



42. Kulmbacher Woche vom 17./18. April 2007 - Tagungsbericht

Anlässlich der jährlich stattfindenden Kulmbacher Woche wurden die rund 220 Teilnehmenden in 21 Referaten über die neusten Arbeiten der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel; Standort Kulmbach (BfEL) sowie das Schwerpunktthema Hochdruckbehandlung von Fleisch (Referenten der BfEL und Externe) informiert. Die Präsentation des 1. Tages bezogen sich auf die Bereiche Prionen/ZNS-Gewebe, Schnellmethoden-Fleischqualität (NIR), Kutter-Technologie, Rückstands- und Schadstoffanalytik. Am 2. Tag erfolgte in einem 1. Teil eine Einführung in die Hochdruckbehandlung (HDB) und deren Anwendungsgebiete im Lebensmittelbereich. Im 2. Teil wurden mehrere Versuche der BfEL vorgestellt, die sich mit der Hochdruckbehandlung von verschiedenen Wurstarten befassten.

Einführungsreferate

Nach einer flammenden Begrüssung durch den Oberbürgermeister von Kulmbach, in der er seine klare Unterstützung für die Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel am Standort Kulmbach (BfEL Kulmbach) signalisierte, informierte der Präsident der gesamten BfEL, Prof. Rechkemmer, dass seitens des deutschen Staates ein klarer Entscheid zugunsten des Standortes Kulmbach gefallen ist. Von politischer Seite werden aber Personaleinsparungen vorgegeben, die es nun über alle BfEL-Standorte proportional umzusetzen gilt. Ministerialdirektor Hahn informierte in seiner Ansprache darüber, dass für die Ressortforschung der BfEL jährlich 200 Mio € eingesetzt werden. Zudem rief er die Forschenden zu einer vermehrten (internationalen) Vernetzung ihrer Projekte auf.

Nachweis von Prionen, ZNS-Gewebe und Knochen/Knorpel

In einem 1. Referat (Chr. Scherbel) wurde mittels immunochemischen Methoden (Western Blot, über Antikörper) gezeigt, dass **krankmachende Prionen** (PrP^{Sc}) aus aktivem Pansen- bzw. Coloninhalt von Rindern innert 20 Stunden in 85-90% der Ansätze und innert 40 Stunden in 100% der Ansätze vollständig durch gram-positive Bakterien abgebaut werden. Die zusätzliche Überprüfung mittels Bioassays über eine intracerebrale Inokulation (mit BSE-infiziertem Rinderhirn, Inkubationsdauer mit Pansen- bzw. Coloninhalt: 40 Stunden) hatte bei Hamstern jedoch eine generelle Infektion mit PrP^{Sc} und eine Reduktion der Lebensdauer unter 50% zur Folge. Erst bei einer Erhöhung der Inkubationsdauer auf 6 Tage konnte PrP^{Sc} auch mittels Bioassay nicht mehr nachgewiesen werden. Aufgrund der vorliegenden Daten kann eine Kontamination der Umwelt über mit BSE-Erregern infiziertem Kot, trotz der ermutigenden Ergebnisse der immunochemischen Untersuchungen, nicht ausgeschlossen werden; deren Bedeutung soll in weiteren Untersuchungen aber noch genauer abgeklärt werden.

Auch der Nachweis von Gewebe aus dem **zentralen Nervensystem** (ZNS) ist im Zusammenhang mit Separatorenfleisch von Bedeutung (A. Hammon). Dabei wurde an der BfEL eine Methode entwickelt, die als Marker das ZNS-spezifische Myelin Proteolipid Protein (PLP) verwendet. Dies ist insofern von Bedeutung, weil die deutschen Leitsätze einen generellen Ausschluss von ZNS-Gewebe empfehlen, dies in der EU-Gesetzgebung aber nur für Wiederkäuer älter als 12 Monate vorgeschrieben ist. Eine weitere Präsentation (K. Troeger) befasste sich mit dem Nachweis von ZNS mit einer Elisa-Methode (Ridascreen). Dies deshalb, weil sich der bisher anerkannte Nachweis von Separatorenfleisch über Calcium (aus Knochenresten) gerade bei kleinen Zugabemengen als wenig zuverlässig erwiesen hat und histologische Überprüfungen oft schwierig sind. Die Sensitivität gegenüber PLP bzw. Rückenmark wurde in beiden vorgestellten Untersuchungen in Modellwürsten (Roh, Brüh-, Kochwurst)

mit ansteigenden Anteilen der genannten Agenzien verifiziert. Bei der Überprüfung von Handelsprodukten zeigte sich, dass sich ZNS-Gewebe in rund 10% der untersuchten Würste nachweisen lässt. Als Ursache wurden die Zugabe von Hirn (unwahrscheinlich) bzw. von Separatorenfleisch genannt, wobei aufgrund der analysierten Gehaltswerte der zugegebene Anteil an Separatorenfleisch (bzw. „3mm-Fleisch“) in den untersuchten Brühwürsten auf 20 bis 30% geschätzt wurde.

Über eine kombinierte Färbung mit Alcian Blau / Azalinrot lassen sich sowohl **Knochen**- (rot) wie auch **Knorpel**partikel (blau) in Fleischprodukten nachweisen (W. Branscheid). Die mengenmäßige Bestimmung erfolgt durch ein manuelles Aussortieren und Rückwaage der angefärbten Partikel. Als Alternative wurde versucht, die Quantifizierung mittels Computertomographie (CT) zu vereinfachen. Dabei konnten aber nur rund 10% der mittels Färbung bestimmten Partikel nachgewiesen werden.

Schnellmethoden zur Erfassung der Fleischqualität

Ein erster Referent (K. Fischer) befasste sich mit der Messung von **Softverlusten in Schweinefleisch** mittels **Nahinfrarotspektroskopie** (NIRS: 400 – 2'300 nm, 60 s Messdauer, 2.5 cm dicke Scheibe aus *Longissimus dorsi*). Je nach Art der Bestimmung resultierten bis nach 6 Tagen Tropfsaftverluste bis 6% (EZ-Methode aus Dänemark) bzw. 10% (EU-Methode nach Honikel, 1988). Über die vier Merkmale pH_1 , pH_{24} , LF_{24} (Leitfähigkeit) und L^*_{24} (Farbhelligkeit) konnten gute multiple Regressionen mit dem Tropfsaftverlust ($r = 0.7 - 0.86$, abhängig von Art der Methode und Zeitdauer), mittlere mit dem Lagerverlust ($r = 0.6 - 0.7$) und schlechte sowohl mit dem Auftau- wie auch mit dem Kochverlust ($r = 0.1 - 0.3$) aufgezeigt werden. Die Schätzung der vier genannten Merkmale aufgrund der NIRS-Spektren ergab ebenfalls hohe Zusammenhänge: pH_1 ($r = 0.89$), pH_{24} ($r = 0.61$), LF_{24} ($r = 0.94$) und L^*_{24} ($r = 0.91$). Für die Schätzung der Softverluste mittels NIRS ermittelte man wiederum gute Regressionen mit dem Tropfsaftverlust ($r = 0.9$ nach 1 Tag, $r = 0.75 - 0.8$: ab 2 Tagen), mittlere mit dem Lagerverlust ($r = 0.6 - 0.7$) und schlechte sowohl mit dem Auftau- wie auch dem Kochverlust ($r = 0.2 - 0.3$). Der Schätzfehler für die Softverluste belief sich auf 0.4 – 1.0%. Vor einer Anwendung der NIRS-Technik am Schlachtband ist es jedoch notwendig, für folgende Schwierigkeiten zuerst praxistaugliche Lösungen zu entwickeln: Verringerung der Messdauer auf ms, Verwendung von Einstichsonden anstelle eines flachen Messkopfes, Validierung der Methode mit Schlachthausdaten aus der Praxis.

Die Eignung der **NIRS**-Technik wurde ebenfalls für die Überprüfung des Rohmaterials für die Rohschinkenproduktion geprüft, indem der Gehalt an **intramuskulärem Fett** (IMF) mittels NIRS ermittelt wird (P. Freudenreich). Dabei zeigte sich, dass der IMF zwischen 5 Muskeln des Hinterschinkens zwischen 1 und 4% variiert und sich die besten Aussagen über die Messung am Eckstückmuskel *M. semimembranosus* bei 1210 nm (Alternativen: 930, 1725 und 1760 nm) erreichen lassen. Dabei wurden Regressionen zwischen IMF und NIRS-Messung von 0.75 bis 0.8 (Schätzfehler: 0.4) erreicht. Zukünftige Messgeräte sollten berührungslos (mit Abstandhalter: 15 mm) sein, so dass der Messkopf weniger verschmiert. Beide der obgenannten Referenten gaben der Hoffnung Ausdruck, dass sich die IMF- und Tropfsaftverlust-Messungen mittels NIRS in Zukunft evtl. sogar kombinieren lassen.

Kutter-Technologie

In einem weiteren Vortrag wurden frühere Ergebnisse zur Kuttertechnologie zusammenfassend wiedergegeben (S. Stoyanov). Der Referent erwähnte dabei, dass die Form der Kuttermesser weniger eine Rolle spielt, die Schärfe der Messer vor allem dem Zerkleinern des Bindegewebes dient (übriges Gewebe wird auch ohne scharfe Klinge zerkleinert), die reibungsbedingte Temperaturerhöhung des Brätes unmittelbar beim Messer entgegen der bisherigen Lehrmeinung nur bei 5 bis 6°C liegt und eine zunehmende Brättemperatur auf eine geringere Viskosität bzw. einen erhöhten Zerkleinerungsgrad hinweist. Die neuen Arbeiten befassten sich mit den unterschiedlichen Kräften, die während des Kutters auf die Kuttermesser wirken. Diese sind v.a. vom Brät und weniger von der Messergeometrie abhängig, steigen bis zu einer Kutterdauer von etwa 200 s an und sinken nachher wieder ab. Zudem erfahren die Messer während des Kutters verschiedene Dehnungen, die entweder temperaturbedingt sind, auf Eigenschwingungen beruhen bzw. durch 1 Schlag pro Umdrehung verursacht werden.

Rückstände und Schadstoffe

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von Flammenschutzmitteln können sich **polybromierte Diphenylether (PDBE)** in tierischen Lebensmitteln (v.a. Fisch) anreichern. Diese können sowohl neurotoxische, cancerogene oder mutagene Wirkungen entfalten. An der BfEL wurde eine entsprechende Analyseverfahren bestehend aus Probenextraktion, Clean-Up und Detektion mittels GC-MS entwickelt (*M. Gensler*), die noch weiter verfeinert und anhand von zusätzlichem Probenmaterial eingehender überprüft werden soll.

Eine weitere Präsentation befasste sich mit den **polzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)**, die bei der unvollständigen Verbrennung von organischer Substanz (z.B. beim Erhitzen, Trocknen, Räuchern) entstehen (*K. Ziegenhals*). Einige dieser PAK besitzen ebenfalls cancerogene Eigenschaften. Nach den Vorarbeiten der Vorjahre wurde nun eine GC-Fast-Methode entwickelt, die den Nachweis der 16 von der FAO als prioritär eingestuften PAK-Verbindungen mit einem geringeren Aufwand erlaubt. Dabei wurde auch festgestellt, dass der PAK-Gehalt in Gewürzen im Vergleich zu 1977 zurückgegangen ist.

Ebenfalls in Gewürzen wurde der Gehalt an **polychlorierten Biphenylen (PCB)** und **Dioxinen** bestimmt (*S. Kleinheinz*). Dies deshalb, weil in einzelnen Fleischerzeugnissen erhöhte Gehalte beobachtet und dabei die Gewürze als Ursache vermutet wurden. In 5 von 7 Bärlauchproben (Ernte während Ende Heizperiode) und 2 von 10 Schnittlauchproben wurden dabei um einen Faktor 10 erhöhte Gehalte an PCB bzw. Dioxinen festgestellt; all die übrigen untersuchten Gewürze und Fleischerzeugnisse wiesen unauffällig niedrige Gehalte der beiden Stoffgruppen auf. Betreffend der beiden Gewürze mit erhöhten Gehalten werden nun weitere Untersuchungen bezüglich Standortbedingungen, Trocknungsmethoden folgen. Die eingangs erwähnten höheren Gehalte konnten jedoch nicht auf die eingesetzten Gewürze zurückgeführt werden.

Hochdruckbehandlung (HDB)

HDB kann für viele lebensmitteltechnologische Verfahren (Quellen von Stärke, Auffalten oder Denaturieren von Proteinen, Verändern der Fettphase, Inaktivieren von Mikroorganismen und Enzyme) eingesetzt werden (*V. Heinz*). Dabei liegt der Hauptaspekt für die Fleischbranche in der **Inaktivierung von Mikroorganismen**. In einem Hochdruckbehälter (100 bis 300 Liter Volumen bei 50% Volumenausnutzung) werden Fleischerzeugnisse in der Endverpackung in einem druckübertragenden Medium, meist Wasser, mit **Drücken bis zu 8'000 bar** behandelt. Dabei werden die Fleischerzeugnisse reversibel auf bis zu einem Viertel ihres Volumens gestaucht. Bei diesem Vorgang wird durch die innere Reibung der Erzeugnisse eine Temperaturerhöhung von ca. 5°C pro 1'000 bar erreicht. Auch dieser Vorgang ist reversibel, was zu einer raschen Abkühlung der Erzeugnisse bei der Druckentspannung führt. Der Druckzyklus, bestehend aus Befüllen, Komprimieren, Druckhaltezeit, Entspannen und Entleeren dauert ca. 5 Minuten. Je nach Anwendung werden auch zwei Zyklen, dafür bei geringeren Drücken, durchgeführt (Intervallbehandlung). Weltweit sind derzeit 91 HD-Anlagen im industriellen Einsatz, wobei jährlich etwa 10 Stück hinzukommen.

Die Fa. UHDE in Hagen (*P. Nünnerich*) stellte einige **kommerzielle Anlagentypen** mitsamt ihren aufwendigen Komponenten und Konstruktionen vor, die aus finanzieller Sicht nur für Grossbetriebe in Frage kommen dürften. Dabei wies der Referent darauf hin, wie schonend die HDB gegenüber konventionellen Konservierungsprozessen ist. Durch die gleichmässige Druckübertragung wirken keine Scherkräfte auf das Produkt. Auch der Einfluss auf das Aroma und den Vitamingehalt ist sehr gering. Einzig die Farbe kann unter der HDB leiden, indem sich die Farbe von Frischfleisch sehr schnell, diejenige von fertigen Fleischerzeugnissen während der Behandlung jedoch kaum verändert.

Durch das HDB von Fleischerzeugnissen in der **Endverkaufspackung** kann eine Rekontamination beim Verpacken ausgeschlossen werden, so dass eine Packstoffentkeimung nicht mehr notwendig ist (*T. Richter*). Mit dieser Anwendung kann somit ein Verpacken im Reinraum oder ein Nachpasteurisieren der Packung umgangen werden. Die Verpackung spielt bei der HDB eine zentrale Rolle. Um die Auswirkungen der HDB auf die in der Fleischbranche verwendeten Verbundstofffolien zu untersuchen, wurden Verpackungen einer HDB unterzogen und anschliessend ihre Sauerstoff- und Wasserdampfdurchlässigkeit getestet. Als Referenzen galten pasteurisierte Verpackungen. Die Vakuumpackungen wiesen zum Teil Delaminationen, was sich in weissen Verfärbungen äusserte, bzw. Knickbrüche auf. Es zeigte sich, dass flexible Kunststoffe grundsätzlich für die HDB in Kombination mit einer Schutzgasverpackung geeignet sind, dass

jedoch unter ungünstigen Bedingungen, wie diejenigen eines zu schnellen und hohen Druckaufbaus, verschiedene druckinduzierte Veränderungen der Folie auftreten können. Da diese Veränderungen vor allem bei zu schnellem Druckauf- und -abbau entsteht, steht eine verpackungsschonende HDB im Konflikt mit den qualitativen Anforderungen an das Lebensmittel. Weiter ist bei Kunststoffverpackungen auszuschliessen, dass niedermolekulare Komponenten der Polymermaterialien in unzulässigen Mengen in das Lebensmittel übergehen.

Im Rahmen von orientierenden Untersuchungen hat der nächste Referent (*L. Kröckel*) den der HDB auf die **mikrobiologische Qualität von vakuumverpacktem Brühwurstaufschnitt** ermittelt. Dazu wurden zwei einfache Brühwürste (Lyoner und Gelbwurst) aufgeschnitten und mit produkttypischen Bakterien (10^6 - 10^7 KbE/g; Milchsäurebakterien, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Serratia marcescens*) inokuliert, verpackt und unterschiedlich hohen Drücken (100, 400, 600, 800 MPa) bei 10°C während 10 Minuten ausgesetzt. Anschliessend wurden die Packungen für 42 Tage bei 7°C gelagert. Die Keimzahlen unmittelbar nach der HDB waren zwar bei der Lyoner zum Teil höher als bei der Gelbwurst, aber die Erholung und das Wachstum waren deutlich stärker eingeschränkt. Als technologisch interessant für eine brauchbare Keimzahlreduktion (10^4 - 10^5 KbE/g) in vorverpacktem Brühwurstaufschnitt erwiesen sich bei den gewählten Temperatur/Zeitbedingungen Drücke ab 600 MPa. Bei höheren Prozesstemperaturen könnten niedrigere Drücke eingesetzt werden.

Hoher Druck kann **Gleichgewichte und Reaktionsgeschwindigkeiten von chemischen oder biochemischen Reaktionen** beeinflussen, wenn sie mit Volumenänderungen verbunden sind (*P. Butz*). Dies ist zum Beispiel der Fall bei der minuten-schnellen Zyklisierungsreaktion von Aspartam zum entsprechenden Diketopiperazin, wie auch bei der Zyklisierung von Glutamin zu Pyroglutamten in verschiedenen (bioaktiven) Dipeptiden. Die erforderlichen Inkubationszeiten für einige dieser Versuche waren jedoch bis zu einigen Stunden und insofern nur von geringer Relevanz für die kommerzielle Anwendung.

Cholesterol kann durch Einwirkung von Hitze, Licht, Bestrahlung oder freien Radikalen zu **Cholesteroloxyden** (CO) oxidieren (*S. Münch*). In Fleisch und Fleischerzeugnissen bestehen grundsätzlich günstige Voraussetzungen für die Bildung von CO. Untersuchungen haben gezeigt, dass insbesondere die Lagerung von erhitztem Fleisch hinsichtlich der CO-Gehalte zu beachtlichen Problemen führen kann. Während sich bei einer einwöchigen Lagerung bei 8°C der CO-Gehalt bei frischem Fleisch verdreifachte, erhöhte er sich bei gebratenem Fleisch um den Faktor 50 und bei gekochtem Fleisch um den Faktor 200. In Untersuchungen der BfEL wurde daher der Einfluss der HDB (400, 600, 800 MPa bei 2°C während 10 Minuten) auf die Bildung von CO bei Brühwürsten (Lyoner und Gelbwurst) untersucht. Im Anschluss an die HDB erfolgte eine 21-tägige Lagerung bei 2°C, wobei die Proben während 12 Stunden pro Tag belichtet wurden. Es wurde festgestellt, dass sich die Konzentration an CO weder direkt nach der HDB, noch nach der anschliessende Lagerung wesentlich von der Kontrollprobe unterschied. Jedoch wurde festgestellt, dass sich der Einsatz von Nitritpökelsalz im Vergleich zu Kochsalz im Hinblick auf die meisten CO oxidationshemmend auswirkte.

In weiteren Versuchen wurde der **Einfluss unterschiedlicher Temperaturen bei der HDB von streichfähiger Rohwurst** geprüft (*R. Lautenschläger*). Zur Untersuchung wurde Zwiebelmettwurst (40% Schweinefleisch SII und 60% Halsspeck) hergestellt, welche anschliessend im Intervallverfahren einer HDB (600 und 800 MPa bei +20, -5 und -18°C) unterzogen wurde. Die Behandlung bei +20°C brachte ein Produkt hervor, das hinsichtlich Textur und Farbe einer pasteurisierten Ware glich. Durch die Behandlung bei -5°C konnte eine merkliche Annäherung an nicht behandelte Produkte erreicht werden. Durch die HDB im gefrorenem Zustand war es möglich, die sensorische Qualität der Zwiebelmettwurst hinsichtlich Pökelfarbe und Konsistenz bis zum 21. Tag nach der HDB aufrecht zu erhalten. Starke Abweichungen waren jedoch im Geruch und Geschmack (Fettverderb) zu beobachten. Festzustellen war jedoch, dass eine sichere und nachhaltige Inaktivierung von relevanten verderbniserregenden Mikroorganismen bei einer Behandlung in gefrorenem Zustand ausblieb.

Frische Bratwürste (roh) sind recht heikle Produkte und können wegen ihrer begrenzten Haltbarkeit kaum im SB-Bereich eingesetzt werden. Durch die HDB kann die Haltbarkeit verlängert werden, jedoch nicht ohne sensorische Veränderungen. Einige Untersuchungen befassten sich mit den **Auswirkungen der Prozessführung auf qualitative Parameter HD-behandelter frischer Bratwurst** (*S. Fischer*). Zur Untersuchung wurden Bratwürste hergestellt, welche anschliessend im Intervallverfahren einer HDB (600 MPa bei 20 und 0°C) unterzogen

wurde. Im Anschluss erfolgte eine 28-tägige Lagerung bei 7°C. Wird die HDB mit vakuumierten Proben durchgeführt, hat die Temperatur einen signifikanten Einfluss auf die mikrobiologische Stabilität. Bei 20°C Starttemperatur ist eine um Faktor 10^2 bessere Inaktivierung zu erreichen. Allerdings sind die farblichen Einbussen bei 20°C sehr stark ausgeprägt. Wird CO₂ als Schutzgas verwendet, ist der Einfluss der Temperatur auf die mikrobiologische Stabilität zu vernachlässigen. Eine deutliche Absenkung des a-Wertes (Rotwert) von 14 auf 6 erfolgt ebenfalls durch den Einsatz von CO₂ und Argon als Schutzgas. Diese Absenkung fällt bei der Verwendung von bereits einem geringen Teil N₂ im Schutzgas deutlich geringer aus. Auf die Festigkeit hat vor allem die Vorevakuierung des Brätes vor dem Abfüllen Einfluss. Bei einer mangelhaften Entlüftung verflüssigen sich die eingeschlossenen Gase während der HDB, laufen zusammen und bilden bei der Entspannung grosse Hohlstellen. Bei jeder HDB ist ein Verflachen des Gewürzprofils festzustellen, was eine verstärkte Salzintensität bedeutet. Die Untersuchungen zeigen, dass viele Parameter Einfluss auf die Qualität des mit Hochdruck behandelten Produkts haben.

Ziel einer weiteren Untersuchung war es, bei ***länger gereiften Rohwürsten*** die günstigsten Bedingungen einer HDB herauszukristallisieren, die eine effektive Abtötung unerwünschter Mikroorganismen sicherstellen und den Produktcharakter möglichst gering beeinflussen (*I. Dederer*). Rohwürste (40% Rindfleisch, 40% Schweinefleisch, 20% Speck) wurden während 28 Tagen gereift. Die Proben wurden direkt nach dem Abfüllen bzw. während der Reifung (7., 14., 21., 28. Tag) einer HDB (600 MPa bei 20°C für 10 Minuten) unterzogen. Während der Reifung wurden keine signifikanten Unterschiede im a_w-Wert-Verlauf festgestellt. Der pH-Wert der zu Beginn der Reifung behandelten Probe senkte sich lediglich um 0.1 Einheiten ab, da die Zahl der Laktobazillen zu stark verringert wurde. Durch die beinahe ausgebliebene Säuerung wurde diese Probe auch als deutlich zu weich beurteilt. Die Farbmessungen zeigten, dass die Proben nach der HDB heller waren. Je später die HDB durchgeführt wurde, desto weniger negativ waren die Auswirkungen auf die Farbe in Form einer Erhöhung der Helligkeit (L-Wert). Aufgrund der Untersuchungen lässt sich schliessen, dass die HDB am günstigsten und sinnvollsten am Ende der Reifung durchzuführen ist.

Ein Haupthindernis für die Anwendung der HDB als alleinige Technologie für die Konservierung von Lebensmitteln stellt leider die ineffiziente ***Inaktivierung von Bakteriensporen*** dar (*W.-D. Müller*). Daher wurden zwei prinzipiell mögliche Behandlungsmethoden geprüft: eine gleichzeitige und eine zeitversetzte Anwendung der Wärme- und Hochdruckbehandlung. Bei der direkten Anwendung erfolgt die HDB direkt im Anschluss an die Pasteurisation in der vortemperierten Hochdruckanlage. Bei der zeitversetzten Anwendung wird die Tatsache benutzt, dass die Sporen sowohl nach einer Pasteurisation (hitzeinduziert) als auch nach einer HDB (druckinduziert) auskeimen. Brühwurstbrät (64% Rindfleisch, 18% Sonnenblumenöl, 18% Eis) wurde mit einem Pool aus aeroben und anaeroben, mesophilen und thermophilen Sporen (10^5) inokuliert und anschliessend in 50 g Alu-Leichtbehältnisse abgefüllt. Bei der direkten Anwendung musste zur Inaktivierung aller Sporen ein Intervall-HDB mit 900 MPa bei 65°C bzw. 600 MPa bei 80°C für 2x4 Minuten angewendet werden. Da eine solche Anlage für die industrielle Anwendung zur Zeit nicht zur Verfügung steht und diese Anwendung zu unerwünschten Qualitätsfehlern führt, wird diese Anwendung nicht mehr weiter verfolgt. Durch eine zeitversetzte Anwendung gelang es mit einem moderaten Druck von 300 MPa, die Sporen zum Auskeimen anzuregen. Bei geeigneter Bebrütungszeit ab 30 Minuten bei 37°C verlieren die eingesetzten Sporen so viel von ihrer Hitzeresistenz, so dass sie bei einer Kerntemperatur von 95°C nach 20 Minuten vollständig inaktiviert werden konnten.

R. Hadorn und M. Suter, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP