohlendioxid und Wasser. Die Temperatur der Fermentation beträgt dabei zwischen 20-50°C und dauert maximal 24 Stunden. Die Bildung von CO₂ in der teigartigen Masse während der Fermentation führt zu einer Volumensexpansion (2. In Fig. 1 a), hervorgerufen durch Einschluss von gasförmigen Kohlendioxidbläschen in der teigartigen Masse (Fig. 1b). Die teigartige Masse wird ei-

nem Trocknungsschritt (40-200 °C) unterzogen und ein poröses Material mit einer Dichte zwischen 20 und 200 kg/m³ wird erhalten. Die Porengröße kann über die Fermentationstemperatur eingestellt werden, wobei höhere Temperaturen zu größeren Poren führen. Temperaturgradienten in der teigartigen Masse, erzeugt durch anisotrope Temperierung der teigartigen Masse während der Fermentation, führen zur Ausbildung von Porengradienten innerhalb der teigartigen Masse, wobei eine höhere Temperatur zur Ausbildung von größeren Poren führt. Der Trocknungsschritt kann entweder bei einer konstanten Temperatur durchgeführt werden, oder über das Anlegen einer Temperaturrampe oder durch lokales Aufheizen mittels einer Heizquelle, wodurch sich eine lokal andere Mikrostruktur des Schaums ergibt. Optional können die Schäume auch Nachbehandlungen unterzogen werden. Diese umfassen mechanische Verfahren wie Verdichtung (z.B. Pressen), Formgebung mittels z.B. Schneiden, sowie Entgasen, weiters die Einbringung von Additiven in die Schaummatrix zur Eigenschaftsverbesserung beispielsweise die Imprägnierung mit Harzen, Flammschutzmitteln sowie Maßnahmen zur Erhöhung der Langzeitstabilität gegenüber mikrobiellem Befall wie Sterilisation, und Zusatz von Bioziden: Weitere Additive umfassen chemische Behandlung zur Oberflächenmodifikation und Quervernetzung zur Einstellung der mechanischen Eigenschaften. Das in dieser Erfindung beschriebene Verfahren ist prozesstechnisch einfach umzusetzen, ökonomisch sinnvoll und erlaubt die reproduzierbare Herstellung von nachhaltigen Schäumen, die aus Zellstofffasern mittels Fermentation gewonnen werden können.

[0014] Ausführungsbeispiel 1: Zu 20 g einer wässrigen 4 Gew%igen Zellstoffsuspension aus gebleichtem Sulfatzellstoff werden 0.16 g Glucose oder 0.16g Xylose, 3.3 g einer 1%igen wässrigen Methylcellulose Lösung und 2 g Bäckerhefe zugegeben. Die Fermentation wurde bei 30 °C für 24h durchgeführt und führt zu einer Volumenzunahme von 22% (bei Verwendung von Xylose) bzw. 78 % (bei Verwendung von Glucose).

AUSWIRKUNGEN

[0015] Die Herstellung von Schäumen mittels fermentativer Verfahren ermöglicht eine nachhaltige Produktion von rein zellstoffbasierten Schaumprodukten. Das während der Fermentation biogen von Hefe erzeugte Kohlendioxid verbleibt in der teigartigen Masse, die danach mittels Trocknen zu einem festen Schaum verarbeitet wird. Dieses Verfahren weist eine Reihe von Vorteilen gegenüber den existierenden Technologien auf. In traditionellen Schäumverfahren von synthetischen Polymeren wird Kohlendioxid entweder direkt eingebracht oder im Zuge von chemischen Reaktionen erzeugt.[16]. Allerdings stellen beispielsweise CO₂-Addukte wie Isocyanate komplexe System dar, bei deren Zersetzung eine Vielzahl an Seitenreaktionen ablaufen kann, was die Prozesskontrolle erschwert.[17]

[0016] Das hier vorliegende Verfahren zur Schaumherstellung aus Zellstofffasern ermöglicht es strukturelle Schaumprodukte aus Zellstofffasern herzustellen, ohne weitere Zugabe von Stärke, Lignin oder Biokunststoffen. Die Zellstofffasern haben den Vorteil, dass sie aus nachwachsenden Rohstoffen (Holz) gewonnen werden können (im Gegensatz zum Großteil der PUR/PET/PVC/PP/PS-Polymeren), sie sind unlöslich in Wasser (im Gegensatz zu Stärke) und weiters werden sie nicht für die Herstellung von Nahrungsmitteln benötigt (im Gegensatz zu Stärke). Cellulose, der Hauptbestandteil von Zellstofffasern, ist ein semikristallines Polymer und weist keinen Schmelzpunkt auf. Daher kommt es zu keiner maßgeblichen Veränderung der mechanischen Eigenschaften der Zellstofffasern bis zum Zersetzungspunkt bei ca 240°C. Im Gegensatz dazu weisen die synthetischen Polymere (PUR/PET/PVC/PP/PS) hier Defizite auf, da deren Eigenschaften je nach Polymer sich über Temperaturen von 80-130 °C verschlechtern. Weiters werden Zellstofffasern in der Umwelt komplett abgebaut. Im Gegensatz dazu tragen synthetische Polymere zur Mikroplastikverschmutzung bei und verbleiben sehr lange in der Biosphäre. Die Hauptanwendungen der hier vorgestellten Schäume betreffen Sportgeräte, beispielsweise Ski, Snowboards und Wakeboards sowie Anwendungen im Automobilbereich (schockabsorbierende Materialien für Stoßstangen, Innenauskleidungen, Sicherheitssitze) sowie in diversen Helmen (Fahrrad, Motorrad, Skihelme) und umfassen ebenso Isolationen in Gebäuden.

[0017] Die Bestandteile der Schäume aus der vorliegenden Erfindung sind gut verfügbare, nachwachsende Rohstoffe, die im großindustriellen Maßstab in Europa und weltweit gut verfügbar

sind. Die Hauptkomponenten der Erfindung sind potentiell kostengünstiger als beispielsweise Polyurethane (vgl. 790 Euro pro Tonne Zellstofffasern [30], and 1300 Euro pro Tonne Hefe [31], vs. 2200 Euro pro Tonne Polyurethan [32]).

LITERATURVERWEISE

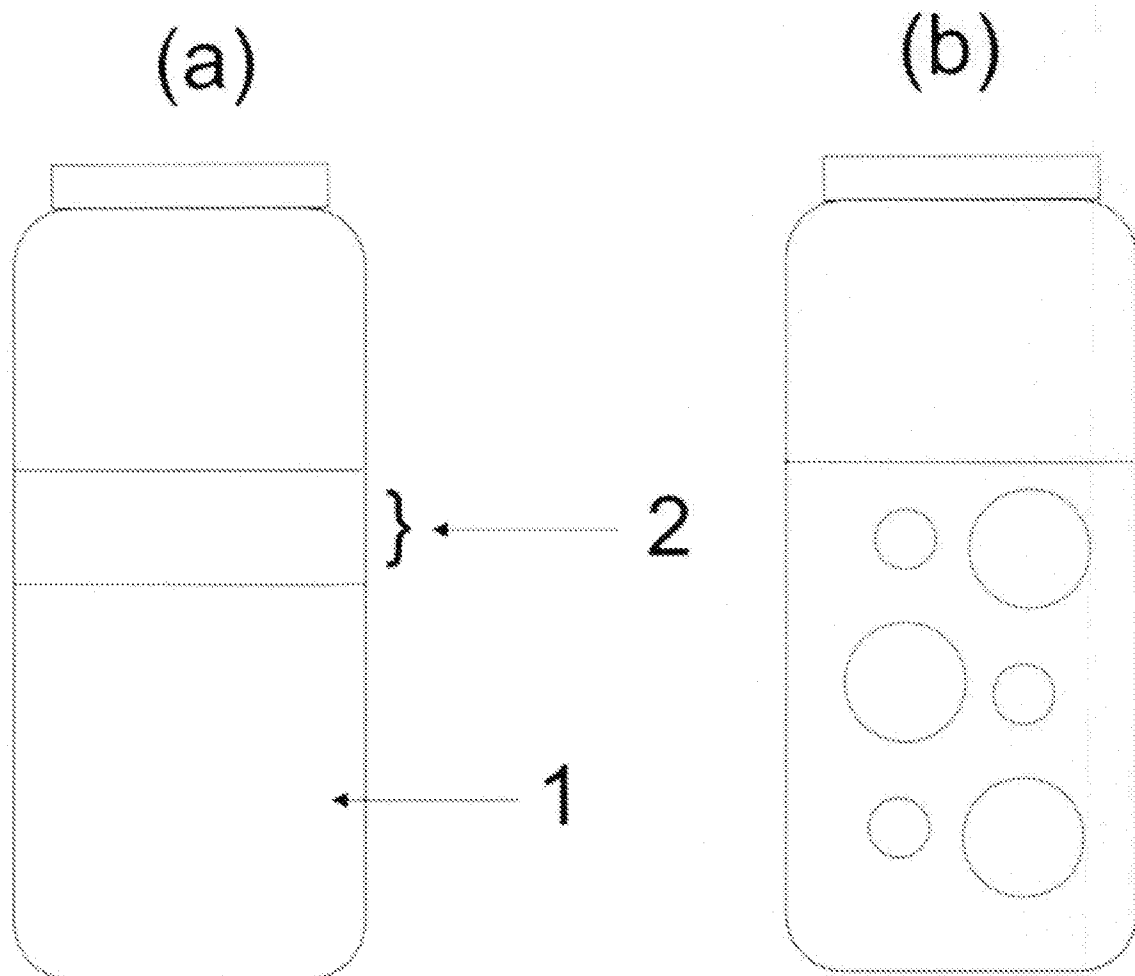
1. Oliveira, V., M.E. Rosa, and H. Pereira, Variability of the compression properties of cork. *Wood Sei. Technol.*, 2014. 48(5): p. 937-948.
2. Jones, M., et al., Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Mater. Des.*, 2019: p. 108397.
3. Travaglini, S., et al. Mycology matrix composites. in *ASC 2013*. 2013.
4. Soykeabkaew, N., C. Thanomsilp, and O. Suwanton, A review: Starch-based composite foams. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2015. 78: p. 246-263.
5. Shogren, R., J. Lawton, and K. Tiefenbacher, Baked starch foams: starch modifications and additives improve process parameters, structure and properties. *Ind. Crops Prod.*, 2002. 16(1): p. 69-79.
6. Sixta, H., *Handbook of pulp*. 2006: Wiley-vch.
7. Lappalainen, T., et al., Foam forming revisited. Part II. Effect of surfactant on the properties of foam-formed paper products. *Nordic Pulp Paper Res.J.*, 2014. 29(4): p. 689-699.
8. Madani, A., et al., Ultra-lightweight paper foams: processing and properties. *Cellulose*, 2014. 21(3): p. 2023-2031.
9. Antonini, C., et al., Ultra-Porons Nanocellulose Foams: A Facile and Scalable Fabrication Approach. *Nanomaterials (Basel)*, 2019. 9(8): p. 1142.
10. Ottenhall, A., T. Seppänen, and M. Ek, Water-stable cellulose fiber foam with antimicrobial properties for bio based low-density materials. *Cellulose*, 2018. 25(4): p. 2599-2613.
11. PaperFoam. Available from: www.paperfoam.com.
12. Alimadadi, M., *Foam-Formed Fiber Networks: Manufacturing, Characterization, and Numerical Modeling: With a Note on the Orientation Behavior of Rod-Like Particles in Newtonian Fluids*. 2018, Mid Sweden University.
13. Kuboki, T., et al., Mechanical properties and foaming behavior of cellulose fiber reinforced high-density polyethylene composites. *Polym. Eng. Sci.*, 2009. 49(11): p. 2179-2188.
14. Kuboki, T., Mechanical properties and foaming behavior of injection molded cellulose fiber reinforced polypropylene composite foams. *J. Cell. Plast.*, 2014. 50(2): p. 129-143.
15. Xie, Y., et al., Manufacture and properties of ultra-low density fibreboard from wood fibre. *BioResources*, 2011. 6(4): p. 4055-4066.
16. Srithep, Y., et al., Nanofibrillated cellulose (NFC) reinforced polyvinyl alcohol (PVOH) nanocomposites: properties, solubility of carbon dioxide, and foaming. *Cellulose*, 2012.19(4): p. 1209-1223.
17. Long, Y., J. An, and X. Xie, CO₂-releasing blowing agents from modified polyethylenimines slightly consume isocyanate groups while foaming polyurethanes. *Arabian J. Chem.*, 2018.
18. Chi, W., et al., Sintering behavior of porous SiC ceramics. *Ceram. Int.*, 2004. 30(6): p. 869-874.
19. Menchavez, R.L. and L.-A.S. Intong, Red clay-based porous ceramic with pores created by yeast-based foaming technique. *J. Mater. Sci.*, 2010. 45(23): p. 6511-6520.
20. PET foams. Available from: <https://local.armacell.com/en/armiform-pet-foam-cores/products/armiform-core/>.

21. AIREX C70. Available from: www.3acorematerials.com/en/products/airex-foam/airex-c70-pvc-foam.
22. Poodts, E., R. Panciroli, and G. Minak, Design rules for composite sandwich wakeboards. Composites, Part B, 2013. 44(1): p. 628-638.
23. Woodcores. Available from: https://www.isosport.com/trfile/1/cd4997f7eda4b62481c39467115413d6/ISOWOOD-CORE_ISOCORE%20Folder.pdf.
24. Sehaqui, H., Q. Zhou, and L.A. Berglund, High-porosity aerogels of high specific surface area prepared from nanofibrillated cellulose (NFC). Composites Science and Technology, 2011. 71(13): p. 1593-1599.
25. Sehaqui, H., et al., Mechanical performance tailoring of tough ultra-high porosity foams prepared from cellulose I nanofiber suspensions. Soft Matter, 2010. 6(8): p. 1824-1832.
26. Martoia, F., et al., Cellulose nanofibril foams: Links between ice-templating conditions, microstructures and mechanical properties. Mater. Des., 2016.104: p. 376-391.
27. Cervin, N.T., et al., Lightweight and strong cellulose materials made from aqueous foams stabilized by nanofibrillated cellulose. Biomacromolecules, 2013.14(2): p. 503-511.
28. Svagan, A.J., M.A.S.A. Samir, and L.A. Berglund, Biomimetic Foams of High Mechanical Performance Based on Nanostructured Cell Walls Reinforced by Native Cellulose Nanofibrils. Advanced Materials, 2008. 20(7): p. 1263-1269.
29. Hillis, W.E., High temperature and chemical effects on wood stability. Wood Science and Technology, 1984.18(4): p. 281-293.
30. Wood pulp market price. Available from: www.indexmurtdi.com/.
31. Yeast market price. Available from: www.statista.com/statistics/485706/active-yeast-value-weight-in-the-united-kingdom-uk/.
32. Polyurethane and component market price. Available from: www.icis.com/.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Schaummaterials aus Zellstoffasern, **gekennzeichnet dadurch**, dass eine teigartige Masse, die aus einer wässrigen Zellstoffasersuspension, mindestens einem oder mehreren Mono- und Disacchariden, basierend auf Glucose, Xylose, Saccharose und Fructose, einem oder mehreren Hefestämmen sowie optional mindestens einem Viskositätseinsteller besteht, mittels aerober Fermentation und anschließender Formgebung und Trocknung in ein poröses Material verarbeitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, dass durch die Fermentation von Mono- und/oder Disacchariden mit Hefe Kohlendioxid in der teigartigen Masse, bestehend aus mindestens einem Zellstoffasermaterial in wässriger Suspension, mindestens einem Hefestamm, mindestens einem Mono- oder Disaccharid, basierend auf Glucose, Xylose, Saccharose und Fructose, und einem Viskositätseinsteller, bevorzugt Methylcellulose, erzeugt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **gekennzeichnet dadurch**, dass Zellstoffasern aus einem kommerziellem Zellstoffherstellungsverfahren wie dem Sulfit-, Sulfat-, Organosolvprozess und dem Dampfexplosionsaufschlussverfahren, vorzugsweise dem Sulfatprozess, zur Herstellung der wässrigen Zellstoffasersuspension mit einem Trockengehalt von 5 Gew.-%-40 Gew.-% verwendet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, dass die Fermentation unter aeroben Bedingungen in einem Temperaturbereich von 30-50°C über einen Zeitraum bis zu 24 Stunden durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, dass Bäckerhefe (*Saccharomyces Cerevisia*) in die teigartige Masse zugegeben wird, um durch Generierung von Kohlendioxid aus der Fermentation von Mono- und/oder Disacchariden eine Volumensexpansion von 40%, bevorzugt mehr als 80%, der teigartigen Masse hervorruft.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch**, dass der Viskositätseinsteller aus bevorzugt biologischem Ursprung bevorzugt aus der Gruppe der Methylcellulosen, Ethylcellulosen, Nanocellulosen, Stärken in Form einer wässrigen Lösung oder Suspension zugegeben wird, die eine Konzentration von 1 g pro Liter bis 50 g pro Liter, bevorzugt eine Konzentration von 1 g pro Liter bis 5 g pro Liter, aufweisen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet dadurch**, dass der Trockengehalt der teigartigen Masse zwischen 20-80 Gew.%, bevorzugt zwischen 40-50 Gew.% beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet dadurch**, dass die fermentierte teigartige Masse mittels Spritzguss in Form gebracht wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **gekennzeichnet dadurch**, dass ein poröses Material mit einer Dichte von 20 bis 200 kg/ m³ erhalten wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **gekennzeichnet dadurch**, dass Nachbehandlungsschritte zur Änderung der Schaumeigenschaften durchgeführt werden, die flammhemmende Wirkung, (z.B. durch Zusatz von SiO₂, TiO₂, Laponit, Montmorillonit, oder Phosphazenen) und/oder antimikrobielle Wirkung (z.B. durch Zusatz von quarternären Ammoniumverbindungen in molekularer oder polymerer Form, anorganischen Verbindungen wie Silber und Kupfer), und/oder Behandlungen, die die freie Oberflächenenergie verändern (z.B. durch Zusatz von Organosilanen, Phosphonsäuren), in die Schäume einbringen.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet dadurch**, dass die entstehenden Schaummaterialien mittels Schneiden in eine bestimmte Form gebracht werden.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



Anmelderin: Tiina Nypelö

Fig. 1