

Hochdruckbehandlung von Lebensmitteln



Einleitung

Die Konservierung von Lebensmitteln ist ein wichtiger Schritt bei deren Herstellung. Aufgrund der dadurch erzielten längeren Haltbarkeit ergeben sich sowohl für den Hersteller als auch für den Konsumenten viele Freiheitsgrade hinsichtlich Lagerhaltung, Verfügbarkeit und Produktentwicklung.

Einige Konservierungsmethoden verändern das Lebensmittel so weitgehend, dass ein typisches, neues Produkt entsteht. Beispiele hierfür sind Erhitzen, Räuchern, Trocknen oder auch die Fermentation. Demgegenüber soll in anderen Fällen die ursprüngliche Frische erhalten werden, so dass schonende Methoden notwendig sind. So werden unter anderem Gefrierverfahren oder auch ein möglichst kurzer Wärmeeintrag gewählt. Generell ist die Lebensmittelkonservierung eine wesentliche Aufgabe, die sich stetig weiterentwickelt. In den letzten Jahren wurden einige schonende Verfahren in die Produktion neu eingeführt, unter denen insbesondere die Hochdruckbehandlung hervorsteicht.

Geschichte

Unter Hochdruckbehandlung von Lebensmitteln, im Folgenden HPP (High Pressure Processing) genannt, wird das Einwirken von Drücken im Bereich von ca. 2.000 bis 7.000 bar (200 MPa – 700 MPa) für wenige Minuten verstanden. Dabei ist HPP kein prinzipiell neues Verfahren, doch wird es erst in den zwei vergangenen Jahrzehnten verstärkt eingesetzt. Neben HPP wird dieses Verfahren auch als Pascalisation bezeichnet.

Schon vor über hundert Jahren wurde der Idee nachgegangen, neben der Temperatur auch höhere Drücke einzusetzen. So konnte B.H. Hite Ende des 19ten Jahrhunderts die konservierende Wirkung von Hochdruck an Frischmilch aufzeigen. In der chemischen Industrie wird der Druck als Einflussgröße vielfach angewandt und ist bei einer Reihe von Synthesen wesentlich. Neben der berühmten Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch (140 bis 200 bar) ist stellvertretend die Herstellung von Low Density Polyethylen (PE-LD) zu nennen, die bei 2.000 bis 3.500 bar abläuft. Derart hohe Drücke zwischen 1.000 und 4.000 bar werden auch bei der Herstellung von Hochleistungskeramiken angewendet. Gerade die Entwicklungen in der chemischen Industrie und des Anlagenbaus führten dazu, dass heute ausgereifte Hochdruckanlagen für die Lebensmittelindustrie angeboten werden.

Wirkung

Wie oben beschrieben, wird HPP bei Drücken von ca. 2.000 bar bis 7.000 bar durchgeführt, typischerweise beträgt der Prozessdruck 6.000 bar. Ein solcher Druck entspricht der Gewichtskraft von 6.000 kg/cm², oder, bildlich dargestellt, dem Gewicht von drei Großraumflugzeugen Typ Boeing 747 auf einem Smartphone. Bei solchen Kräften scheint es unmöglich, dass ein Lebensmittel diese Bedingungen unbeschadet erträgt und ein schonendes Verfahren vorliegt. Allerdings führen gerade diese Bilder in die Irre, da bei diesen eine einachsige Krafteinleitung suggeriert wird. Bei HPP hingegen befindet sich das Produkt in einem mit Wasser gefüllten Behälter, der unter Druck gesetzt wird. Das Wasser überträgt den Druck gleichmäßig im gesamten Behälter und somit wirken auch die resultierenden Kräfte von allen Seiten gleichmäßig ein und es entstehen keine das Produkt zerstörenden Scherkräfte (Abbildung 1). In diesem Zusammenhang wird oft von einem isostatischen Pressen gesprochen. Auch verteilt sich der Druck im Behälter und in den Produkten nahezu gleichzeitig und somit können sich keine wesentlichen Druckgradienten ausbilden. Im Gegensatz zu thermischen Prozessen, bei denen sich Temperaturunterschiede relativ langsam ausgleichen, ist HPP schneller und homogener in der Wirkung. Insbesondere ist der Druckeffekt unabhängig von Größe und Form des zu behandelnden Produktes, womit ausgearbeitete Prozessparameter unabhängig von der Produktgestaltung sind.

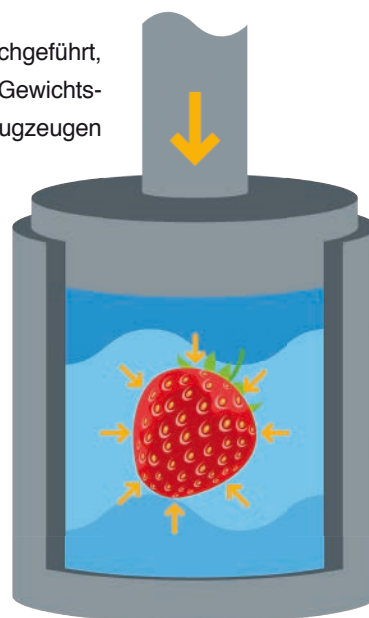


Abbildung 1: Isostatische Druckübertragung

In erster Näherung und auch im Vergleich zu Gasen werden Flüssigkeiten als nicht komprimierbar betrachtet. Bei niedrigen Drücken bzw. nur geringen Druckunterschieden ist diese Annahme durchaus berechtigt. Bei der Auslegung und dem Betrieb von HPP-Anlagen muss allerdings die Kompression des Prozesswassers und auch des Produktes berücksichtigt werden. Abbildung 2 zeigt die Volumenreduktion von Wasser im Bereich von Umgebungsdruck bis hin zu 8.000 bar. Bei 20 °C Starttemperatur und 6.000 bar reduziert sich das Volumen von Wasser um ca. 16 %. Von einer solchen Reduktion ist auch bei den meisten Lebensmitteln auszugehen.

Ebenfalls ist die Temperaturerhöhung startend von 20 °C aufgetragen. Als Faustregel gilt, dass sich Wasser um ca. 3 °C je 1.000 bar erwärmt. Bei Fetten oder Ölen kann die Temperaturerhöhung bis zu ca. 8 °C je 1.000 bar betragen. Die Temperatur fetthaltiger Lebensmittel erhöht sich daher stärker als die von fettarmen Lebensmitteln

oder Wasser. Unterschiedliche Gehalte an Kohlenhydraten und Proteinen verändern den Temperaturverlauf hingegen nur geringfügig. Mit der Entspannung am Ende des Prozesses kühlen sich die Produkte wieder auf Starttemperatur ab.

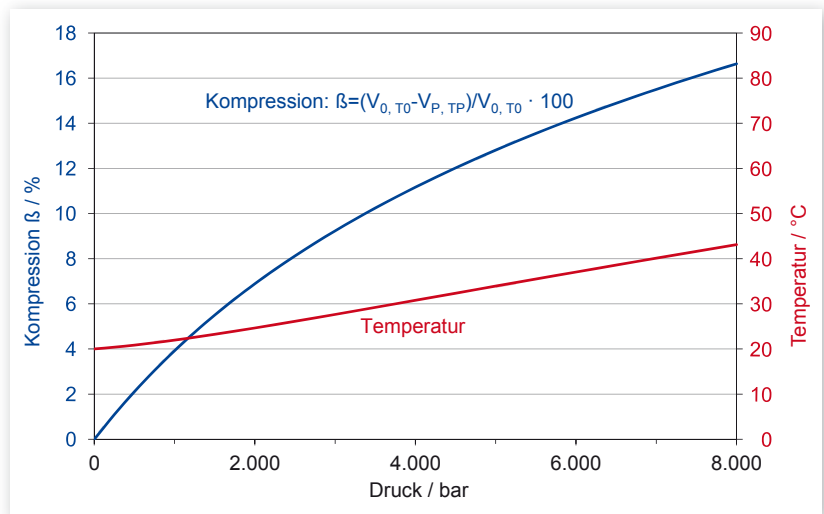


Abbildung 2: Adiabatische Kompression von Wasser bei 20 °C Starttemperatur

Gase werden bei den hier betrachteten Drücken auf deutlich unter ein Prozent des Anfangsvolumens komprimiert.

Aus chemischer Sicht beeinflusst der Druck keine kovalenten Bindungen (Atombindungen), folglich werden einfach aufgebaute Moleküle wie Vitamine, Geschmacksstoffe, sekundäre Inhaltsstoffe und auch die Primärstruktur von Proteinen nicht beeinflusst.

Chemische Reaktionen hingegen werden beschleunigt/ oder auch verlangsamt, wenn diese zu einer Zunahme/ Abnahme des Volumens führen (Prinzip des kleinsten Zwang bzw. Prinzip von Le Chatelier). So wird die Bildung von Ionen bevorzugt, was unter anderem die Freisetzung von Wasserstoffionen verstärkt. In der Folge sinkt der pH-Wert des Wassers unter Druck und steigt während der Entspannung. Wasserstoffbrücken-Bindungen hingegen werden durch hohe Drücke stabilisiert. Weiterhin werden räumliche Anordnungen hin zu kleineren Volumina verdichtet. All diese Effekte führen zu einer Veränderung der Struktur von Enzymen, Membranen und anderen Zellbestandteilen, so dass vitale Organismen zerstört oder zumindest geschädigt werden.

Komplexer aufgebaute Organismen wie z. B. Parasiten werden schon bei vergleichsweise geringen Drücken abgetötet. So konnten in Versuchen Trichinen-Larven mit Drücken von größer/ gleich 2.000 bar abgetötet werden. Für andere Organismen gelten folgende Regeln, welche nach steigendem Druck sortiert sind:

- Viren sind unterschiedlich druckempfindlich
- Hefen und Pilze sind empfindlicher als Gram-negative Bakterien. Ausnahmen bilden einige Ascosporen
- Typischerweise sind Gram-negative Bakterien empfindlicher als Gram-positive
- Manche Endosporen (Dauerform von Gram-positiven Bakterien) sind sehr druckstabil

Neben dem Einfluss des hohen Drucks auf Mikroorganismen werden auch andere komplexe Strukturen beeinflusst. Zum Beispiel werden bei Drücken von wenigen tausend bar Enzyme zunächst aktiver und bei darüber hinausgehenden

Drücken teils oder vollständig inaktiviert. Sichtbar wird ein solcher Einfluss bei Rohfleisch, das mit zunehmendem Druck und zunehmender Behandlungszeit heller wird und „wie gekocht“ erscheint. Erklärt wird dieser Effekt unter anderem mit der Umwandlung von Hämoglobin zu Methämoglobin. Bei verarbeiteten Fleischprodukten, z.B. geräuchert oder erhitzt, ist hingegen keine Veränderung festzustellen.

Für den Erfolg des HPP-Prozesses ist neben der Druckhöhe auch die Druckhaltezeit wesentlich. Das ist die Zeit, in der sich das Produkt unter dem gewählten Prozessdruck befindet. Weiterhin beeinflusst auch das Lebensmittel selbst das Behandlungsergebnis. In einem sauren Orangensaft werden Mikroorganismen schneller bzw. bei niedrigeren Drücken inaktiviert als in Säften mit höherem pH-Wert.

Auch eine geringere Wasseraktivität kann sich schützend auf die Mikroorganismen auswirken, interessanterweise ist ein solcher Effekt bei Rohschinken aber nicht zu beobachten.

Die Behandlungstemperatur beeinflusst das HPP-Ergebnis ebenfalls. So führt in vielen Fällen eine niedrige Starttemperatur zu besseren Behandlungsergebnissen. Hinsichtlich der Prozessintegration ist dies günstig, da die fertigen Produkte gekühlt in den HPP-Prozess übergeben werden können und diesen mit nahezu gleicher Temperatur wieder verlassen. Zusätzliche Temperierschritte sind dann nicht notwendig.

HPP-Anlagen

Herzstück einer HPP-Anlage ist ein meist liegend angeordneter rohrförmiger Behälter. Die hohen Arbeitsdrücke erfordern Behälter, die mit Spezialstählen dickwandig ausgeführt sind. Auf den gegenüberliegenden Seiten wird der Behälter mit Verschlussdeckeln verschlossen. Die Deckel, auf die die Druckkräfte wirken, werden mit einem ebenfalls solide ausgeführten Rahmensystem abgestützt. Zur Weiterleitung der Kräfte wird im Betrieb zwischen Rahmen und Deckel ein massiver Distanzblock eingesetzt. Weiterhin werden Hochdruckpumpen, Hoch- und Niederdruck-Verrohrungen mit Armaturen benötigt. Beschickungssysteme, Hydrauliksystem für Bewegungen, Steuerung und Einhausung vervollständigen die Anlage. In Abbildung 3 ist eine Produktionsanlage skizziert, eine Produktionsanlage in der Übersicht mit Behälter und Verschlussystem ist in Abbildung 4 zu sehen.

Seit einigen Jahren stehen speziell für die Bedürfnisse der Lebensmittelindustrie konstruierte HPP-Anlagen zur Verfügung. Die Behältervolumina dieser Produktionsanlagen liegen im Bereich von ca. 50 bis hin zu ca. 350 Litern. Der maximale Arbeitsdruck, der vielfach auch angewendet wird, beträgt meist 6.000 bar. Mit solchen Anlagen sind Produktionsraten von

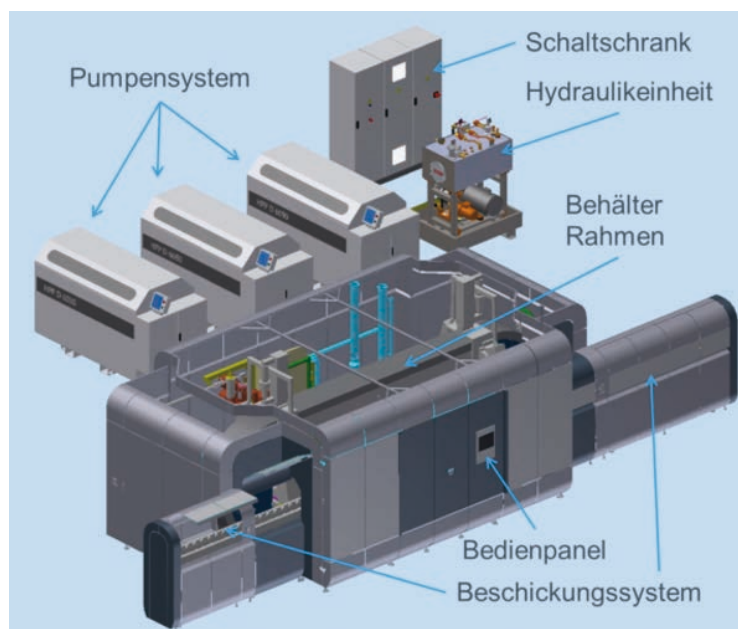


Abbildung 3: HPP-Produktionsanlage in der Übersicht



Abbildung 4: HPP-Produktionsanlage mit geöffneter Einhausung

über 3.000 kg/h möglich. Für die Lebensmittelverarbeitung ungewöhnlich sind die hohen Gewichte der HPP-Anlagen, die über 70 Tonnen betragen können.

Prozess

Aufgrund der angewendeten hohen Drücke kann der HPP-Prozess nur chargenweise durchgeführt werden. Zum schnellen Beladen wird der Hochdruckbehälter aus dem Rahmen herausgefahren und mit dem gewünschten endverpackten Produkt, das sich in einem Einsatzkorb befindet, von einer Seite über ein Fördersystem beschickt. Anschließend fährt der Behälter in den Rahmen ein, wird verschlossen und zunächst bei geringem Druck mit dem Prozessmedium – meist Wasser – befüllt und die Luft, die sich zwischen den Produkten befindet, verdrängt. Nachfolgend werden die Verschlussdeckel verriegelt. Über das Hochdruck-Pumpensystem, bestehend aus mehreren Hochdruckübersetzern, wird weiteres Prozesswasser in den Behälter gepumpt, bis sich der gewünschte Prozessdruck einstellt. Dieser Druck wird für eine vorgewählte Zeit aufrechterhalten. Bei dem üblichen Druck von 6.000 bar beträgt die Druckhaltezeit wenige Minuten, typisch sind 1 bis 4 Minuten. Nach Ablauf der Haltezeit erfolgt die Entspannung des Behälters über Hochdruckventile und nach kompletter Entleerung des Prozesswassers wird der geöffnete Behälter in die Ladeposition verfahren und zur anderen Seite hin über das Fördersystem entladen. Der skizzierte Ablauf zeichnet sich durch kurze Zykluszeiten aus und die gesamte Anlage ist gut in bestehende Produktionsabläufe zu integrieren. Das Durchlaufprinzip beugt wirksam einem Verwechseln von unbehandelten Produkten mit behandelten vor, die ansonsten kaum unterscheidbar sind. Im Anschluss an den HPP-Prozess erfolgen das Trocknen der verpackten Lebensmittel und die Etikettierung. Abbildung 5 zeigt den Druck- und Temperaturverlauf eines typischen Zyklus, beginnend mit den drucklosen Belade- und Schließvorgängen, über den Zeitraum unter Druck bis hin zum Öffnen und Entladen. Ein skizzenhaftes Schema einer HPP-Anlage zeigt Abbildung 6.

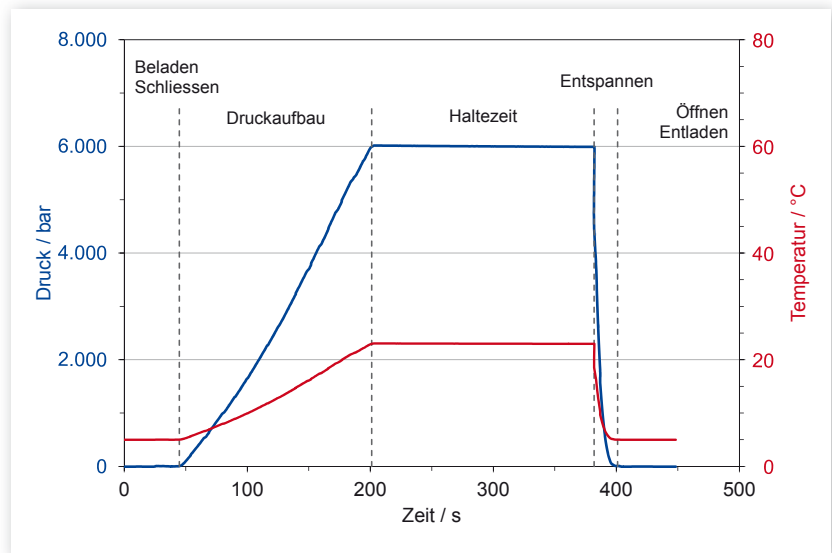


Abbildung 5: Druck- und Temperaturverlauf während eines HPP-Zyklus

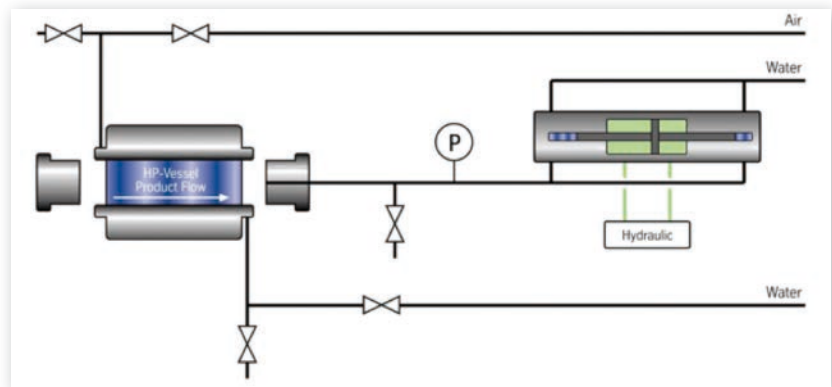


Abbildung 6: Vereinfachtes Schema einer HPP-Anlage

Dieser Druck wird für eine vorgewählte Zeit aufrechterhalten. Bei dem üblichen Druck von 6.000 bar beträgt die Druckhaltezeit wenige Minuten, typisch sind 1 bis 4 Minuten. Nach Ablauf der Haltezeit erfolgt die Entspannung des Behälters über Hochdruckventile und nach kompletter Entleerung des Prozesswassers wird der geöffnete Behälter in die Ladeposition verfahren und zur anderen Seite hin über das Fördersystem entladen. Der skizzierte Ablauf zeichnet sich durch kurze Zykluszeiten aus und die gesamte Anlage ist gut in bestehende Produktionsabläufe zu integrieren. Das Durchlaufprinzip beugt wirksam einem Verwechseln von unbehandelten Produkten mit behandelten vor, die ansonsten kaum unterscheidbar sind. Im Anschluss an den HPP-Prozess erfolgen das Trocknen der verpackten Lebensmittel und die Etikettierung. Abbildung 5 zeigt den Druck- und Temperaturverlauf eines typischen Zyklus, beginnend mit den drucklosen Belade- und Schließvorgängen, über den Zeitraum unter Druck bis hin zum Öffnen und Entladen. Ein skizzenhaftes Schema einer HPP-Anlage zeigt Abbildung 6.

Verpackung

Der HPP-Prozess wird fast immer an endverpackten Lebensmitteln durchgeführt. Daher wird nicht nur das Lebensmittel behandelt, sondern auch die Verpackung, die folglich für den Prozess geeignet sein muss. Wichtig ist eine ausreichende Flexibilität, um der Volumenreduktion von ca. 16 % ohne Beschädigung folgen zu können und eine gute Beständigkeit gegen Wasser. Glasbehältnisse, Dosen und auch laminiertes Karton scheiden daher aus. Flexible oder zumindest teilweise flexible Verpackungen wie Skinfolien, Trays mit flexibler Verschlussfolie und Kunststoffbeutel eignen sich zumeist gut. Die Barriereigenschaften wie etwa die Gasdurchlässigkeit müssen selbstverständlich der angestrebten verlängerten Haltbarkeit angepasst sein.

Oftmals werden Vakuumverpackungen eingesetzt, aber auch Verpackungen mit modifizierter Atmosphäre (MAP) können HPP-behandelt werden. Beispiele hierfür sind verschiedene Aufschnittsorten. Dabei ist die Verpackungsform und die Gaszusammensetzung anzupassen und auch die Druckentspannung sollte besonders kontrolliert werden, da anderenfalls eindiffundiertes Gas die Verpackungsfolie beschädigen kann.

Anwendung von HPP

All die positiven Merkmale der HPP-Behandlung kommen den Endkonsumenten entgegen, die unveränderte, natürliche und frische Lebensmittel nachfragen, bei gleichzeitigem Wunsch nach hoher Sicherheit und längerer Haltbarkeit. Gerade der letztgenannte Aspekt ist für den bewussten Umgang mit den vorhandenen Ressourcen wichtig, während die Lebensmittelsicherheit eine Grundvoraussetzung darstellt. Dazu zeigen viele Untersuchungen an realen Lebensmitteln die wirksame Inaktivierung von pathogenen Keimen wie Listerien, Salmonellen, *E. coli*, Staphylokokken und auch Viren.

HPP wird als Konservierungsverfahren weltweit immer häufiger eingesetzt. Gründe dafür sind der insgesamt schonende Prozess, der in vielen Anwendungsfällen die Lebensmittel nicht oder nur minimal verändert. Dies liegt zum einen an dem prinzipiell nur geringen Einfluss des hohen Drucks auf die Lebensmittel, aber auch an der gleichzeitigen und gleichförmigen Wirkung, die zu kurzen Prozesszeiten führt. Weiterhin erfolgen die Anwendungen in fast allen Fällen in der finalen Verpackung, wodurch in Verbindung mit der homogenen Wirkung eine sehr gute Lebensmittelsicherheit erreicht wird. Weiterhin wird ein rein physikalischer Prozess eingesetzt, der gut nachvollziehbar ist und einzig elektrischen Strom und Wasser benötigt, wobei das Wasser größtenteils rezyklierbar ist.

Insbesondere Anwendern mit vielfältigem Produktportfolio kommt entgegen, dass mit einem Verfahren und einem Anlagentyp unterschiedliche Lebensmittel in flüssiger, pastöser und fester Konsistenz behandelt werden können.

HPP-behandelte Lebensmittel weisen gegenüber unbehandelten eine vielfach verlängerte Haltbarkeit auf, dennoch kann in den meisten Fällen nicht auf die Kühlkette verzichtet werden. Dies liegt vor allem an der sehr hohen Druckstabilität einiger Endosporen, unter anderem des gefährlichen Keims *Clostridium botulinum*.

Ein Paradebeispiel für eine HPP-Anwendung ist die Herstellung von Avocado-Püree, welches sich unbehandelt nach der Zubereitung innerhalb weniger Stunden unansehnlich braun verfärbt. Eine Druckbehandlung inaktiviert neben Mikroorganismen auch die Enzyme, die für die Bräunungsreaktion verantwortlich sind. Erst HPP macht frisches Avocado-Püree über den Einzelhandel verkäuflich.

Auch Fruchtsäfte und Smoothies sind für die HPP-Behandlung hervorragend geeignet. Beispielsweise ist das Aroma- und Nährstoffprofil von Ananas nach HPP nahezu unverändert, während eine thermische Behandlung zu deutlich feststellbaren Verän-



Abbildung 7: Fruchtsalat: links unbehandelt, rechts HPP-behandelt bei 6.000 bar

derungen führt. Gerade im Premiumbereich werden daher weltweit zahlreiche hochdruckbehandelte Säfte und Smoothies auf dem Markt angeboten. Bereits Mitte der 1990er Jahre wurde in Europa HPP-behandelter Orangensaft hergestellt und angeboten.

Mit HPP hergestellte Fruchtzubereitungen wurden bereits Anfang der 1990er Jahre in Japan angeboten. Einen hochdruckbehandelten Fruchtsalat zeigt Abbildung 7.

Zur Erhöhung der Haltbarkeit und auch Sicherheit werden Fleischwaren nach Herstellung und Endverpacken einer HPP-Behandlung unterzogen. Gerade am Beispiel des Rohschinkens lässt sich gut zeigen, dass HPP das einzige verwendbare Verfahren ist, wenn ein sicher Listerien-freies, unverändertes Produkt gefordert wird.

Verschiedene HPP-behandelte Milchprodukte werden mittlerweile angeboten. Hierzu gehört in Ozeanien hergestellte Vormilch (Kolostrum), deren Haltbarkeit durch HPP erhöht wird, ohne wertvolle Inhaltsstoffe zu zerstören. Generell ist HPP ein Verfahren, um Rohmilchprodukte sicherer zu machen.

Die Verarbeitung von Meeresfrüchten wird durch HPP vereinfacht und auch effizienter. So löst sich der Schließmuskel der Auster durch eine Druckbehandlung von der Muschelschale und das Öffnen ist einfach und ungefährlich. Zusätzlich tötet der Druck von ca. 2.500 bar mögliche Parasiten ab. Bei Hummer wird durch einen Druck von ca. 3.000 bar die Verknüpfung zwischen Fleisch und Panzer gelöst. Nach einer HPP-Behandlung lässt sich daher das Fleisch mit nur geringen Verlusten gewinnen. Haltbarkeit und Sicherheit von geräucherten Fischen lassen sich mit HPP ebenfalls deutlich verbessern.

Gerade in den USA werden von vielen Herstellern Fertiggerichte mit HPP behandelt, um auch bei diesen Produkten die Sicherheit und Haltbarkeit zu erhöhen. In Europa sind seit vielen Jahren HPP-behandelte Tapas erhältlich.

Weltweite Anwendung und Aussicht

Insgesamt gesehen werden weltweit die unterschiedlichsten Lebensmittel HPP-behandelt. Geschätzt sind weltweit aktuell mehr als 350 Produktionsanlagen bei über 200 Firmen in Betrieb. In den Abbildungen 8 und 9 sind die Anwendung von HPP in den verschiedenen Produktbereichen und auch die Anwendung in den verschiedenen Ländern dargestellt. Dabei sticht insbesondere Nordamerika hervor, wo mittlerweile die größte Anzahl von HPP-Anlagen betrieben wird. Hauptanwendungsfelder sind pflanzliche Produkte (z.B. Avocado) und auch Fleisch- und Wurstwaren. Fertiggerichte, Säfte, Milchprodukte und Meeresfrüchte teilen sich das übrige Drittel.

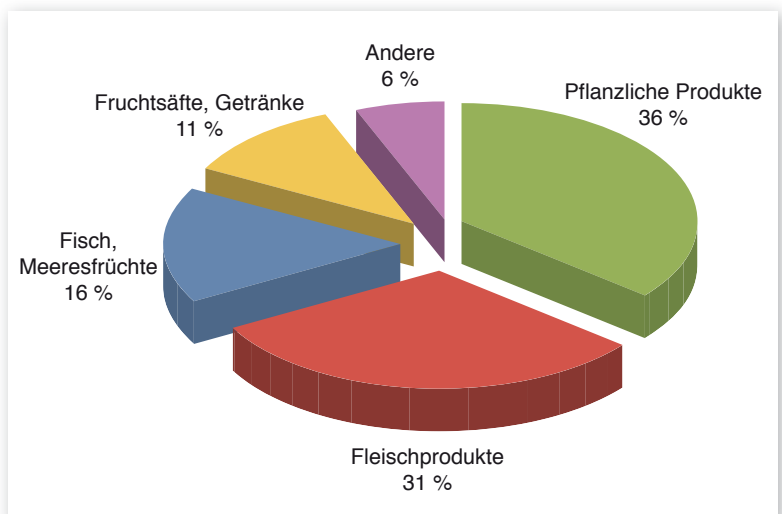


Abbildung 8: Aufteilung der verschiedenen HPP-Anwendungen

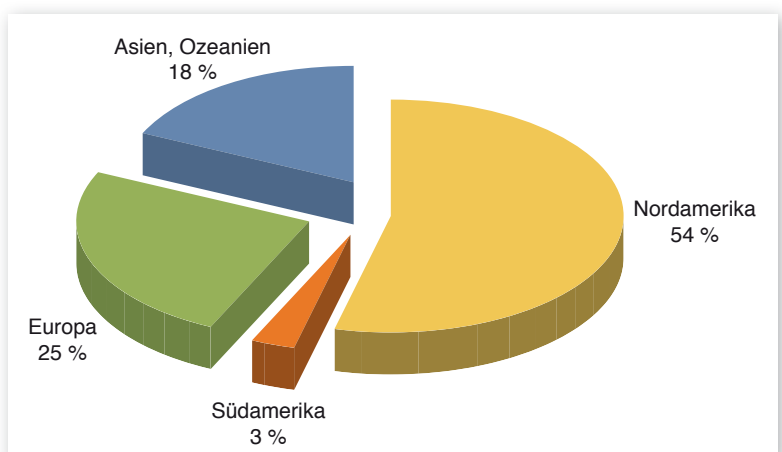


Abbildung 9: Weltweite Verteilung der HPP-Produktionsanlagen

Aufgrund der Vorteile hinsichtlich Frische und Sicherheit der hochdruckbehandelten Lebensmittel ist mit einer weiter zunehmenden Verbreitung zu rechnen. Auf vielen nationalen und internationalen Konferenzen und Messen ist ein stetig steigendes Interesse an HPP-Produkten und -Anlagen festzustellen. Auch prognostizieren verschiedene Studien für die nächsten Jahre einen jährlichen Zuwachs von HPP-behandelten Produkten von mehr als 15 %.

Autor:

Dr. Peter Nünnerich, Uhde High Pressure Technologies GmbH, Buschmuehlenstr. 20, 58093 Hagen, peter.nuennerich@thyssenkrupp.com

Kontakt:

Prof. Dr. Herbert J. Buckenhüskes, DLG-Fachzentrum Lebensmittel, H.Buckenhueskes@DLG.org

In Zusammenarbeit mit dem DLG-Ausschuss für Lebensmitteltechnologie, www.DLG.org/lebensmitteltechnologie.html

© 2017

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung. Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main.

DLG-Expertenwissen: Kompakte Informationen zu aktuellen Themen der Lebensmittelbranche

Expertenwissen, Trends und Strategien aus erster Hand. In zahlreichen Publikationen informiert die DLG regelmäßig über aktuelle Themen und Entwicklungen in den Bereichen Lebensmitteltechnologie, Qualitätsmanagement, Sensorik und Lebensmittelqualität.

In der Reihe „DLG-Expertenwissen“ greifen Experten aktuelle Fragestellungen auf und geben kompakte Informationen und Hilfestellungen.

Die einzelnen Ausgaben der DLG-Expertenwissen stehen als Download zur Verfügung unter: www.DLG.org/Publikationen.html.

Weitere Informationen zu den DLG-Expertenwissen: DLG e.V., Marketing, Guido Oppenhäuser, G.Oppenhaeuser@DLG.org



DLG e.V.

Fachzentrum Lebensmittel

Eschborner Landstraße 122 · 60489 Frankfurt am Main

Tel. +49 69 24788-311 · Fax +49 69 24788-8311

FachzentrumLM@DLG.org · www.DLG.org