
Geschäumtes, elastisches, protein-basiertes Produkt

Beschreibung

Gattung

Die Erfindung betrifft ein geschäumtes, elastisches, protein-basiertes Produkt.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren mit Verfahrensvarianten zum Herstellen eines derartigen Produktes, mit definiert eingestelltem Porenfüllgrad.

Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung mit Vorrichtungsvarianten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Schließlich betrifft die Erfindung eine Verwendung des erfindungsgemäßen Produktes als in seinen sensorischen, nutritiven und gesundheitsunterstützenden Funktionalitäten maßgeschneidert individualisierbares Lebensmittelprodukt, insbesondere unter Zugrundelegung pflanzenproteinbasierter Fleischanaloge.

Stand der Technik

Geschäumte, offenporige (schwammartige) Produktsysteme sind im Lebensmittelbereich für Backwaren oder aus dem Bereich der Instantprodukte (Instant-Suppen, -Getränke, -Saucen) bekannt /1/. Für letztere sind das Benetzungs- und Eindringverhalten im Kontakt mit Fluiden sowie die schnelle und vollständige Dispergierbarkeit evtl. gekoppelt mit einem schnellen in Lösung bringen, maßgebliche Qualitäts- bzw. Convenience-Kriterien /2/. Für die erstgenannte Kategorie der Backwaren erfolgen Benetzung und Teildispergierung im Speichel oder zugeführter Flüssigkeit im Mundraum des Konsumenten.

Geschäumte Lebensmittelsysteme aus Trocken-Extrusionsverfahren sind insbesondere als stärkebasierte Snacks bekannt. Diese besitzen niedrige Wassergehalte (ca. $\leq 3-5\%$) um deren Knusprigkeit zu gewährleisten. Die Schaumbildung findet in den für derartige Produkte angewandten Extrusionsverfahren durch Wasserdampfexpansion infolge schlagartiger statischer Druckabsenkung am Extruderdüsenaustritt statt. Dieser Vorgang ist aufgrund seiner schnellen Kinetik nur in weiten Grenzen hinsichtlich der Einstellung einer Schaumstruktur kontrollierbar. In der Folge sind resultierende Produkte meist sehr grobporig und überwiegend auch offenporig /3/.

In wenigen neueren Entwicklungen wurden extrusionsbasierte Aufschäumprozesse mit kontrollierter Einstellung der resultierenden Schaumstruktur realisiert. Dabei erfolgte die Schaumerzeugung in den in aller Regel hochviskosen Massen durch Gaslösung und nachfolgender Schaumblasennukleation sowie Schaumblasenwachstum unter geregelter

ter Druckentspannung. Die in dieser Weise erfolgte Prozessentwicklung für Teige gilt als Nassextrusion, jedoch unter „Tieftemperaturbedingungen“ von ca. 40-60°C /4, 5/.

Jüngst gelang mittels einer weiterentwickelten Verfahrensvariante der "Hochfeuchten Nass-/Kochextrusion (High Moisture Extrusion Cooking, HMEC), welche bei hohen statischen Drucken bis 80 bar und Temperaturen bis 170°C erfolgt, die Aufschäumung von pflanzenprotein-basierten Fleischanalogen. Veröffentlichungen liegen dazu bislang nicht vor.

Auf derartige Schaumprodukte, welche offene und geschlossenen Schaumporen in unterschiedlichen Verhältnissen aufweisen können, wird im Folgenden Bezug genommen.

Bislang wurde die Problemstellung einer gezielten Befüllung von geschäumten, teilweise bis vollständig offenporigen Lebensmittelsystemen gemäß publiziertem Stand des Wissens nicht adressiert. Dies ist durch die Tatsache begründet, dass die wenigen bekannten offenporigen Lebensmittelprodukte wie z.B. Backwaren oder meringueartige Schaumzuckerwaren nicht mit wässrigen Fluiden benetzt werden können, ohne zu desintegrieren und ölbasierte Fluide weder gut benetzen noch ernährungstechnisch bzw. kulinarisch in diesem Kontext relevant sind. Die neuartigen geschäumten mittels HMECF-Technologie hergestellten pflanzenprotein-basierten Fleischanaloge stellen eine Besonderheit dar in Bezug auf den hohen gebundenen Wasseranteil von bis > 60%. Da infolge der starken molekularen bzw. intermolekularen Wasserbindung im denaturiert aufgefalteten Proteingerüst in den Schaumporen kein freies Wasser separiert, lassen sich die erzeugten Gasporenräume dazu nutzen weitere Flüssigkeiten in diese einzubringen. Dies

kann prinzipiell zumindest teilweise über ein langfristiges (Stunden bis Tage) Einlegen solcher geschäumter Produkte in Flüssigkeiten und erfolgenden Fluid-Gasaustausch durch Diffusion erfolgen. Dies entspräche einer Art von „Marinier-Verfahren“. Ein solches Vorgehen lässt allerdings kaum Spielraum für (i) eine industrielle Produktion mit (ii) vielfältiger Variation zur Produktpersonalisierung und insbesondere (iii) die Integration von sensorischen und nutritiven Produktfunktionalitäten.

Die Möglichkeit der beschleunigten Aufnahme zusätzlicher Fluidanteile und deren kapillare Fixierung in den bereits ausgeprägt wasserhaltigen HMEC-basiert hergestellten Fleischanalogen wird durch deren Aufschäumung und Einstellung der Offenporigkeit gegeben. Damit stellt sich die Aufgabe neue Möglichkeiten sensorisch und nutritiv maßgeschneiderte Produkte in bislang nicht möglicher Form herzustellen.

Die Veröffentlichung „Albert-Schweitzer-Stiftung: Vegane Großverpflegung – ein Leitfaden, 2. Auflage, Stand: Mai 2017“ beschreibt vegane Großverpflegung, also einen Leitfaden für Großküchen mit verschiedenen Rezepten.

Die WO 2012/158023 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines strukturierten Pflanzenproteinextrudats, umfassend die Schritte

- (a) Bereitstellen einer wässrigen Proteinzusammensetzung, die pflanzliches Protein enthält, wobei der Proteingehalt, bezogen auf die Trockenmasse, unter 90 Gew.-% liegt;
- (b) Unterziehen der wässrigen Proteinzusammensetzung einem oder mehreren Knetritten, um einen Teig zu bilden;

(c) Erhitzen des Teigs auf eine Temperatur oberhalb der Denaturierungstemperatur des Proteins;

(d) Einwirkung von Scherkräften und Druck auf den Teig in einem Extruder, um eine faserige Proteinzusammensetzung zu bilden;

(e) Austretenlassen der faserigen Proteinzusammensetzung aus dem Extruder durch eine Extruderdüse;

wobei der Wassergehalt der wässrigen Proteinzusammensetzung mindestens 50 Gew.-% beträgt und wobei die faserige Proteinzusammensetzung einer begrenzten Kühlung unterworfen wird, so dass sie den Extruder mit einer Temperatur der Zusammensetzung verlässt, die mindestens der Siedetemperatur von Wasser in der ersten äußeren Umgebung entspricht. Der Proteingehalt, bezogen auf die Trockensubstanz, liegt in einem Bereich von 15 Gew.-% bis 85 Gew.-% und vorzugsweise in einem Bereich von 50 Gew.-% bis 80 Gew.-%. Die wässrigen Zusammensetzungen werden einem Extruder zugeführt und die Knet- und Denaturierungsschritte (b) und (c) in dem Extruder durchgeführt. Der Extruder weist ein L/D-Verhältnis von Länge zu Durchmesser von mehr als 20, vorzugsweise mehr als 30, auf, es kann zum Beispiel 40 bis 50 betragen. Das strukturierte Pflanzenproteinextrudat wird einem Gefriervorgang unterzogen. Es ist außerdem vorgesehen, die wässrige Flüssigkeit auf eine Temperatur von 70°C bis 98°C zu erhitzen. Die Flüssigkeit kann Aromastoffe enthalten, ist vorzugsweise allerdings eine Brühe. Das Pflanzenproteinextrudat enthält 0,1-20 Gew.-% Fett, vorzugsweise 0,2-10 Gew.-% Fett. Das Produkt kann zur Herstellung eines fleischähnlichen, fasrigen, strukturierten pflanzlichen Proteins verwendet werden.

Die WO 2020/208104 A1 betrifft ein Fleischanalogon, umfassend eine Makrostruktur aus verbundenen, gescherten Fasern, die im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind; und Lücken, die zwischen den gescherten Fasern angeordnet sind, wobei die Makrostruktur kein Fleisch umfasst und wobei die Makrostruktur ein pflanzliches Protein umfasst. In die senkrechten Lücken wird ein Fett und/oder ein Fettanalogon injiziert, so dass das Fleischanalogon eine Vielzahl von abwechselnden, visuell unterschiedlichen Bereichen umfasst, wobei die visuell unterschiedlichen Bereiche einen oder mehrere erste visuell unterschiedliche Bereiche umfassen, die das Fett umfassen, und einen oder mehrere zweite visuell unterschiedliche Bereiche, die das pflanzliche Protein umfassen. Die senkrechten Lücken können auch in eine Fettlösung eingetaucht werden, so dass das Fleischanalogon eine Vielzahl von abwechselnden, visuell unterschiedlichen Bereichen umfasst, wobei die visuell unterschiedlichen Bereiche einen oder mehrere erste visuell unterschiedliche Bereiche, die das Fett umfassen, und einen oder mehrere zweite visuell unterschiedliche Bereiche, die das pflanzliche Protein umfassen, umfassen. Die Makrostruktur kann ein texturiertes, pflanzliches Protein oder mikronisiertes pflanzliches Material umfassen, wobei das mikronisierte pflanzliche Material mindestens eines aus der Gruppe der Schalen, Fasern und Mischungen davon umfasst. Das Fleischanalogon wird so geformt, dass es einem marmorierten Fleisch ähnelt. Die Makrostruktur soll eine nicht-homogene Struktur aufweisen. Es kommt auch ein Extrusionssystem für die Herstellung eines Fleischanalogon in Betracht, wobei das Fleischanalogon ein pflanzliches Protein umfasst, wobei das Extrusionssystem einen Extruder umfasst und eine kurze Düse; wobei der Extruder mit der kurzen Düse verbunden werden kann und so konfiguriert ist, dass er ein Material, das ein pflanzliches Protein umfasst, von dem Extruder zu der kurzen Düse und durch einen Fluidpfad, der sich durch die kurze Düse erstreckt, leitet, wobei die

kurze Düse so konfiguriert ist, dass sie ein Fett oder ein Fettanalogon in das Material injiziert, so dass das Fett oder das Fettanalogon eingebettet, aber visuell von dem Material, das das pflanzliche Protein umfasst, getrennt ist, wenn das Fett oder das Fettanalogon und das Material die kurze Düse verlassen. Es wird ein Verfahren zum Extrudieren eines Fleischanalogons beschrieben, wobei folgende Verfahrensschritte zur Anwendung kommen sollen: Ausüben eines Drucks auf das Fleischanalogon mit einem Extruder; und Hindurchführen des Fleischanalogons durch eine kurze Düse in einer Fließrichtung, wobei die kurze Düse Teil des Extruders ist und/oder mit diesem verbunden ist, und Erzeugen von gescherten Fasern in dem Fleischanalogon im Wesentlichen senkrecht zur Fließrichtung des Fleischanalogons, wenn das Fleischanalogon durch die kurze Düse geführt wird. Es wird auch eine Zugabe von Erbsenschale zu dem Fleischanalogon beschrieben, wobei das Fleischanalogon auch Erbsenproteine oder Ackerbohnenproteine enthalten soll.

Aufgaben

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein geschäumtes Produkt der vorausgesetzten Gattung mit vorbestimmt eingestellten funktionellen Eigenschaften zu schaffen.

Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Herstellung eines solchen Produktes bereitzustellen.

Außerdem liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem sich ein solches Produkt herstellen lässt.

Schließlich liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine erfindungsgemäße Verwendung solcher Produkte vorzuschlagen.

Lösung der Aufgabe betreffend das Produkt

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein geschäumtes, elastisches, proteinbasiertes Produkt mit Trockensubstanzanteil von 20-98 Gew.%, gebundenem Wasseranteil von 2-80 Gew.% und teilweise bis vollständig gefüllter offener Porenstruktur gelöst, wobei das Verhältnis des Volumens von zur Produktoberfläche hin offenen fluidgefüllten Poren (OGP) zum Gesamtvolumen der offenen Poren im Produkt im Bereich 0.05 eingestellt ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt ein generisches Konzept zur Personalisierung von aus Pflanzenprotein und Pflanzenfasern hergestellten, nachhaltig produzierten Lebensmittelsystemen unter besonderer Berücksichtigung von Fleischanalogen zugrunde. Für die Herstellung von Fleischanalogen, welche in ihrer Texturierung zubereitetem Fleisch bereits recht nahekommen, hat sich die „Hochfeuchte Kochextrusion“ (High Moisture Extrusion Cooking, HMEC) Technologie weitergehend etabliert. Kompakte, fibrilläre, fleischähnliche Strukturen sind damit erzielbar. Allerdings waren dieser Technologie bislang Grenzen gesetzt hinsichtlich einer weitergehenden Verbesserung und definierten Einstellung der sensorischen Aspekte (1) Zartheit, (2) Saftigkeit, (3) Knusprigkeit sowie (4) Geschmack/Aroma:

Die in ihrer Anfangsphase befindliche Entwicklung der HMEC-Mikroschäumung (HMECF) von pflanzenprotein-basierten Fleischanalogen hat neue Möglichkeiten aufgezeigt, um nächste Entwicklungsschritte hinsichtlich einer Verbesserung der maßgeblichen sensorischen Qualitätsaspekte (1) - (4) zu realisieren.

Hier setzt die erfindungsgemäße Produkt-, Verfahrens- und Vorrichtungsentwicklung an. In einer parallel zur an dieser Stelle beschriebenen erfindungsgemäßen Weiterentwicklung erfolgten Erfindung konnten Mechanismen identifiziert werden zur Herstellung offenporiger, geschäumter Fleischanaloge. Damit wurde der Weg frei für die prominente Nutzung offenporiger HMECF-basierter Fleischanaloge, um deren Eigenschaftsverbesserung und Personalisierung voranzubringen. Die einstellbare Füllung offener Schaumporen hinsichtlich Füllgrad und Füllfluid sowie die vielfältigen Möglichkeiten in entsprechende Füllfluide eine Palette an sensorischen, nutritiven und gesundheitsrelevanten Komponenten zu integrieren führte zu den erfindungsgemäßen an dieser Stelle dargestellten Produkt-, Verfahrens- und Vorrichtungsentwicklungen. Als maßgebliche physikalische Mechanismen zur Füllung offener Poren mit charakteristischen Durchmessern von ca. 10 - 500 Mikrometern wurden (a) Kapillarkräfte, (b) elastische Porenrelaxation nach Deformation, (c) Infusion und (d) Ultraschall forcierte Diffusion identifiziert, welche einzeln oder in Kopplung anzuwenden sind. Hieraus wurden die als relevant erachteten Verfahrensschritte entwickelt sowie die zur Durchführung derselben passenden Vorrichtungen abgeleitet.

Einige Vorteile

Für die sensorische Optimierung einer geschäumten Fleischanalogtextur zeigen Gasvolumenfraktionen von 5-10% bereits eine deutliche Reduktion der Produktfestigkeit. Ab 30% Gasvolumenfraktion kann der Aspekt einer verstärkten Weichgummiartigkeit („Marshmallow“-Konsistent) detektierbar werden. Dies gilt insbesondere für den Fall geschlossener Schaumporen, da bei aufgeprägter Beiß-/Kaudeformation der eingeschlossene Gasanteil nach Kompression wieder expandiert. Im Falle offener Poren wird bei deformierender Beanspruchung das in den Poren befindliche Gas ohne einhergehende dämpfende Wirkung auf den Deformationsvorgang aus den Poren in die Umgebung gedrückt und bei Entspannung wieder (teilweise) angesaugt. Die Gas-Ein-/Ausströmung nimmt dabei keinen markanten Einfluss auf das Texturempfinden. Im Falle einer Fluidfüllung der offenen Poren trägt mit zunehmender Fluidviskosität die dadurch verzögerte bzw. behinderte Ausströmung aus offenen Poren zu einem festeren Texturempfinden bei.

Ferner wird der sensorische Aspekt der Knusprigkeit (crunchiness) durch offene Poren unterstützt, da ohne Dämpfungseffekt, wie durch ein nicht entweichendes Gaspolster in einer geschlossenen Pore eintretend, eine kritische Bruchdehnung der Porenwände eher erreicht wird. Bei Porenfüllung mit Fluiden, welche eine niedrige Viskosität (bis ca. 100 mPas) besitzen, wird bei Deformation und Fluidaustritt aus offenen Poren ferner „Saftigkeit“ verstärkt wahrgenommen.

Somit lassen fluidgefüllte, offene Schaumporensysteme verbesserte sensorische Eigenschaften bei Fleischanalogen hinsichtlich Zartheit, Knusprigkeit und Saftigkeit erwarten.

Weitere erfinderische Ausgestaltungen

Weitere erfinderische Ausgestaltungen sind in den **Patentansprüchen 2 bis 19** beschrieben.

Gemäß **Patentanspruch 2** ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass der Volumenanteil gefüllter offener Poren bezogen auf das Gesamtvolumen aller offenen und geschlossenen Poren zwischen 0.05-1, bevorzugt zwischen 0.2-0.95, beträgt und für Werte ≥ 0.1 mit einer Genauigkeit von ± 0.05 eingestellt ist.

Für die insbesondere in Betracht gezogene Lebensmittelgruppe der pflanzenprotein-basierten Fleischanalogue werden, um zu stark ausgeprägte „Gummiartigkeit“ zu vermeiden, maximal 50% Gasvolumenfraktion durch Aufschäumung avisiert. Davon werden mittels Porenöffnungstechnologien unter Nutzung der Mechanismen (a) Porenöffnung durch Einstellung eines rapiden Umgebungsdruckabfalls (Flash-Opening, FOP), (b) Porenöffnung durch Zerteilen bzw. Schälen des Produktes (CUT-Opening, COP), (c) Porenöffnung durch multiple Nadelpenetration (Penetration-Opening, POP) oder (d) Porenöffnung durch Erzeugung einer Sekundär-Mischströmung (Mix-Opening, MOP) in der Extruderkühldüse, einstellbar in aller Regel zwischen 10-60%, die Poren geöffnet. Dies bedeutet, dass im Falle der bevorzugt betrachteten Fleischanalogue zwischen 5-30% an offenen Poren vorliegen.

Gemäß den **Patentansprüchen 3 bis 10** werden Zusammensetzungsaspekte (Wasser-, Protein-, Fasergehalte) des Produktschaumgerüsts adressiert, welche einerseits die mechanischen Eigenschaften (Gerüstfestigkeit, fibrilläre Struktur) desselben, andererseits auch nutritive Aspekte (Faser-, Fett/Öl-Anteile) betreffen.

Patentanspruch 10 nimmt ferner Bezug auf die Möglichkeit, die Porenfüllung im getrockneten Zustand der geschäumten Gerüstmatrix bei Wassergehalten ≤ 10 Gew.%, bezogen auf Gesamtmasse, im halbfeuchten Zustand mit Wassergehalten zwischen 10-40% Gew.% oder im feuchten Zustand der geschäumten Gerüstmatrix, wie sie direkt nach HMECF-Herstellung mit Wassergehalten zwischen 40-70% Gew.%, bezogen auf Gesamtmasse, vorliegt, durchzuführen. Wenngleich ein Trocknungsschritt des Produktes nach der HMECF-Extrusion zusätzlichen Produktions- und Energieaufwand bedeutet, ist dies im Hinblick auf Produktverpackung, Lagerung und Haltbarkeitsaspekten von Interesse. Aufgrund ihres hohen Wassergehaltes sind HMECF erzeugte Fleischanalogue nur unter Kühllagerungsbedingungen in den Lebensmittelhandel zu bringen. Allerdings besteht für die offenporigen, geschäumten Fleischanalogue im Falle einer Trocknung die Möglichkeit bei weniger aufwändiger Verpackung die Produktlagerung unter Raumtemperaturbedingungen und die Funktionalisierung durch Porenfüllung bei Rekonstitution unter Nutzung der besonderen strukturbedingten Instant-Rekonstitutionseigenschaften infolge Offenporigkeit, im getrockneten bzw. teilgetrockneten Zustand anzusetzen.

Die **Patentansprüche 11 bis 19** gehen auf Zusammensetzung und Eigenschaften der Porenfüllfluide mit den damit verbundenen vielfältigen Möglichkeiten über diese Porenfüllfluide ein breites Spektrum an sensorischen, nutritiven und gesundheitsunterstützenden Funktionalitäten in die Produkte mit gefüllten Poren einzubringen.

Einige Vorteile

Vor diesem Hintergrund werden mit den erfindungsgemäßen Produkten, befüllt mit funktionellen Fluidfüllungen in den offenen Produktporen, vielfältige Problemlösungen hinsichtlich einer weitergehend personalisierten Ernährung deutlich vereinfacht adressiert werden können. Neben der Erleichterung in der Herstellung sensorisch und nutritiv maßgeschneiderter Produkte auf industrieller Produktionsebene werden unter optimalen Convenience-Randbedingungen auch vom Endkonsumenten entsprechende individuelle Optimierungen vorgenommen werden können.

Dies wird zunächst die erfindungsgemäßen geschäumten, offenporigen pflanzenproteinbasierten Fleischanaloge betreffen, aber nicht auf diese beschränkt bleiben, da das der Erfindung zugrunde liegende generische Konzept der funktionalen Befüllung offenporiger Lebensmittelproduktsysteme auf weitere Produkt-Neuentwicklungen zu übertragen sein wird.

Lösung der Aufgabe betreffend das Verfahren

Diese Aufgabe wird gemäß **Patentanspruch 20** dadurch gelöst, dass zur Befüllung der offenen Poren des geschäumten Produkts die vier Befüllungsmechanismen (a) Befüllung mittels Kapillarkräften (BK), (b) Befüllung mittels elastischer Porenformrelaxation (BE), (c) Befüllung durch Infusion (BI) und (d) Befüllung durch Diffusion (BD) einzeln oder in Kopplung angewendet werden.

Einige Vorteile

Die benannten, erfindungsgemäß aktivierten Füllmechanismen für offene Schaumporen sind in einfacher Weise mit der HMEC-Extrusionstechnologie sowie der Befüllung offener Poren vorgeschalteten Verfahrensschritten zur Schaumporenöffnung zu kombinieren bzw. in einen kompakten Produktionsablauf zu integrieren.

Wenn beispielsweise eine Porenöffnung durch statische Restdruckentspannung am Extruderdüsenende erfolgt, damit geschlossene Poren zur Produktoberfläche hin geöffnet werden, kann eine damit verbundene elastische Rückdeformation der Produktmatrix im geöffneten Porenkanalbereich dazu genutzt werden, einen Anteil an Porenfüllfluid einzusaugen, gegebenenfalls unterstützt durch eine überlagerte mechanische Druckdeformation und elastische Formrelaxation. Selbiges gilt für die Kombination einer Porenöffnung über schlagartige Vakuumbeaufschlagung, welche im mit Porenfüllfluid befüllten Tauchbad ausgeführt ein nachfolgendes Einsaugen des Fluids in offene Poren nach sich

zieht. Schließlich kann eine Porenöffnung mittels Nadelpenetration auch zur Befüllung über Hohnadeln kombiniert werden. Zur Porenfüllung mittels Hohnadeln ist anzumerken, dass diese sich gegenüber aus der Fleischindustrie bekannten Infusionsverfahren, wie diese z.B. bei der Herstellung von Kochschinken angewendet werden, dadurch erfindungsgemäß unterscheidet, dass bei der Nadelpenetration in eine wie hier vorliegende Schaumstruktur das injizierte Porenfüllfluid infolge des aufgeprägten Fülldruckes zum Bruch von Porenwänden beiträgt und somit weitere noch geschlossene Poren geöffnet werden.

Weitere erfinderische Ausgestaltungen

Gemäß den **Patentansprüchen 21 bis 27** werden die Porenfüllungsverfahren mittels der Mechanismen (a) - (d) in ihrer jeweiligen verfahrenstechnischen Umsetzung detailliert. Dabei werden Aspekte der Adaptierbarkeit an die HMEC-Technologie herausgestellt

Lösung der Aufgabe betreffend die Vorrichtung

Diese Aufgabe wird durch **Patentanspruch 28** unter Bezugnahme auf die vier erfindungsgemäß differenzierten Porenfüllmechanismen (a-d) gelöst. Die nachfolgende Beschreibung der diesen Mechanismen zugehörigen Vorrichtungen wird durch die Figuren 1 bis 5 ergänzt.

Einige Vorteile

Auch für die den erfindungsgemäßen Verfahrensschritten zugeordneten Vorrichtungen zur Füllung der offenen Schaumporen ist technische Kompatibilität mit der HMEC-Technologie sowie den verschiedenen einzeln oder in Kombination dem HMEC-Extruder nachgeschalteten Verfahrensschritten zur einstellbaren Porenöffnung gegeben. Die erfindungsgemäße zumindest teilweise Kombinierbarkeit der Vorrichtungen für die Schaumporenöffnung mit den nachfolgend weitergehend detailliert beschriebenen Vorrichtungen zur Befüllung der offenen Schaumporen ist von erheblichem Vorteil bei einer integrierten Gestaltung des Gesamt-Produktionsprozesses von maßgeschneidert funktionalisierten Fleischanalogen, jedoch nicht auf diese Produkte beschränkt.

Weitere erfinderische Ausgestaltungen

Gemäß den **Patentansprüchen 29 bis 35** werden die Porenfüllvorrichtungen, basierend auf den zugeordneten Verfahrensschritten unter Anwendung der Porenfüllmechanismen (a) - (d) in ihrer jeweiligen prozesstechnischen Umgebung detailliert. Dabei werden wiederum Aspekte der Adaptierbarkeit an die HMEC-Technologie herausgestellt.

Lösung der Aufgabe betreffend die Verwendung

Diese Aufgabe wird durch **Patentanspruch 36** für ein Lebensmittel mit bestimmten sensorischen, nutritiven und gesundheitsunterstützenden Eigenschaften für bestimmte Konsumenten oder Patientenzielgruppen gelöst.

Einige Vorteile

Wenngleich seit Jahren von personalisierter Ernährung die Rede ist, erstrecken sich praxisnahe Umsetzungskonzepte lediglich auf größere Zielgruppen (z.B. solche mit bestimmten Unverträglichkeiten bzw. Allergien oder Mangelerscheinungen, Schwangere, Säuglinge oder Ältere). Dies liegt insbesondere am in der industriellen Fertigung von Lebensmittelprodukten bei weitergehender Reduzierung der Größe von Zielgruppen bis hin zu Einzelpersonen zu betreibenden Mehraufwand in den Produktionsverfahren sowie der Herstellungs- und Distributionslogistik.

Das erfindungsgemäße Konzept der Füllung von offenporigen Schaumsystemen mit individuell hinsichtlich Sensorik-, Ernährungs- und Gesundheitsaspekten maßzuschneidenden Fluidsystemen lässt durch industrielle Herstellung von offenporigen Produktmatrizes mit nachgeschaltetem vereinfachten Funktionalisierungsschritt durch Porenfüllung mit einem Sortiment zu kombinierende Fluide, Geschmacks- und Aromastoffen (incl. Gewürze), Mikronährstoffen (Vitamine, Spurenelemente) sowie gesundheitsunterstützenden

Komponenten (Antioxidantien), mit vereinfachten Verfahren und reduziertem logistischen Aufwand in der Lebensmittelpersonalisierung einen neuen Meilenstein erreichen.

Weitere erfinderische Ausgestaltungen

Die **Patentansprüche 37** und **38** unterstreichen die vorab genannten vorteilhaften Möglichkeiten der erfindungsgemäßen Produktanwendungen und betonen den besonderen Bezug zu pflanzenprotein-basierten Fleischanalogen.

In der Zeichnung ist die Erfindung – teils schematisch – an Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a Eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels Kapillarkräften;

Fig. 1b eine weitere Einzelheit im Schnitt;

Fig. 2a eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels elastischer Porenformrelaxation;

Fig. 2b eine weitere Einzelheit im Schnitt;

Fig. 2c eine weitere Einzelheit im Schnitt;

- Fig. 3 eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels elastischer Porenformrelaxation nach Deformation mittels partiellen Vakuums;
- Fig. 4a eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels Infusion über ein Hohlnadelpenetrations- und Porenfüllwalzen-System;
- Fig. 4b eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels Infusion über ein Hohlnadelpenetrations- und Porenfüll-Stempelsystem; und
- Fig. 5a
und 5b eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels Ultraschall forcierter Diffusion.

Aus Fig. 1a ist eine Vorrichtungsanordnung ersichtlich mit einer HMEC-Extruderdüse 4 und Umlenkführungsrollen 5 für einen Extrudatstrang. Mit 6 sind höhenverstellbare Halterungen für untere Umlenkrollenreihen bezeichnet. Das Bezugszeichen 7 bezeichnet ein Porenfüllfluid. Mit H_1 ist der Höhenverstellbereich der verstellbaren Halterungen 6 schematisch dargestellt, während H_2 die Gesamthöhe des Porenfüllfluidbades ist.

In Fig. 1b sind mit dem Bezugszeichen 1 geschlossene Schaumporen bezeichnet, während 2 offene Schaumporen sind. Bei 3 ist ein einströmendes Porenfüllfluid schematisch angedeutet.

In Fig. 2a ist eine schematische Darstellung einer Porenfüllvorrichtung mittels elastischer Porenformrelaxation nach Extrudatstrangpassage 14 zwischen Anpresswalzen 13 dargestellt.

In Fig. 2b wird mit Bezugszeichen 8 eine Kompressionsrichtung zwischen Anpresswalzen 11 mittels einer Anpresskraft 9 bezeichnet, welche auf die offenen und geschlossenen Poren 10 eines Extrudatstranges einwirkt.

In Fig. 2c wird mit Bezugszeichen 12 die Rückexpansionsrichtung eines Extrudatstranges unter Formrelaxation nach Austritt aus dem Anpresswalzenspalt bezeichnet.

In Fig. 3 ist eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels elastischer Porenrelaxation nach Deformation mittels Beaufschlagung mit partiellem Vakuum dargestellt. Mit dem Bezugszeichen 15 ist ein Extrudatstrangteil bezeichnet, während 16 eine Halbschale zur Aufnahme von Strangteilen für Vakuumbehandlungen ist. 17 ist das Porenfüllfluid und 18 bezeichnet die Förderrichtung. Mit 19 ist eine bewegliche Deckelvorrichtung zum dichtenden Verschluss der unteren Halbschale mit Produktteilen bezeichnet. Bezugszeichen 20 bezeichnet eine Vakuumschlauchleitung, die mit einem Vakuumtank 21 verbunden ist. Mit 22 ist eine Vakuumpumpe bezeichnet und mit 23 ein Förderband. Die Drehrichtung und damit die Förderrichtung des Förderbandes 23 ergibt sich aus den Pfeilen an den Umkehrstationen des Förderbandes 23. Das Bezugszeichen 24 bezeichnet eine periodische Bewegung der Deckelkonstruktion für die Vakuumierschalen 16.

Aus Fig. 4a ist eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels Infusion über Hohladeln eines Penetrations- und Porenfüllwalzen-Systems ersichtlich. 25 bezeichnet einen Vorratstank für ein Porenfüllfluid und 26 eine Kolbendosierpumpe, während 27 das Ende der HMEC-Extruderkühldüse darstellt. Bei 28a ist eine obere Hohladel-Penetrations- und Porenfüllwalze dargestellt, während 28b eine untere Hohladel-Penetrations- und Porenfüllwalze veranschaulicht. Mit 29 ist eine Penetrations- und Füllhohladel bezeichnet, während 30a ein Dosiersegment der oberen Porenfüllwalze bezeichnet. 30b ist ein Dosiersegment der unteren Porenfüllwalze. Bei 31 ist eine Porenfüllfluidzuleitung zu den Hohladel-Penetrations- und Porenfüllwalzen veranschaulicht. Das Bezugszeichen 32a bezeichnet eine Druckanpressvorrichtung für die obere Hohladel-Penetrations- und Porenfüllwalze 28a. Mit F_p ist Druckrichtung bezeichnet, während 32b eine Druckanpressvorrichtung für die untere Hohladel-Penetrations- und Porenfüllwalze veranschaulicht. Mit 33 ist ein Auffangbehälter für Porenfüllfluid bezeichnet. Bei 34 ist ein Förderband für die Abförderung der behandelten Produkte dargestellt. Die Förderrichtung ergibt sich aus den Pfeilen der Umlenkstationen.

Aus Fig. 4b ist eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels Infusion über ein Hohladel-Penetrations- und Porenfüllstempelsystem ersichtlich. Bei 35a und 35b sind Förderbänder für den Extrudatstrang dargestellt, während mit 36 ein beispielsweise angedeuteter Extrudatstrang bezeichnet ist. Mit 37 ist ein Extruderdüsenaustritt bezeichnet, während 38 einen Auffangbehälter für Porenfüllfluid bezeichnet. Bei 39 ist ein Lochblechblock für die Aufnahme von Penetrations- und Porenfüllhohladeln schematisch angedeutet, während 40 einen mit mehreren Penetrations- und Porenfüllhohladeln bestückten Penetrations- und Porenfüllhohladelstempel darstellt. Bei 41 ist eine Porenfüll-

fluidzuführung für den Penetrations- und Porenfüllhohlnadelstempel veranschaulicht. Mit 42 ist eine Druckschlauchzuleitung für Porenfüllfluid bezeichnet, während 43 eine Dosierpumpe für Porenfüllfluid ist, die aus dem Vorratsbehälter für Porenfüllfluid 44 gespeist wird. Mit dem Bezugszeichen 45 ist die Bewegungsrichtung des Penetrations- und Porenfüllhohlnadelstempels dargestellt, während mit 46 eine hydraulische Penetrationsdruckkraftverstärkung schematisch angedeutet ist.

Aus Fig. 5a geht eine Vorrichtung zum Befüllen offener Schaumporen mittels Ultraschall forcierter Difusion hervor, bei 47 ist ein Extruderdüsenaustritt dargestellt, während 48 ein HMEC-Extrudatstrang ist. Mit 49 sind Umlenk-/Führungsrollen für den Extrudatstrang dargestellt. Bei 50 sind Ultraschall-Sonotroden schematisch angedeutet, während 51 eine höhenverstellbare Aufhängung der unteren Umlenkrollen für den Extrudatstrang 48 veranschaulicht. Durch die Höhenverstellung kann die Extrudatstrangverweilzeit im beheizten Ultraschall-Tauchbad eingestellt werden. Mit dem Bezugszeichen 52 ist ein Porenfüllfluid angedeutet, während 53 ein Heizregister zur Porenfüllfluidaufheizung ist.

Mit H_1 ist die Höhenverstellbarkeit der unteren Umlenkwalzen bezeichnet, während H_2 die Gesamthöhe des Porenfüllfluidbades andeutet.

In Fig. 5b ist bei 54 die Diffusionsrichtung in offene Schaumporen bezeichnet, während 56 offene Schaumporen sowie 55 geschlossene Schaumporen bezeichnen.

Die in den Patentansprüchen und in der Beschreibung beschriebenen sowie aus der Zeichnung ersichtlichen Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

- 1 Schaumporen, geschlossene
- 2 Schaumporen, offene
- 3 Porenfüllfluid, einströmendes
- 4 HMEC-Extruderdüse
- 5 Umlenkführungsrolle für Extrudatstrang
- 6 Halterung, höhenverstellbare
- 7 Porenfüllfluid
- 8 Kompressionsrichtung zwischen Anpresswalzen
- 9 Rollenanpresskraft an Extrudatstrang
- 10 Poren, deformierte/komprimierte (offen/geschlossen)
- 11 Anpresswalze
- 12 Extrudatstrang-Expansion/Relaxation am Anpresswalzen-Austritt
- 13 Anpresswalze
- 14 Extrudatstrang
- 15 Extrudatstrangteil
- 16 Halbschale zur Aufnahme von Strangteilen für Vakuumbehandlung
- 17 Porenfüllfluid
- 18 Förderrichtung

- 19 bewegliche Deckelvorrichtung zum dichtenden Verschluss der unteren Halbschale mit Produktteilen
- 20 Vakuumschlauchleitung
- 21 Vakuumtank
- 22 Vakuumpumpe
- 23 Förderband
- 24 periodische Bewegung der Deckelkonstruktion für Vakumierschale
- 25 Vorratstank für Porenfüllfluid
- 26 Kolbendosierpumpe
- 27 Ende der HMEC-Extruderkühldüse
- 28a obere Hohlzylinder Penetrations- und Porenfüllwalze
- 28b untere Hohlzylinder Penetrations- und Porenfüllwalze
- 29 Penetrations- und Füllhohlzylinder
- 30a Dosiersegment der oberen Porenfüllwalze
- 30b Dosiersegment der unteren Porenfüllwalze
- 31 Porenfüllfluid-Zuleitung zu Hohlzylinder-Penetrations- und Porenfüllwalzen
- 32a Druckanpressvorrichtung für obere Walze
- 32b Druckanpressvorrichtung für untere Walze
- 33 Auffangbehälter für Porenfüllfluid
- 34 Förderband
- 35a Förderband für Extrudatstrang
- 35b " " "
- 36 HMEC-Extrudatstrang
- 37 Extruderdüsenaustritt

- 38 Auffangbehälter für Porenfüllfluid
- 39 Lochblechblock für Aufnahme von Penetrations- und Porenfüllhohlnadeln
- 40 Penetrations- und Porenfüll-Hohlnadel-Stempel
- 41 Porenfüllfluid-Zuführung zu Penetrations- und Porenfüll-Hohlnadel-Stempel
- 42 Druckschlauchzuleitung für Porenfüllfluid
- 43 Dosierpumpe
- 44 Vorratsbehälter für Porenfüllfluid
- 45 Bewegungsrichtung des Penetrations- und Porenfüll-Hohlnadel-Stempels
- 46 hydraulische Penetrationsdruckkraftverstärkung
- 47 Extruderdüsenaustritt
- 48 HMEC-Extrudatstrang
- 49 Umlenk-/Führungsrolle für Extrudatstrang
- 50 Ultraschall-Sonotroden
- 51 höhenverstellbare Aufhängung der unteren Umlenkrollen zur Justierung der Extrudatstrang-Verweilzeit im beheizten Ultraschall-Tauchbad
- 52 Porenfüllfluid
- 53 Heizregister zur Porenfüllfluidaufheizung
- 54 Diffusionsrichtung in Schaumporen, offene
- 55 Schaumporen, geschlossene
- 56 Schaumporen, offene
- H₁ Höhenverstellbereich der unteren Umlenkwalzen
- H₂ Gesamthöhe des Porenfüllfluidbades
- t_v Verweilzeit des Extrudatstranges im Porenfüllfluidbad
- F_p Druckrichtung

Literaturverzeichnis

/1/ P. J. Hailing & P. Walstra (1981) Protein-stabilized foams and emulsions, C R C Critical Reviews in Food Sci. & Nutrition, 15:2, 155203, DOI: [10.1080/10408398109527315](https://doi.org/10.1080/10408398109527315)

/2/ L. Forny, A. Marabi, S. Palzer (2009); Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powder; June 2009 Conference: 9th International Symposium on Agglomeration and 4th International Granulation Workshop; Sheffield; Volume: paper 64

/3/ Moore G. (1994) Snack food extrusion. In: Frame N.D. (eds) The Technology of Extrusion Cooking. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2135-8_4; Print ISBN978-1-4613-5891-6

/4/ V. Lammers¹, A. Morant, J. Wemmer, E. Windhab (2017); High-pressure foaming properties of carbon dioxide-saturated emulsions; Rheol Acta (2017) 56:841–850

/5/ E. Windhab, V. Lammers (2017); Patent: Aufgeschäumtes teigbasiertes Lebensmittelprodukt sowie Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung des aufgeschäumten teigbasierten Lebensmittelprodukts; Patent Application Nr. DE 10 2016 111 518 A1

Albert-Schweitzer-Stiftung: Vegane Großverpflegung – ein Leitfaden, 2. Auflage, Stand:
Mai 2017

WO 2012/158023 A1

WO 2020/208104 A1

Patentansprüche

1. Geschäumtes, elastisches, protein-basiertes Produkt mit Trockensubstanzanteil von 20-98 Gew.%, gebundenem Wasseranteil von 2-80 Gew.% und teilweise bis vollständig gefüllter offener Porenstruktur, wobei das Verhältnis des Volumens von zur Produktoberfläche hin offenen fluidgefüllten Poren (OGP) zum Gesamtvolumen der offenen Poren im Produkt im Bereich 0.05 - 1.00 eingestellt ist.
2. Produkt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Volumenanteil gefüllter offener Poren bezogen auf das Gesamtvolumen aller offener und geschlossener Poren zwischen 0.05-1.00, bevorzugt zwischen 0.2-0.95, beträgt und für Werte ≥ 0.1 mit einer Genauigkeit von ± 0.05 eingestellt ist.
3. Produkt nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gesamtanteil an Poren (= Porosität) zwischen 0.1 und 0.95 mit einer Genauigkeit von ± 0.05 ebenfalls eingestellt ist.
4. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt einen Proteinanteil von 10 – 95 Gew.%, bezogen auf seine Trockensubstanz, aufweist.

5. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Proteinanteil zu 0 - 100% aus pflanzlichem Protein besteht.
6. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Protein im Produkt in teilweise bis vollständig denaturierter Form vorliegt und bevorzugt eine fibrilläre Struktur, weitergehend bevorzugt eine orientierte fibrilläre Struktur, aufweist.
7. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt einen Pflanzenfaseranteil von 0.5 - 20 Gew.%, bezogen auf die Trockensubstanz, beinhaltet.
8. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt einen Anteil an Fetten oder Ölen von 0.1 - 15 Gew.%, bezogen auf die Trockensubstanz, beinhaltet.
9. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses einem pflanzenprotein-basierten, aufgeschäumten Fleischanalogue entspricht, welches mittels Hochfeuchter Kochextrusion (High Moisture Extrusion Cooking, HMEC) Technologie hergestellt ist.

10. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses im Befüllungszustand als getrocknete, geschäumte Gerüstmatrix mit Wassergehalten ≤ 10 Gew.%, bezogen auf die Gesamtmasse, als halbfeuchte, geschäumte Gerüstmatrix mit Wassergehalten zwischen 10 - 40% Gew.%, bezogen auf die Gesamtmasse, oder als feuchte, geschäumte Gerüstmatrix mit Wassergehalten zwischen 40 - 70% Gew.%, bezogen auf die Gesamtmasse, vorliegt.
11. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid im Füllzustand eine dynamische Nullviskosität von ≤ 1 Pas und benetzende Eigenschaften gegenüber dem die Porenwände bildenden Material aufweist.
12. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid nach erfolgter Porenfüllung seinen Fluidcharakter beibehält.
13. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid nach erfolgter Porenfüllung eine Fließgrenze ausbildet.

14. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid mit für den menschlichen Verzehr sensorisch relevanten Geschmacks- oder Aromastoffen oder einer Kombination aus solchen angereichert ist.
15. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid mit für die menschliche Ernährung relevanten nutritiven Komponenten angereichert ist.
16. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid mit pharmazeutischen Wirkstoffkomponenten angereichert ist, die für bestimmte Krankheitsprophylaxe oder die Behandlung bestimmter Erkrankungen angezeigt sind.
17. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid ein Mehrphasensystem mit Emulsions-, Mehrfachemulsions- oder Suspensionscharakter ist.
18. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid ein Mehrphasensystem mit Emulsions-, Mehrfachemulsions- oder Suspensionscharakter ist und in den einzelnen Phasen derselben unterschiedliche sensorisch oder nutritiv funktionalisierende Stoffkomponenten beinhaltet oder eingekapselt sind.

19. Produkt nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Porenfüllfluid aus Suppen, Saucen, Dressings, Getränke oder aus einer Fettschmelze besteht.
20. Verfahren zur Befüllung offener Poren für Produkte gemäß Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Befüllung der offenen Poren des geschäumten Produkts die vier Befüllungsmechanismen: (a) Befüllung mittels Kapillarkräften (BK), (b) Befüllung mittels elastischer Porenrelaxation (BE), (c) Befüllung durch Infusion (BI) und (d) Befüllung durch Diffusion (BD) einzeln oder in Kopplung angewendet werden.
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vier Befüllungsmechanismen gemäß Anspruch 20 einzeln oder in Kopplung der HMEC-Technologie räumlich und zeitlich unmittelbar nachgeschaltet angewendet werden.
22. Verfahren nach den Ansprüchen 20 und 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die (a) Befüllung offener Poren mittels Kapillarkräften über eine direkte in Kontaktbringung eines HMEC extrudierten Produktstranges mit offenen Porenanteilen in einem Füllfluidbad erfolgt, durch welches der Extrudatstrang kontinuierlich unter Fluidniveau hindurchbewegt wird.
23. Verfahren nach den Ansprüchen 20 und 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die (b) Befüllung offener Poren mittels des Mechanismus der elastischen Porenrelaxation über die Aufprägung einer die offenen Poren verengende Deformation und die

resultierende elastische Rückdeformation derselben in einem Füllfluidbad erfolgt, wobei der durch die elastische Relaxation der offenen Poren erzeugte Saugdruck die Porenfüllung bewirkt.

24. Verfahren nach den Ansprüchen 20, 21 und 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zur (b) Befüllung der offenen Poren mittels des Mechanismus der elastischen Porenrelaxation zur Porendeformation aufzuwendende Kraft über eine Druckbeanspruchung des HMEC-Extrudatstranges zwischen zwei Walzenelementen im Füllfluidbad kontinuierlich erfolgt.
25. Verfahren nach den Ansprüchen 20, 21 und 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zur (b) Befüllung der offenen Poren mittels des Mechanismus der elastischen Porenrelaxation zur Porendeformation aufzuwendende Kraft über eine partielle Vakuumbeanspruchung geschnittener HMEC-Extrudatstrangteile im hermetisch gekapselten Füllfluidbad quasi kontinuierlich erfolgt.
26. Verfahren nach den Ansprüchen 20 und 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die (c) Befüllung offener Poren mittels des Mechanismus der Infusion erfolgt, wobei das Füllfluid über Injektionsnadeln in die geschäumten Poren injiziert und sowohl vorab offene als auch durch die Nadeleinstiche neu geschaffene Poren bzw. Verbindungskanäle zwischen zuvor geschlossenen Poren gefüllt werden.

27. Verfahren nach den Ansprüchen 20 und 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die (d) Befüllung offener Poren mittels Diffusion erfolgt, wobei das Füllfluid auf Temperaturen unterhalb dessen Siedetemperatur oder unterhalb einer kritischen Veränderungstemperatur für seine sensorische oder nutritive Funktionalität im Tauchbad erwärmt wird und den kontinuierlich durch dieses hindurchbewegten geschäumten, mit offenen Schaumporen beinhalteten HMEC-Extrudatstrang überspült sowie über die Aufprägung einer Ultraschallwellen-Beanspruchung bei einer Frequenz im Bereich 10-50 kHz und einer volumetrischen Ultraschalleistung von 0.1-0.5 kW/Liter eine Erhöhung der Diffusionsrate sowie die Öffnung weiterer zunächst noch geschlossener Poren bewirkt wird.
28. Vorrichtung zur Befüllung offener Poren für Produkte nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die teilweise bis vollständige Befüllung zur Produktoberfläche hin offener Poren unter Anwendung der vier Befüllungsmechanismen (a) Befüllung mittels Kapillarkräften (BK) in einer Tauchbadvorrichtung, (b) Befüllung mittels elastischer Porenrelaxation (BE) in einer Tauchbadvorrichtung mit (i) Druckrollenpassage oder (ii) Vakuumierungseinrichtung, (c) Befüllung durch Infusion (BI) mittels Hohlnadel-Penetrations- und Füllvorrichtung und (d) Befüllung durch Diffusion (BD) im Tauchbad mit integrierter Ultraschall Behandlungsvorrichtung einzeln oder in Kopplung sowie direkt räumlich und zeitlich nachgeschaltet zur HMEC-Extrusionsvorrichtung, erfolgt.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Füllfluidbad mit einer Rollenanordnung an die HMEC-Extruderdüse angesetzt ist zur kontinuierlichen Führung des aus der Extruderdüse austretenden, elastisch flexiblen Extrudatstrangs durch das Tauchbad, wobei Rollenanordnung und Tauchbad derart ausgeführt sind, dass eine Verweilzeit des im Porenfüllfluid eingetauchten Extrudatstranges zwischen 5-10 Sekunden, anpassbar an Extrusionsgeschwindigkeit oder Extrudatmassenstrom, gegeben ist.
30. Vorrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Verstellvorrichtung für den vertikalen Abstand zwischen aufeinanderfolgenden im Tauchbad angeordneten Extrudatstrang-Umlenkrollen integriert ist, womit die Eintauchlänge des HMEC-Extrudatstranges im Füllfluidbad dynamisch an dessen Düsenaustrittsgeschwindigkeit oder Extrudatmassenstrom derart angepasst ist, dass eine vorgegebene Verweilzeit im Tauchbad gewährleistet ist.
31. Vorrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Füllfluidbad zwei durch Druckkraft oder Druckdeformation kontrollierte Walzen angeordnet sind zur Aufprägung einer temporären Druckdeformation auf den HMEC-Extrudatstrang sowie eine Strangrelaxations-Verweilstrecke unter Fluidniveau mittels weiterer Rollen zur Extrudatstrangführung nachgeordnet integriert ist.
32. Vorrichtung nach den Ansprüchen 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schneidevorrichtung für den Extrudatstrang dem Extruderdüsenaustritt direkt nachgeordnet ist und zur Weiterbehandlung der geschnittenen Extrudatstrangteile ein

hermetisch verschließbares Füllfluidbad integriert ist, in welchem ein partielles Vakuum im Bereich von 10-100 mbar für 5-30 s mittels Vakuumpumpe und Vakuumbehälter sowie einer nachfolgenden Belüftung und Vakuumentspannung vorgesehen ist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei rotierbar aufgehängte Nadelwalzen, bestückt mit Hohnadeln mit Innendurchmessern zwischen 0.3-5 mm, derart angeordnet sind, dass zwischen diesen das bandförmig extrudierte Produkt geführt wird und die Nadelpenetrationstiefe produktformabhängig zwischen 1-20 mm sowie die Einstich-Anzahldichte zwischen 1- 49 / cm² einstellbar sind, wobei zum Transport des Porenfüllfluids eine Kolbendosierpumpe angeordnet ist, welche über eine Hohlwelle den Nadelwalzeninnenraum mit Porenfüllfluid befüllt und von diesem aus die den Extrudatstrang penetrierenden Hohnadeln mit Porenfüllfluid zur Injektion versorgt.
34. Vorrichtung nach den Ansprüchen 28 und 33, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein mit Hohnadeln bestückter Stempel mit Hohnadel-Innendurchmessern zwischen 0.3 - 5 mm über eine Lochplatte mit auf die Nadelanordnung am Stempel geometrisch abgestimmter Lochanordnung angeordnet ist und eine rollenbasierte Transportvorrichtung für das damit kontinuierlich über diese Lochplatte geführte bandförmige Extrudat sowie eine Kolbenpumpe integriert sind, um bei periodischer Absenkung des Hohnadel-Stempels die Injektion des Porenfüllfluids volumetrisch geregelt in den Extrudatstrang zu realisieren.

35. Vorrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Tauchbad mit Temperiertvorrichtung zur Einstellung von Temperaturen unterhalb der Porenfüllfluid-Siedetemperatur oder einer kritischen Veränderungstemperatur der sensorischen oder nutritiven Funktionalität desselben angeordnet sind, wobei die Wandungen des Tauchbades mit Ultraschall-Sonotroden bestückt sind, welche US-Frequenzen im Bereich 10-50 kHz bei einer volumetrischen Ultraschalleistung von 0.1-0.5 kW/Liter zur Erhöhung der Diffusionsrate von Porenfüllfluid in die offenen Extrudatporen realisieren.
36. Verwendung eines Produktes nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 19 als Lebensmittel mit bestimmten sensorischen, nutritiven und gesundheitsunterstützenden Eigenschaften für bestimmte Konsumenten oder Patientenzielgruppen.
37. Verwendung nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt als personalisiertes pflanzenprotein-basiertes Fleischanalog ausgebildet ist, das (i) fleischrelevante Geschmacks- und Aromakomponenten oder (ii) nutritiv relevante B-Vitamine wie B12 sowie weitere Vitamine und Mineralien wie bioverfügbare Eisenverbindungen oder (iii) Kombinationen aus (i) und (ii) im Porenfüllfluid eingebunden sind.
38. Verwendung nach Ansprüchen 36 und 37, **dadurch gekennzeichnet**, dass das geschäumte, offene Poren beinhaltende als pflanzenprotein-basiertes Fleischanalog ausgebildete Produkt vom Konsumenten selbst einer personalisierten Füllung der offenen Poren unterzogen wird durch Einlegen und mehrfach periodisches Zusam-

menpressen in einer individuell zusammengestellten, auf die persönlichen sensorischen, nutritiven und gesundheitsunterstützenden Funktionen abgestimmten fluiden Phase, wobei letztere gegebenenfalls einer der Lebensmittelkategorien Suppen, Saucen, Dressings/Marinaden, Getränke oder Schmelzen entspricht.