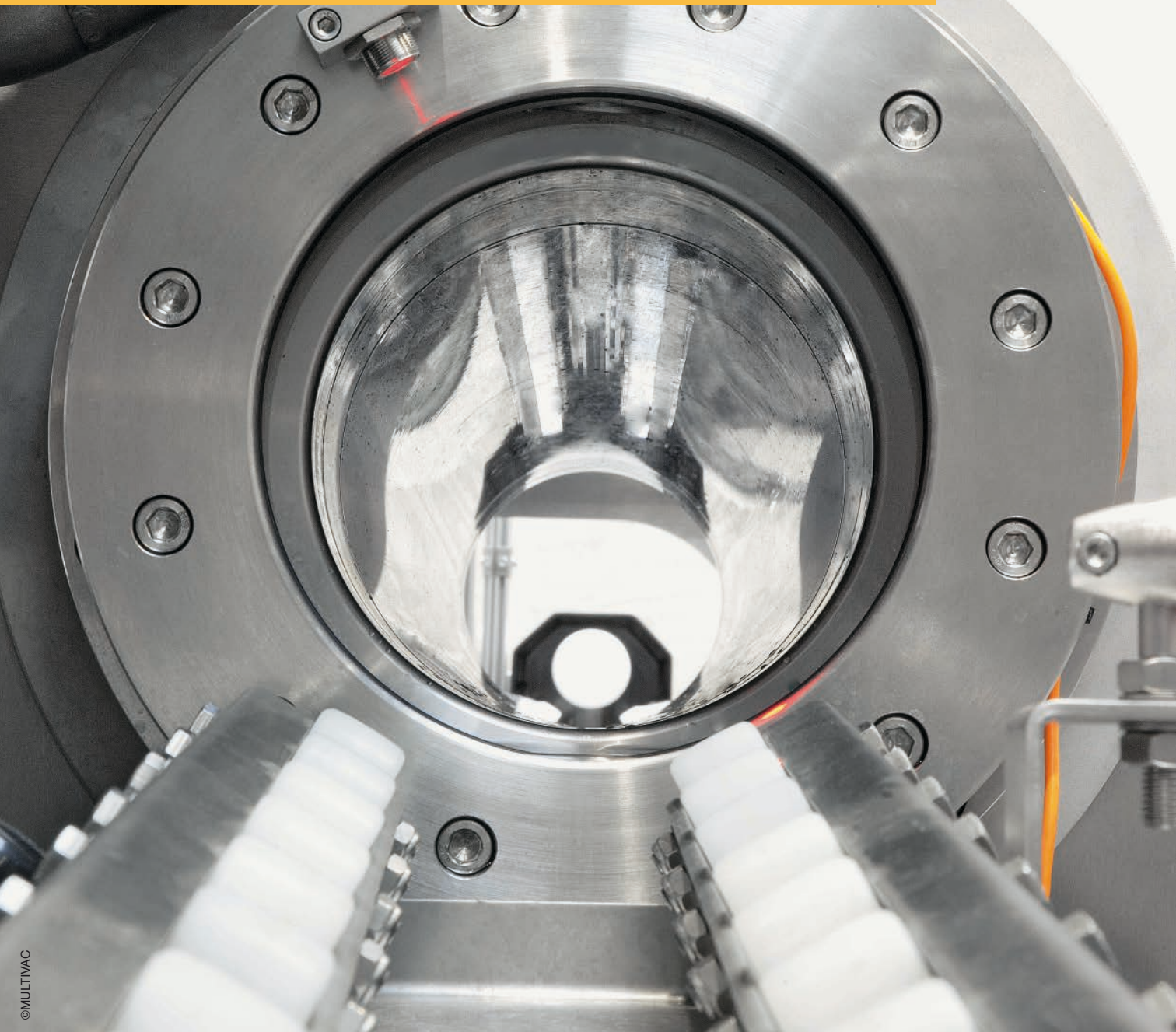


DLG-Expertenwissen 8/2018

Verbesserung der Haltbarkeit von Obst und Gemüse durch geeignete Verpackungstechnologien: Die Hochdruckbehandlung



©MULTIVAC

Die Situation

Vier großen Herausforderungen muss sich der Lebensmittelmarkt im Wesentlichen heutzutage stellen:

1. Reduzierung der Nahrungsmittelverschwendung
2. Erhöhung der Lebensmittelsicherheit und des Verbraucherschutzes
3. Schonender Umgang mit den Ressourcen
4. Entwicklung und Nutzung bedarfsgerechter Lösungen, die aktuellen wie künftigen Trends gerecht werden.

Denn: Rund 1,3 Milliarden Tonnen Lebensmittel werden pro Jahr verschwendet oder gehen verloren. Bei frischem Obst und Gemüse beträgt die Verschwendung sogar zwischen 40 und 55 Prozent des Anbaus. In der gesamten Wertschöpfungskette, von der Ernte bzw. der Produktion über die Weiterverarbeitung, bei der Lagerung und auch während des Transports gibt es Nahrungsmittelverluste, ebenso im Handel und beim Verbraucher.

Die Ursachen sind unterschiedlich. Sie hängen unter anderem vom Entwicklungsstand des jeweiligen Landes und von den Ernährungsgewohnheiten der Menschen ab. In den Entwicklungsländern entstehen die Nahrungsmittelverluste vor allem bei der landwirtschaftlichen Urproduktion, also am Anfang der Wertschöpfungskette. Gründe dafür sind die ungünstigen Rahmenbedingungen bei der Ernte oder der Weiterverarbeitung, aber auch eine suboptimale Infrastruktur, fehlende Lager- und Kühlkapazitäten sowie Verpackungs- und Vermarktungskonzepte. Den Menschen mangelt es an geeigneten Maschinen, Technologien und auch an Materialien, um die Nahrungsmittel haltbar und sicher zu machen. Die Lebensmittel verderben also, ehe sie den Verbraucher erreichen.

In entwickelten Ländern und in Schwellenländern hingegen findet die Lebensmittelverschwendung vor allem in den Haushalten und im Handel statt. Nahrungsmittel werden weggeworfen, obwohl sie noch genießbar sind – etwa wenn das Haltbarkeitsdatum erreicht ist, weil sie nicht den Normen entsprechen, sie unansehnlich geworden sind oder sich nicht mit Gewinn verkaufen lassen.

Für die Umwelt, die Industrie, den Handel und den Verbraucher ist der Schaden enorm. Volkswirtschaftlich betrachtet bewegen sich die Kosten, die im Zusammenhang mit der Vernichtung bzw. Entsorgung verdorbener Lebensmittel entstehen, weltweit im Milliardenbereich. Allein in der europäischen Union landen jedes Jahr etwa 88 Millionen Tonnen Lebensmittel auf dem Müll [1]. Hinzu kommt die Verschwendung von CO₂-Äquivalenten und Trinkwasser, die sowohl beim Anbau der Lebensmittel als auch bei ihrer Verarbeitung und letztendlich ihrer Vernichtung eingesetzt werden.

Auch Trends, die das Konsumverhalten beeinflussen, haben Auswirkungen auf die Verwertbarkeit von Obst und Gemüse. Die Gesellschaft und auch die Familienstrukturen wandeln sich. Es gibt immer mehr Alleinstehende in allen Altersklassen – vor allem in den großen Städten lebt bereits rund die Hälfte der Einwohner in Einzelhaushalten. Zudem werden wir immer älter, bleiben länger fit, haben aber auch mit multiplen Krankheitsbildern zu kämpfen und richten unsere Ernährungsgewohnheiten mehr denn je nach den Lebensumständen aus. Insgesamt hält der Trend nach bedarfsgerechten Lebensmitteln weiter an – der Blick richtet sich hier unter anderem auf senioren- und kindgerechte Lebensmittel, funktionale oder naturbelassene Lebensmittel von höchster Qualität sowie Convenience-Gerichte und Fertigungszubereitungen, die sich schnell ohne großen Aufwand zubereiten oder unterwegs, auf dem Weg zur Arbeit, in der Mittagspause oder beim Sport konsumieren lassen.

Die Industrie muss sich all diesen Herausforderungen stellen. Daher haben Maßnahmen zur besseren Verwertung frischer und empfindlicher Lebensmittel insgesamt oberste Priorität. Ein wichtiger Ansatz hierfür ist der Verpackungsprozess, denn Verpackungen tragen dazu bei, die Haltbarkeit von Produkten zu verlängern und die Lebensmittelsicherheit zu erhöhen. Allerdings kommt es darauf an, Technologien einzusetzen, die für die jeweiligen Lebensmittel geeignet sind – und die darüber hinaus für den jeweiligen Produzenten beherrschbar, bedarfsgerecht und auch wirtschaftlich sind.

Spezifische Eigenschaften von Obst und Gemüse

Bei Gemüse und Salaten sowie insbesondere bei den im Trend liegenden verzehr- und küchenfertigen Mischungen ist die Gefahr des mikrobiellen Verderbs sehr hoch. Denn an den Schnittstellen fehlt die schützende Schicht wie zum Beispiel eine Schale und damit ist die Angriffsfläche für mikrobiellen Verderb stark erhöht.

Bei Obst ist die Unterscheidung zwischen klimakterischen und nichtklimakterischen Früchten ein wesentlicher Aspekt, denn die Art der Frucht hat unter anderem erhebliche Auswirkungen auf ihre Haltbarkeit, die Verarbeitungsmöglichkeiten und die Lagerung. Das Klimakterium bewirkt durch einen zwei- bis dreifachen Anstieg der Atmung, also der Sauerstoffaufnahme und Kohlenstoffdioxidabgabe, biochemische Veränderungen wie beispielsweise den Abbau von Zellwandpektinen und die Hydrolyse von Stärke. Der Stoffwechsel läuft nach der Ernte weiter, was in der Folge zu Reifung, Gärung, Verfärbung und letztendlich zu endgültigem Verderb durch Abbau des Zellgewebes sowie Wachstum von Schimmel und anderen unerwünschten Mikroorganismen führt.

In der Regel sind ganze, unbeschädigte Produkte haltbarer als geschnittene Ware. In Abhängigkeit von Sorte, Reifegrad, Verarbeitung, Verpackungsmaterial und Verpackungstechnologie können in kürzester Zeit, auch vor Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums, Verfärbungen, Schimmelbefall und Flüssigkeitsansammlungen auftreten.

Vorrangig genutzte Verfahren zur Verlängerung der Haltbarkeit

Vorrangig kommen zur Verlängerung der Haltbarkeit bei Obst und Gemüse bislang MAP- und EMAP-Verpackungen zum Einsatz. Bei MAP-Packungen (Modified Atmosphere Packaging) wird die natürliche Atmosphäre in der versiegelten Verpackung durch eine auf das jeweilige Produkt abgestimmte modifizierte Atmosphäre bzw. Gasmischung ersetzt. Üblicherweise besteht sie aus Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und Sauerstoff. Ihre genaue Zusammensetzung richtet sich nach Sorte, Lagertemperatur und Beschaffenheit der Produkte, ihrem Reife- und Zerkleinerungsgrad sowie vielen anderen Faktoren. Bei EMAP-Packungen (Equilibrium Modified Atmosphere Packaging) kann durch gezielte Mikroperforation der Verpackungsfolie ein Atmosphärenaustausch zwischen Packung und Umwelt stattfinden.

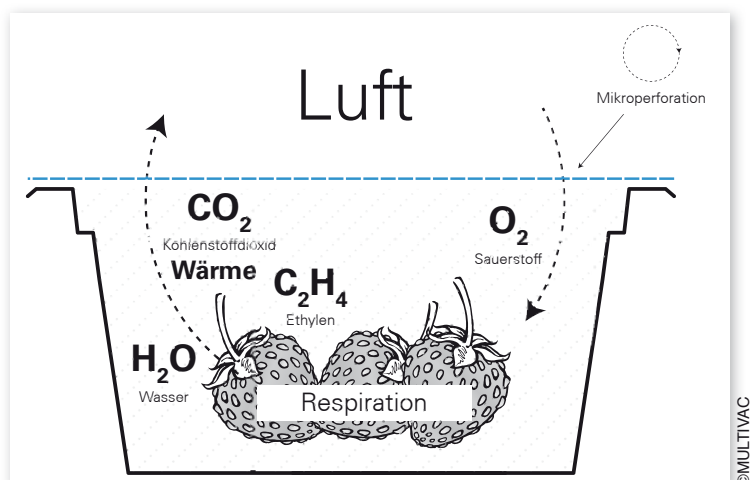


Abbildung 1: Schema des EMAP-Prinzips zur Verlängerung der Haltbarkeit von frischem Obst und Gemüse

So gelangt CO_2 nach außen und O_2 nach innen und in der Packung kann sich eine Gleichgewichtsatmosphäre einstellen, die die Haltbarkeit deutlich verlängert. Die Ausprägung der Perforation wird dabei an die Atmungsaktivität der Produkte angepasst. Durch das Zusammenspiel aus Atmung und Durchlässigkeit der Folie stellt sich eine für das Lebensmittel haltbarkeitsfördernde Atmosphäre im Innern der Verpackung ein.

Die Hochdruckbehandlung (HPP) von Lebensmitteln

Nutzen, Anwendungsgebiete

Als eines der vielversprechendsten Verfahren zur Haltbarmachung empfindlicher Lebensmittel und ein zukunftsfähiger Beitrag zur Erhöhung der Lebensmittelsicherheit weltweit gilt die Hochdruckbehandlung. Hauptanwendungsgebiete sind Fertiggerichte, Fleisch- und Wurstwaren sowie Obst und Gemüsezubereitungen. Hochdruckbehandelt werden aber auch Meeresfrüchte und Fisch sowie Säfte und andere Getränke.



Abbildung 2: Produktbeispiele für den Einsatz der Hochdruckbehandlung



Unerwünschte Mikroorganismen in den Lebensmitteln wie Salmonellen, Listerien oder Schimmelpilze sowie ungefährliche Keime wie Milchsäurebakterien, die zum Teil in großer Anzahl natürlich in Produkten vorkommen, lassen sich durch diesen produktschonenden Prozess inaktivieren oder sogar eliminieren. Anders als bei der Hitzebehandlung bleiben Vitamine und andere empfindliche Substanzen weitgehend erhalten. Auch der Geschmack

verändert sich nicht oder kaum, weil die kleinen Moleküle, aus denen beispielsweise die Aromen eines Lebensmittels bestehen, dem hohen Druck standhalten.

Verbraucher profitieren von diesem Verfahren, da frische und verarbeitete Lebensmittel oder die beliebten Fertiggerichte von höchster Qualität ohne Zusatzstoffe und ohne Hitzebehandlung über einen längeren Zeitraum aufbewahrt und konsumiert werden können.

Geschichte

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts untersuchte Bert H. Hite an der Landwirtschaftlichen Versuchsstation von West Virginia alternative Verfahren zur Haltbarmachung von Lebensmitteln. 1897 gelang ihm schließlich der Nachweis einer haltbarkeitsverlängernden Wirkung bei Milch, Fruchtsaft und Fleisch ohne merkliche Beeinträchtigung mit hohem hydrostatischem Druck. Dieser Ansatz wurde von der Lebensmittelindustrie damals jedoch nicht aufgegriffen. In den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts schließlich wurde der Hochdruck als schonendes Verfahren zur Haltbarmachung bzw. Konservierung von Lebensmitteln wiederentdeckt. 1991 kamen in Japan, 1996 in Europa sowie in den USA

unter anderem die ersten hochdruckbehandelten Fruchtsäfte und Konfitüren auf den Markt. Seit 2010 erlebt das Verfahren in vielen entwickelten Ländern einen enormen Schub. Die Gründe liegen in den veränderten Verbrauchergewohnheiten: „Bio“-Qualität ist in, wobei Konsumenten zwar zunehmend naturbelassene Lebensmittel schätzen, aber dennoch keine Abstriche an der Qualität, dem Aussehen und der Haltbarkeit machen wollen. Zudem geht der Trend aufgrund veränderter Gesellschafts-, Haushalts- und Familienstrukturen hin zu Fruchtzubereitungen, Pürees und Smoothies, aber auch zu Convenience-Gerichten sowie fertigen Obst-, Salat- und Gemüsemischungen, die ebenfalls weitgehend frei von Zusatz- und Konservierungsstoffen sein sollen.



Abbildung 3: Farberhalt bei Weizengrassaft nach der HPP-Behandlung bei 6000 bar (oben) im Vergleich zur unbehandelten Probe (unten)

Die Hochdruckbehandlung – ganz konkret

Es werden überwiegend verpackte Lebensmittel in fester, flüssiger oder pastöser Form hochdruckbehandelt. Dies setzt spezielle Eigenschaften des Verpackungsmaterials voraus. Zum Einsatz kommen in der Regel Schalen, Folienverbunde oder (bei flüssigen Produkten wie Säften und Smoothies) auch PET-Flaschen. Um ein optimales Ergebnis für jedes Produkt zu erzielen, muss allerdings die Prozessführung der HPP-Anlage optimal auf Packgut, Verpackungsmaterial und Packungsform abgestimmt und exakt gesteuert werden. Insbesondere ist die Packungsauslegung von hoher Bedeutung, um Beschädigungen oder Deformierungen der Verpackungen während des Hochdruckbehandlungsprozesses und damit mechanische Beeinträchtigungen zu vermeiden. Auch die Höhe des angewandten Drucks, die Druckhaltezeit, Art und Rezeptur des Lebensmittelprodukts sowie Art und Ausgangszahl der jeweiligen Keime und Mikroorganismen haben Einfluss auf den Erfolg der Hochdruckbehandlung.

HPP-Anlagen bestehen üblicherweise aus einer Druckkammer, einem Beladesystem mit entsprechenden Beladekörben, Hochdruckpumpen, einem Wasserkreislauf sowie einem Steuerungssystem. Die Beladung erfolgt häufig manuell. In automatisierten Verpackungslinien hingegen werden die verpackten Produkte mit einem Handhabungsmodul in den entsprechenden Beladekorb gelegt. Dieser ist zylindrisch ausgelegt und kann daher einem hohen Druck standhalten, weil sich der Druck gleichmäßig entlang der Oberfläche verteilt.

Anschließend werden die Packungen für eine definierte Haltezeit, die in der Regel bei wenigen Minuten liegt, in einem flüssigkeitsgefüllten Behälter einem sehr gleichmäßigen Druck von bis zu 6.000 bar (87.000 psi) ausgesetzt. Bei der Verdichtung wirkt der Druck von allen Seiten. Es entstehen keine Scherkräfte, so dass viele Produkte anschließend kaum sichtbare Veränderungen aufweisen. Farbe, Frische, Geruch und Geschmack bleiben erhalten, unerwünschte Mikroorganismen wie Bakterien, Keime, Hefen oder Schimmelpilze werden reduziert oder abgetötet.

Nach der Behandlung wird der Druck durch Entspannungsventile entlassen. Anschließend werden die Beladekörbe aus der Druckkammer gefahren und die Verpackungen bei Bedarf getrocknet, gekennzeichnet oder etikettiert.

Besondere Herausforderung bei der Behandlung von Schutzgasverpackungen

Während sich Vakuumverpackungen in der Regel bestens für die Hochdruckbehandlung eignen, bedürfen Schutzgasverpackungen einer detaillierteren Betrachtung.

Im Wesentlichen ergibt sich eine erfolgreiche Behandlung hierbei erst durch exakte Abstimmung von Verpackungskonzept, Prozessführung und Produkt.



Abbildung 4: Beispiele für eine automatische Bestückung der HPP-Beladekörbe

©MULTIVAC

©MULTIVAC

Beruhend auf der homogenen Druckübertragung erreichen die resultierenden Kräfte gleichermaßen die Verpackungsoberfläche als auch die Schutzatmosphäre und das Packgut im Inneren der Verpackung. Da sich Gase unter Druck relativ einfach komprimieren lassen, kommt es bereits während der ersten Phase des Druckaufbaus zu einem Kollabieren der Schutzgasverpackungen. Eine hohe Flexibilität der Verpackungsmaterialien gewährleistet dabei, dass die Kompression sowie die darauf folgende Entspannungsphase schadlos überstanden werden können. Starre Materialien wie beispielsweise Glas sind daher für den Hochdruckprozess nicht geeignet. Ein hoher Füllgrad sorgt zudem dafür, dass die Verpackungen intakt bleiben und sich nicht öffnen. Dennoch kann eine erfolgreiche Behandlung meist nur über Anpassung der Verpackungsgeometrie erreicht werden. Eine unzureichende Formgebung würde in einer starken Deformation von Produkt und Packung resultieren.

Darüber hinaus können selbst bei optimaler Auslegung des Verpackungskonzeptes noch einzelne Schadbilder auftreten. So werden bei der Behandlung von Schutzgasverpackungen häufig sogenannte „White Spots“, lokale Mikrodefekte in den Folien, beobachtet. Denn während der Druck in der Hochdruckkammer aufgebaut wird, werden Schutzgasmoleküle vereinzelt vom Folienmaterial absorbiert. Eine rasche Druckentspannung durch Öffnen der Ventile führt letztlich auch zu einer schlagartigen Volumenzunahme der Gasmoleküle. Dadurch werden die produktseitigen Schichten der Verpackungsfolie mechanisch stark belastet. Lokale Mikrodefekte sind die Folge und schränken das optische Erscheinungsbild der Artikel erheblich ein. Abbildung 6 zeigt die Bildung der Mikrodefekte in Detailaufnahmen.

Während der Druck in der Hochdruckkammer aufgebaut wird, werden Schutzgasmoleküle vereinzelt vom Folienmaterial absorbiert. Eine rasche Druckentspannung durch Öffnen der Ventile führt letztlich auch zu einer schlagartigen Volumenzunahme der Gasmoleküle. Dadurch werden die produktseitigen Schichten der Verpackungsfolie mechanisch stark belastet. Lokale Mikrodefekte sind die Folge und schränken das optische Erscheinungsbild der Artikel erheblich ein. Abbildung 6 zeigt die Bildung der Mikrodefekte in Detailaufnahmen.

Mit Hilfe eines regelbaren Entspannungsprofils, entwickelt und patentiert durch MULTIVAC, kann eine schonende Lösung der Gase erreicht werden. Dadurch ist es möglich, Schutzgasverpackungen schadlos zu behandeln. So profitieren die Verbraucher letztlich von einer deutlich verbesserten Lebensmittelsicherheit und Haltbarkeit. Aber auch für die Lebensmittelindustrie sowie für den Handel ergeben sich durch die Kombination von Schutzbegasung und Hochdruckbehandlung interessante Handlungsansätze, da sich die Produkte attraktiver am Point of Sale präsentieren und ein höherer Convenience-Grad erreichen lassen.

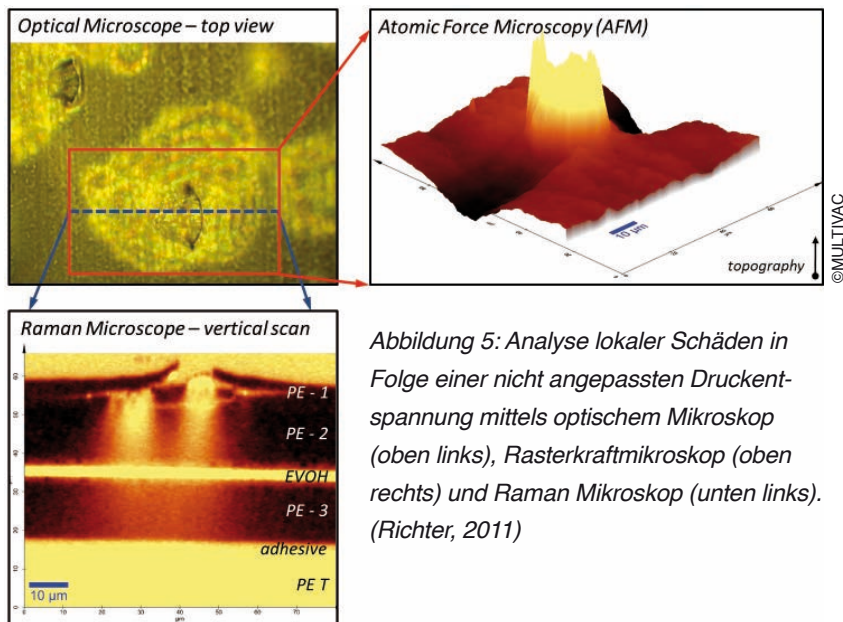


Abbildung 5: Analyse lokaler Schäden in Folge einer nicht angepassten Druckentspannung mittels optischem Mikroskop (oben links), Rasterkraftmikroskop (oben rechts) und Raman Mikroskop (unten links). (Richter, 2011)

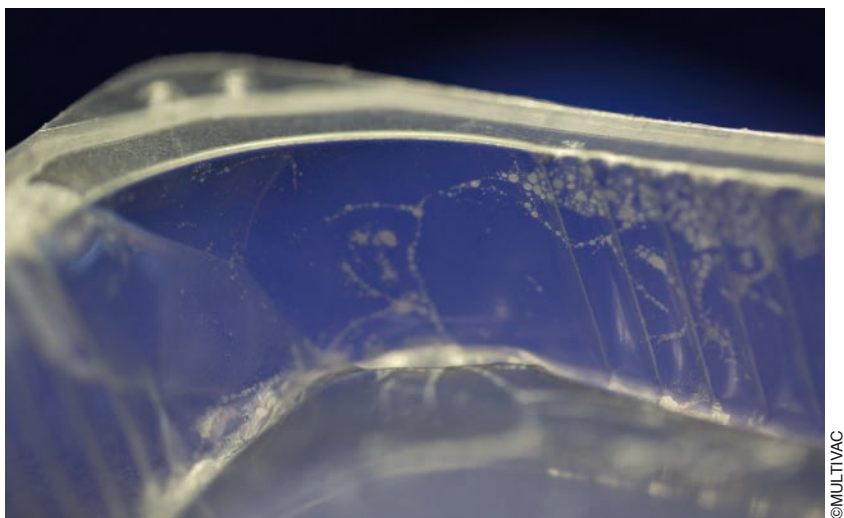


Abbildung 6: Lokale Mikrodefekte in der Verpackung nach HPP ohne geregelte Druckentspannung

Integration der HPP-Anlagen in automatisierte Verpackungsanlagen

Durch die Integration der HPP-Technologie in automatisierte Verpackungslinien lassen sich Durchsatz und Produktfluss deutlich verbessern. Gleichzeitig sinken die Prozesskosten pro Packung – insgesamt erhöht sich also die Wirtschaftlichkeit. Für einen reibungslosen Verpackungsprozess bedarf es allerdings entsprechender Voraussetzungen:

1. Das Befüllen der Beladekörbe muss in den Prozess eingebunden werden. Hierfür wurden spezielle aufklappbare Beladekörbe konzipiert, die Handhabungsautomaten eine gute Zugänglichkeit gewährleisten.
2. Da sich der Befüllungsgrad der Beladekörbe maßgeblich auf den Durchsatz der HPP-Anlage auswirkt, werden packungsspezifische Beladungsmuster definiert und in der Maschinensteuerung der Verpackungslinie gespeichert. In den Mustern ist zudem festgelegt, welche Verpackung wie von den Greifrobotern in die Beladekörbe gelegt wird. Dies garantiert eine optimale und effiziente Beladung der Druckkammer.
3. Für ein optimales Ergebnis muss die Produktionsleistung der HPP-Anlagen spezifisch auf die Leistung der Verpackungsmaschinen ausgelegt werden.

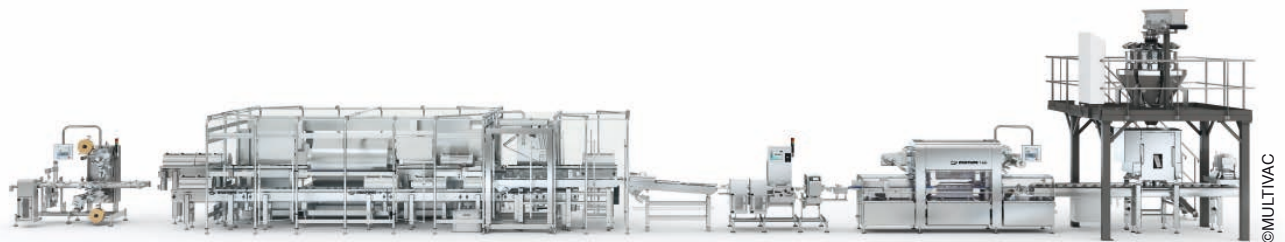


Abbildung 7: Beispiel einer integrierten HPP-Anlage

Das HPP-Testzentrum von MULTIVAC

Für generelle Machbarkeitstests, Haltbarkeitsanalysen oder zur Entwicklung neuer Produkte verfügt MULTIVAC über eine eigene kleine Testanlage mit einem Kammervolumen von 35 Litern. Dabei ist diese Anlage mit Einrichtungen und Verfahren ausgestattet, mit denen sowohl Vakuumverpackungen wie auch Schutzgasverpackungen sicher mit Hochdruck behandelt werden können.

Resümee

Insgesamt bietet die Hochdruckbehandlung, die sich sowohl für die Behandlung von Vakuumverpackungen als auch von Packungen mit Schutzatmosphäre (MAP) eignet, gegenüber der Haltbarmachung durch Hitzeeinwirkung einige Vorteile: Denn während durch Hitzeeinwirkung Vitamine verloren gehen bzw. zerfallen und die Hitze auch meist nicht gleichmäßig einwirkt, bleiben bei diesem nichtthermischen Verfahren die Vitamine und andere empfindliche Substanzen weitgehend erhalten, unerwünschte Mikroorganismen werden reduziert oder eliminiert. Verbraucher profitieren von der Hochdruckbehandlung, da frische und verarbeitete Lebensmittel oder Fertiggerichte von höchster Qualität über einen längeren Zeitraum aufbewahrt und konsumiert werden können.

Literatur:

Richter, T. (2011). Der Einfluss hohen hydrostatischen Drucks auf polymere thermoplastische Lebensmittelverpackungen. Dissertation. Technische Universität München.

Quelle:

[1] <http://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20170505STO73528/lebensmittelverschwendung-in-der-eu-infografik>

Autor:

Simon Ludl, Product Specialist HPP, MULTIVAC Sepp Haggenmüller SE & Co. KG, simon.ludl@multivac.de

Kontakt:

Simone Schiller, Geschäftsführerin DLG-Fachzentrum Lebensmittel, Frankfurt am Main, S.Schiller@DLG.org

© 2018

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