

## Vergleichende mikrobiologische Stabilität von Rohschinken nach Trockenpökellung, Spritzpökellung oder Pökellung unter Anwendung eines neuen Verfahrens mit Stickstoff und Niederdruck

Comparative microbiological stability of raw ham after dry curing, injection curing or curing using a new nitrogen and low pressure method

M. GAREIS und J. KABISCH

### Zusammenfassung

Für die Produktsicherheit und Haltbarmachung von Rohschinken sind die Absenkung des  $a_w$ -Wertes durch Erhöhung der Salzkonzentration und die Reduktion des Wassergehaltes von zentraler Bedeutung. Das schnelle und kontrollierte Erreichen einer ausreichenden Salzkonzentration im Inneren der Fleischstücke ist daher ein prioritäres Ziel für die gewünschte mikrobiologische Stabilisierung der Produkte. Die geschwindigkeitsbestimmenden Schritte während der Produktion von Rohschinken stellen die Diffusionszeit der Pökelsalze in den Kernbereich des Schinkens und die Diffusionszeit des Wassers während der Trocknung und Reifung dar.

Vor diesem Hintergrund haben wir ein neues Verfahren für die Herstellung von Rohschinken entwickelt, das aus der Anwendung einer Kombination von Stickstoff mit Niederdruckanwendung besteht und bei dem das Durchbrennen in einer dafür geeigneten Edelstahldruckanlage (Modell VT 003, Vivotec GmbH, Kalkar) durchgeführt wird.

Stickstoff weist eine geringe Löslichkeit in Wasser, Fetten und Ölen auf und ist äußerst reaktionsträge, weshalb es sich als Inertgas für die genannten Zwecke gut eignet. Unter Anwendung von Niederdruck (1,48 MPa) dringen die Pökelsalze schnell, gleichmäßig, sehr schonend und nicht Gewebe verletzend in die Fleischstücke ein, was in einer hohen mikrobiologischen Stabilität der Produkte resultiert. Im Vergleich der verschiedenen, an Lachsschinken überprüften Pökelfverfahren erwies sich der spritzgepökelte Schinken mikrobiologisch als deutlich höher belastet als die mit Trockenpökellung oder dem  $N_2$ -Niederdruckpökellungsverfahren hergestellte Ware. Dies war insbesondere bei der unter Vakuum oder Schutzgas verpackten Schnittware auffällig, bei der die anaerobe mesophile Keimzahl im Laufe der dreiwöchigen Lagerung bei den spritzgepökelten Schinken um etwa 3  $\log_{10}$  Stufen anstieg und Keimzahlen von  $10^6$  KBE/g erreicht wurden. Im Vergleich dazu wiesen die trockengepökelten und mit dem  $N_2$ -Niederdruckverfahren hergestellten Schinken zum gleichen Prozesszeitpunkt Keimzahlen um  $10^1$  KBE/g auf (verpackte Schnittware und Stückware). Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass mit dem neuen  $N_2$ -Niederdruckverfahren die Prozessabläufe sehr gut steuerbar und kontrollierbar sind und es gelingt, Rohschinken herzustellen, die nicht nur den Ansprüchen an eine hohe sensorische Qualität Genüge leisten, sondern auch eine hohe mikrobiologische Stabilität aufweisen.

---

<b>Schlüsselwörter</b>	Rohschinken – Lachsschinken – mikrobiologische Sicherheit – $N_2$ -Niederdruck-Verfahren
<b>Key Words</b>	dry-cured ham – rolled fillet of ham – microbiological safety – curing – nitrogen-low pressure curing

---

### Summary

Lowering the  $a_w$ -value by increasing the salt concentration and reducing the water content are of prime significance in product safety and conservation of raw ham. Fast and controlled achievement of sufficient salt concentration inside the meat pieces is therefore a priority objective for the desired microbiological stabilising of the products. The speed-determining steps during production of raw ham are the diffusion time for curing salts in the core of the ham and the diffusion time for water during drying and ripening.

Against this background we have developed a new method for producing cured ham comprising combined nitrogen and low pressure application, in which the curing is carried out in a stainless steel pressure system (Model VT 003, Vivotec GmbH, Kalkar) suitable for this purpose.

Nitrogen displays low solubility in water, fats and oils and is extremely slow to react, which is why it is well suited for use as an inert gas for the said purposes. Under low pressure (1.48 MPa), the curing salts penetrate into the meat pieces quickly, uniformly, very gently and without injuring the tissue, resulting in high microbiological stability of the products. In a comparison of the various curing methods tested on rolled fillet of ham ('Lachsschinken'), the injection-cured ham proved to be microbiologically distinctly more contaminated than goods produced by dry curing or the N<sub>2</sub>-low pressure curing method. This was particularly conspicuous in the sliced products packed under vacuum or modified gas atmosphere. In the course of three-week storage, the anaerobic mesophilic germ count in the injection-cured hams rose by about 3 log<sub>10</sub> stages and germ counts of 10<sup>6</sup> CFU/g were reached. By contrast, the dry-cured hams produced using the N<sub>2</sub>-low-pressure method displayed germ counts of 10<sup>1</sup> CFU/g at the same process stage (packaged sliced products and piece goods). Altogether the results show that process operations can be steered well and are controllable with the new N<sub>2</sub>-low pressure method, making it possible to produce raw hams that not only satisfy the demands made of high sensory quality, but also display high microbiological safety.

## Einleitung

Salzen und Pökeln von rohem Fleisch zählen zu den ältesten Verfahren der Lebensmittelkonservierung (LEISTNER 1985). Die in der Praxis angewendeten Technologien für Rohpökelfleisch unterscheiden sich beträchtlich hinsichtlich der Art und Menge der verwendeten Pökelsalze, der Temperaturen und Zeiten der Pökelfleischherstellung, des Nachsalzens und Wässerns der Produkte, des Einsatzes von Starterkulturen etc. (LAUTENSCHLÄGER 2007). Bei der Rohschinkenherstellung werden im Wesentlichen drei technologische Ziele verfolgt: Stabilisierung des Produktes gegen mikrobiellen Verderb, Umrötung und Umaromatisierung (LAUTENSCHLÄGER 2007).

Die Pökelfleischverfahren lassen sich technologisch in zwei Gruppen einteilen, zum einen die traditionellen Verfahren (Trockenpökelfleisch, Trocken-/Nasspökelfleisch und Nasspökelfleisch) und zum anderen die Schneltpökelfleischverfahren, die auf einer Injektion der Lake in die Fleischstücke beruhen (Muskel-, Aderspritzung) (KRÄMER 2002).

Das arbeits- und kostenintensive Trocken- bzw. Nasspökeln bleibt zumeist der Produktion hochwertiger Schinken vorbehalten, während die Schneltpökelfleischverfahren vor allem in der gewerblichen und indus-

triellen Verarbeitung Anwendung finden (BÜLTE 2005).

Bei der Trockenpökelfleischherstellung werden die Rohlinge mit Salzen und Pökelfleischstoffen trocken eingerieben, anschließend folgt die Durchbrennphase, wobei für die Pökelfleischdauer mindestens 2-2,5 Tage je kg Fleisch kalkuliert werden und die Herstellung somit je nach Größe der Fleischstücke zwischen 2 und 6 Wochen, aber auch mehrere Monate betragen kann (FREY 1983). In vielen Fällen schließt sich noch eine zweite Pökelfleischphase an, um eine noch gleichmäßigere Verteilung des Salzes zu erzielen. Das Pökeln erfolgt hier bei 6-7 °C für 2 bis 7 Tage (WAGNER 2006).

Bei der konventionellen Nasspökelfleischherstellung werden ähnlich wie bei der Trockenpökelfleischherstellung die Fleischstücke zu Beginn mit der Pökelfleischsalzmischung eingerieben und anschließend im Pökelfleischbehälter eng gestapelt. Anschließend wird der Behälter mit einer genau eingestellten Pökellake (18-20 % Salz) gefüllt. Bei der Nasspökelfleischherstellung erfolgt ein intensiver Austausch zwischen Salzlake und Fleischsaft (WAGNER 2006). Im Vergleich zur Trockenpökelfleischherstellung findet die konventionelle Nasspökelfleischherstellung vor allem bei kleineren Fleischstücken wie z.B. Lachsschinken Anwendung. Die Pökelfleischdauer beträgt ca. 2 Tage je kg Fleisch (BÜLTE 2005) und liegt auf Grund der ge-

ringeren Größe der Produkte bei ca. 1 Woche.

Die Spritzpökung ist das am häufigsten verwendete Verfahren der Schneltpökung und ist dadurch charakterisiert, dass als Pökelflüssigkeit Nitritpökelsalzlauge dient und die Lauge in die Fleischrohlinge eingespritzt wird. Dadurch läuft der Pökelvorgang im gesamten Fleischstück gleichzeitig ab und trägt dazu bei, die Prozessdauer wesentlich zu verkürzen (LAUTENSCHLÄGER 2007). Im Anschluss an eine Spritzpökung sollte das Fleisch zur besseren Verteilung des Salzes schwach massiert bzw. leicht gepoltert werden. Durch die Schädigung der Oberflächenstruktur des Fleisches z. B. infolge des Einsatzes von Injektionsnadeln können allerdings Milchsäurebakterien und andere Mikroorganismen in das Innere des Muskels gelangen und Ursache für mikrobiellen Verderb oder qualitative Einbußen sein (Übersäuerung der Produkte, Verkürzung der Haltbarkeit, Auftreten sichtbarer Einstichstellen, sog. Zebra-Muster infolge von grau-grünlichen Verfärbungen).

Eine Übersicht zu den unterschiedlichen technologischen Verfahren bei der Herstellung von Rohpökelfleisch hat LAUTENSCHLÄGER (2007) zusammengestellt.

Alle Verfahren werden zwischen 0 °C und 7 °C durchgeführt, um das Fleisch durch Kühlung so lange mikrobiologisch zu stabilisieren, bis das Salz den  $a_w$ -Wert im Kern auf unter 0,96 abgesenkt hat (BÜLTE 2005; LEISTNER 1985). Die Microbiota von Rohschinken ist vor allem von Gram-positiven Bakterien der Familie *Micrococccaceae* und von Lactobacillen geprägt. Bedingt durch die hohen Salzkonzentrationen (4-5 %) und die niedrigen Temperaturen können vor allem *Staphylococcus carnosus*, *S. saprophyticum*, *S. xylosum* sowie *Lactobacillus alimentarius*, *L. curvatus*, *L. plantarum* und *L. casei* wachsen (DONG *et al.* 2009; FRANCISCO *et al.* 1981; LORI *et al.* 2005). Neben diesen können jedoch auch Streptokokken, kältetolerante *Enterobacteriaceae* (CAMPANINI *et al.* 1985; HECHELMANN 1985), aerobe Sporenbildner (HECHELMANN 1985), Hefen (NUNEZ *et al.* 1996) und Schimmelpilze (HOFMANN 1985) regelmäßig auf den Produkten nachgewiesen werden.

Ein Verderb durch Mikroorganismen kann neben der fehlerhaften Auswahl der Rohstoffe durch eine zu kurze Pökeldauer, eine zu hohe Pökeltemperatur, eine ungenügende Schärfe der Lauge sowie das Alter und die Lagerung des Ausgangsmaterials begünstigt werden (BÜLTE 2005). Infolge der Vermehrung von Milchsäurebakterien kann es anschließend zu einer Übersäuerung des Produktes, zu Farbveränderungen und somit zu sensorischen Abweichungen kommen.

Die Herstellung qualitativ hochwertiger Rohpökelfleische erfordert neben dem technologischen Erfahrungswissen daher auch mikrobiologische Kenntnisse. Ein rasches Erreichen einer ausreichend hohen Salzkonzentration im Kern der Schinken ( $a_w < 0,96$ ) ist hierbei ein zentraler und geschwindigkeitsbestimmender Schritt. Von der Diffusionsgeschwindigkeit und gleichmäßigen Verteilung der Pökelsalze sind letztendlich die mikrobiologische Stabilität der Schinken und die Produktsicherheit abhängig.

Das Ziel unserer Studie richtete sich auf die mikrobiologische Stabilität von Rohschinken und die Fragestellung, inwieweit es möglich ist, mit der Anwendung eines neuen Verfahrens, bei dem für die Pökung Stickstoff in Kombination mit Niederdruck angewendet wird, sichere und qualitativ hochwertige Schinkenprodukte herzustellen. Das  $N_2$ -Niederdruckverfahren wurde hierzu mit der Trockenpökung und Spritzpökung vergleichend bei der Produktion von Lachsschinken getestet.

## Material und Methoden

Das neue Verfahren wurde parallel mit zwei klassischen Verfahren der Herstellung (Trockenpökung und Spritzpökung) getestet und die mikrobiologische Stabilität der Produkte sowie die jeweilige entsprechende Qualität an definierten Zeitpunkten überprüft. Insgesamt setzte sich die Studie aus drei unabhängigen Versuchsdurchgängen zusammen, wobei jede mikrobiologische Untersuchung im Dreifachansatz durchgeführt wurde. Eine Übersicht des Versuchsablaufs gibt das Schema der Abbildung 1 wieder.

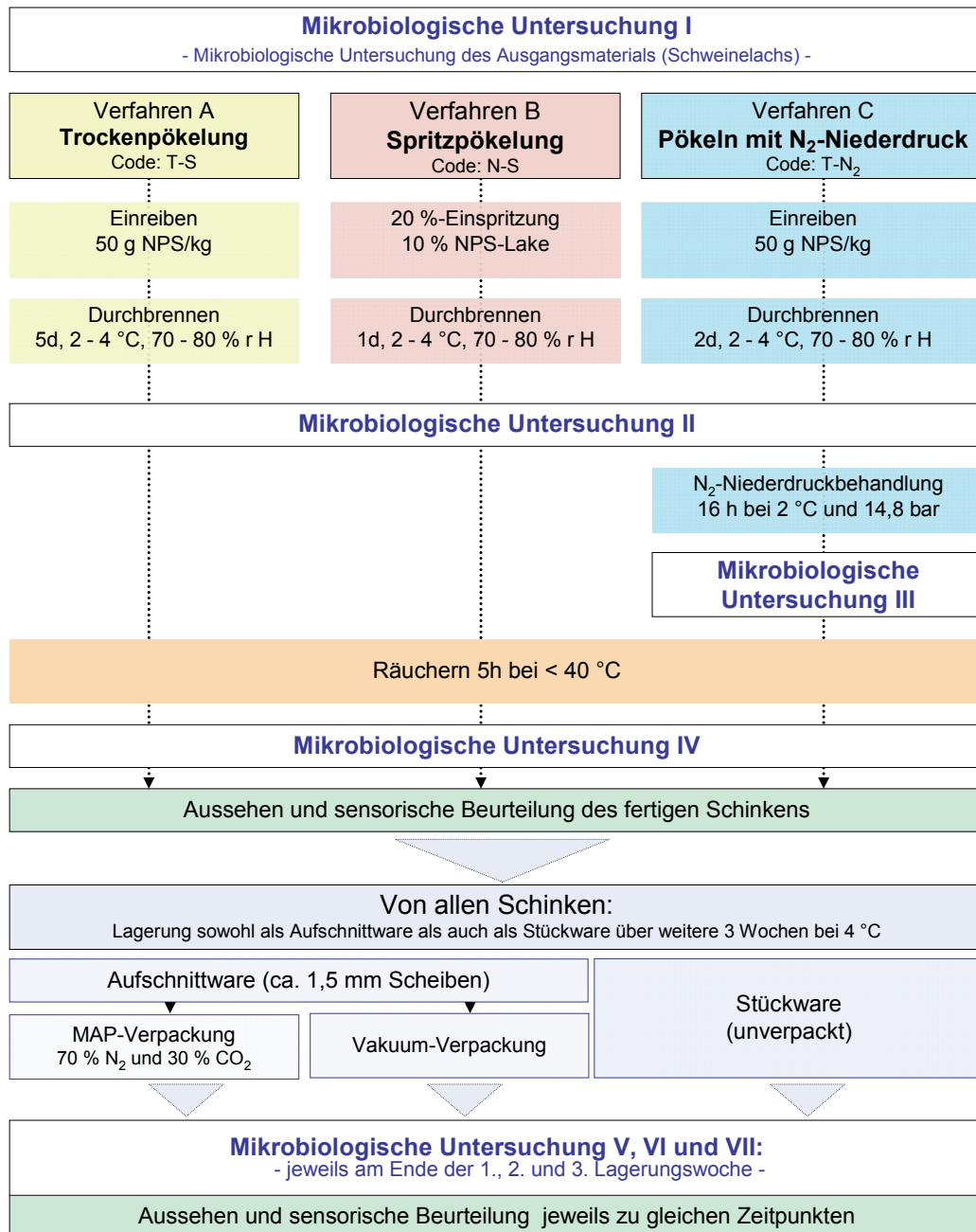


Abb. 1: Versuchsablauf der Rohschinken-Studie

### Herstellung der Lachsschinken

Als Ausgangsmaterial wurde hygienisch einwandfreier Schweinelachs verwendet, der direkt vom Schlachthof Bayreuth (Deutschland) bezogen wurde und Keimzahlen unter  $1 \times 10^3$  KbE/g aufwies.

**Trockenpökung.** Das Ausgangsmaterial wurde mit 50 g Nitritpökelsalz (Südsalz, Heilbronn, Deutschland) pro kg eingerieben. Anschließend erfolgte das Durchbrennen bei 2-4 °C in einer Reifekammer bei 70-80 % relativer Luftfeuchte über

einen Zeitraum von 5 Tagen. In einem weiteren Arbeitsschritt wurde der Lachsschinken für 5 Stunden bei ca. 35 °C über Buchenholzspänen geräuchert (Peukert, Warmensteinach, Deutschland).

**Spritzpökung.** Die Pökellake (Optilack F, phosphatfrei, Raps, Kulmbach, Deutschland) wurde mit Hilfe eines Pökelinjektors (Pökomat, Jansen, Eltmann, Deutschland) direkt in den Schweinelachs gespritzt. Die Einspritzmenge entsprach 20 % des Frischgewichts und enthielt 10 % Nitritpökelsalz. Anschließend erfolgte das

Durchbrennen bzw. die Reifung in einer Klimakammer bei 2-4 °C bei einer relativen Luftfeuchte von 70-80 % für 24 Stunden. Die folgende Reifung, das Räuchern und Verpacken erfolgte analog zu den Chargen der Trockenpökellung. Vor der Verwendung wurde der Pökelinjektor gereinigt und desinfiziert und der hygienische Zustand mikrobiologisch überprüft.

**Pökeln mit N<sub>2</sub>-Niederdruck.** Der Schweinelachs wurde zunächst in Analogie zum Trockenpökelfverfahren mit 50 g Nitritpökelsalz pro kg Schweinefleisch eingerieben. Im Anschluss erfolgte ein Durchbrennen des Salzes bei 2-4 °C in einer Klimakammer bei 70-80 % relativer Luftfeuchte über einen Zeitraum von 2 Tagen. Danach wurde der Schweinelachs im nächsten Arbeitsschritt in ein Edelstahl-drucksystem VT 003 (Vivotec, Kalkar, Deutschland) überführt und für 16 Stunden einer Niederdruckbehandlung (1,48 MPa) mit Stickstoff-Reinheit 99,995 % (Rießner Gase, Lichtenfels, Deutschland) unterzogen. Zuletzt wurde der Schinken analog zu den anderen Schinkenchargen für 5 Stunden bei ca. 35 °C geräuchert.

**Aufschnitt und Lagerung.** Der Aufschnitt der Lachsschinken zu Scheiben mit 1,5 mm Stärke erfolgte mit einer vorab mit Wofasteril E 400 (Kesla Pharma, Wolfen, Deutschland) desinfizierten Aufschneidemaschine (Bizerba, Balingen, Deutschland). Für die Verpackung wurden die Scheiben unter sterilen Bedingungen zu je 5 Scheiben in PE-Beutel 200x300 mm (Metzgereigenossenschaft Gebard, Winklern) verbracht. Anschließend wurde jeweils die Hälfte der Verpackungen mit Schutzgas (Rießner Gase, Lichtenfels, Deutschland) im Verhältnis 70 % N<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub> begast (Multivac C300, Wolfertschwenden, Deutschland); die andere Hälfte der Produkte wurde vakuumiert (100 % Vakuum). Die Lagerung der Aufschnitt- und Stückware erfolgte bei 4 °C und 80-85 % relativer Luftfeuchte bis zu 7 Wochen in einem Kühlschrank (Liebherr, Ochsenhausen, Deutschland). Die Parameter Temperatur und relative Luftfeuchte wurden in 15-minütigen Intervallen über einen Datenlogger (Escort Data Logging, Chesterland, USA) protokolliert.

### *Mikrobiologische Diagnostik*

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten zu Beginn (Rohstoff), nach dem Durchbrennen, nach der Niederdruckbehandlung (nur Verfahren C), nach dem Räuchern und nach jeder der drei Lagerwochen (siehe Abb. 1) sowie nach 7 Wochen.

**Aerobe mesophile Keimzahl, *Enterobacteriaceae*- und Milchsäurebakterienkeimzahl.** Von jedem Lachsschinken-Produkt wurden 20 g in sterile Stomacherbeutel überführt und mit 180 ml steriler, physiologischer Kochsalzlösung verdünnt und homogenisiert. Nach Anlegen einer dezimalen Verdünnungsreihe wurden für die Bestimmung der aeroben mesophilen Keimzahl jeweils 1 ml der Erstverdünnung bzw. 0,1 ml der entsprechenden Verdünnungsstufe auf Plate Count Agar (VWR, Darmstadt, Deutschland) ausgespatelt und für 48 Stunden bei 30 °C inkubiert.

Die *Enterobacteriaceae*-Keimzahl wurde auf VRBD-Agar (VWR, Darmstadt, Deutschland) nach 24 h bei 37 °C und die Milchsäurebakterienkeimzahl auf MRS-Agar (Oxoid, Wesel, Deutschland) nach 48 h bei 30 °C bestimmt. Die Berechnung der Keimzahl der aeroben Milchsäurebakterien und der aeroben mesophilen Keimflora sowie der *Enterobacteriaceae* erfolgte wie unter der Methode L 06.00 nach § 64 LFGB Punkt 8 beschrieben.

***Listeria monocytogenes.*** Analog zu den Untersuchungen der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl wurden 10 g Probenmaterial entnommen und zusammen mit 90 ml Peptonwasser für 2 min im Stomacher homogenisiert und für 1 h stehengelassen (LFGB § 64 L 00.00-32:2005). Der Nachweis von *Listeria monocytogenes* erfolgte auf PALCAM-Medium (Merck, Darmstadt, Deutschland) und parallel dazu auf Chromogen-Listeria-Agar (ALOA; bioMérieux, Nürtingen, Deutschland). Kolonien von *Listeria monocytogenes* erscheinen auf diesem Agar türkis und sind von einem hellen Hof umgeben. Die Agarplatten wurden für 48 Stunden bei 37 °C aerob bebrütet. Verdächtige Kolonien wurden zur Bestätigung auf Plate Count-Agar subkultiviert. Zur Bestätigung wurden

der CAMP-Test durchgeführt sowie das Hämolyseverhalten und die Rhamnose- sowie die Xyloseverwertung überprüft.

### *Physikalisch-chemische Diagnostik*

**Messung der Wasseraktivität ( $a_w$ -Wert).** Die Wasseraktivitätswerte wurden mit einem  $a_w$ -Kryometer (AWK-20; Nagy Instruments, Gäufelden, Deutschland) über eine Dreifachmessung an den jeweiligen Untersuchungstagen ermittelt (RÖDEL *et al.* 1989).

**Messung des Säuregrades (pH-Wert).** Die pH-Wertmessung wurde an allen Untersuchungstagen elektrometrisch mit einem pH-Meter (Inolab Level 2; WTW, Weilheim, Deutschland) durchgeführt. Die pH-Elektrode wurde dazu einmal täglich mit Standard-Pufferlösungen (VWR, Darmstadt, Deutschland) mit pH 4 und pH 7 bei Raumtemperatur kalibriert.

### *Sensorik*

Die sensorische Untersuchung wurde als einfach beschreibende Prüfung durchgeführt. Das Sensorikpanel bestand aus sechs Prüfern, von denen jeweils drei untrainiert und drei trainiert waren. Die unterschiedlich hergestellten und gelagerten Lachsschinken wurden im rohen Zustand auf Farbe, Geruch, Zartheit, Saftigkeit und Geschmack untersucht.

## **Ergebnisse**

### *Trockenpökellung*

**Physikalisch-chemische Parameter.** Der  $a_w$ -Wert des Rohmaterials lag zu Beginn bei 0,99 und sank nach dem Durchbrennen und Räuchern bis zum Tag der Verpackung (Tag 6) auf 0,958. Danach und bedingt durch den behinderten Wasseraustausch im Anschluss an die Verpackung (modifizierte Atmosphäre und Vakuum) veränderte sich der Wasseraktivitätswert nur noch geringfügig. Nach 3-wöchiger Lagerung lagen die  $a_w$ -Werte in den MAP-verpackten Produkten bei 0,957 und in den Vakuum-verpackten bei 0,958. Die Wasseraktivität der losen Stückware

nahm durch den nicht behinderten Wasseraustritt innerhalb des Lagerungszeitraumes deutlich ab und erreichte einen  $a_w$ -Wert von 0,943.

Der Anfangs-pH-Wert lag zwischen 5,45 und 5,55 und veränderte sich während der Produktion und Lagerung nur minimal. Nach einer Lagerung von 3 bzw. 7 Wochen konnten in allen Produkten annähernd gleiche pH-Werte zwischen 5,48 und 5,52 gemessen werden. Ein Einfluss der Verpackung auf den pH-Wert wurde nicht festgestellt.

**Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl und Lactobacillenzahl.** Den Verlauf der aeroben mesophilen Keimzahl in trockenepökkeltem Schweinelachs gibt die Abbildung 2 wieder. Das Ausgangsmaterial war mit einer anfänglichen Keimzahl von 2,6  $\text{Log}_{10}$  KbE/g ( $4,0 \times 10^2$  KbE/g) natürlich belastet. Sowohl bei den MAP-, Vakuum-verpackten als auch bei der losen Stückware entwickelten sich die Keimzahlen nahezu identisch, so dass nach einer Lagerung von 3 Wochen Werte von ca. 10 KbE/g erreicht wurden. Nach 7 Wochen wurde ein Anstieg der Keimzahlen festgestellt, der vor allem bei den unter Vakuum verpackten Waren ausgeprägt war (3,68  $\text{Log}_{10}$  KbE/g oder  $4,83 \times 10^3$  KbE/g). Da die Microbiota des Lachsschinkens hauptsächlich aus Lactobacillen bestand, waren die Verläufe der aeroben mesophilen Keimzahl und der Milchsäurebakterienzahl nahezu identisch.

**Enterobacteriaceae.** Nur im Ausgangsmaterial konnten *Enterobacteriaceae* mit ca. 10 KbE/g festgestellt werden. Ein Nachweis nach dem Durchbrennen bzw. Räuchern und auch über den Lagerungszeitraum von 7 Wochen war nicht mehr möglich.

**Sensorik.** Der Lachsschinken war im Biss trocken und fest und wies ein gutes Pökeln- und Raucharoma auf. Die Aufschnittware war bis zur Lagerung nach 3 Wochen ohne optische Beanstandung und wies eine gleichmäßige Farbe auf. Ein Unterschied zwischen MAP- und Vakuum-verpackten Waren konnte nicht festgestellt werden. Im Vergleich dazu wies die

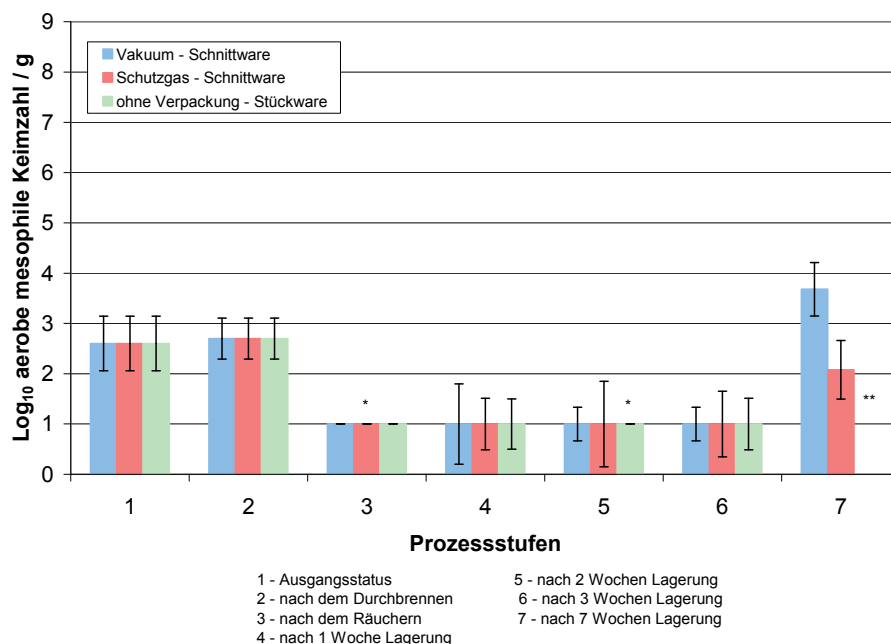


Abb. 2: Mikrobiologische Belastung von Rohschinken vor und nach Trockenpökeln. Balken repräsentieren Medianwerte mit Standardabweichungen von jeweils Dreifachuntersuchungen aus drei zeitlich unabhängigen Versuchsreihen

\*Werte unterhalb der quantitativen Nachweisgrenze ( $< 10^1$  KbE/g) wurden für die Berechnung mit 3 KbE/g (entspricht 0,477 Log<sub>10</sub> KbE/g) willkürlich gesetzt

\*\*Mikrobiologische Daten für die Stückware nach 7-wöchiger Lagerung wurden nicht erfasst

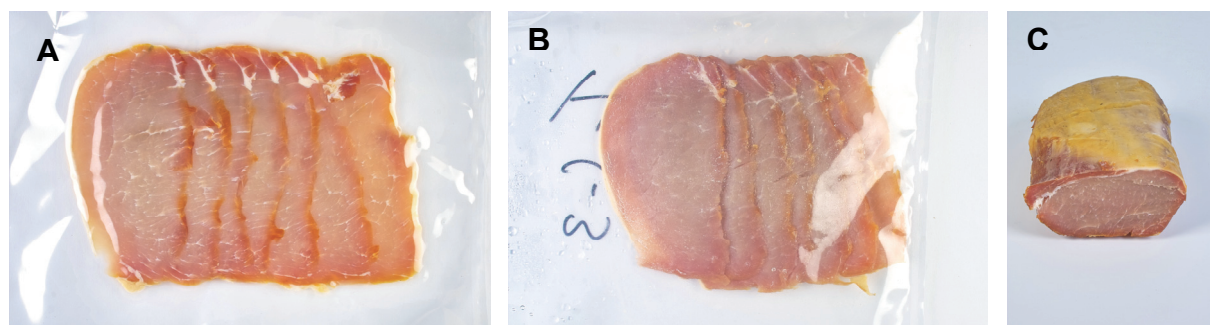


Abb. 3: Lachsschinken (Trockenpökeln) nach dreiwöchiger Lagerung unter Vakuum (A), modifizierter Atmosphäre (B) und als Stückware (C)

Stückware nach 2 Wochen einen leichten Trockenrand auf, der jedoch auf Grund der offenen Lagerung erwartet werden konnte.

Nach einer Lagerung von 7 Wochen konnten in den MAP- und vakuumierten Produkten sensorische Abweichungen festgestellt werden. So konnten zum einen im Kernbereich Vergrauungen beobachtet werden und zum anderen wurde der Geruch als leicht muffig empfunden.

### Spritzpökeln

**Physikalisch-chemische Parameter.** Der anfängliche  $a_w$ -Wert von 0,99 nahm bis zur Verpackung am Tag 3 auf Werte von 0,972 ab. In den MAP-verpackten und vakuumierten Produkten veränderte sich der  $a_w$ -Wert bedingt durch den behinderten Wasseraustritt nur noch geringfügig. Nach 3 bzw. 7 Wochen wurde Werte zwischen 0,974 und 0,976 gemessen. Ein Einfluss



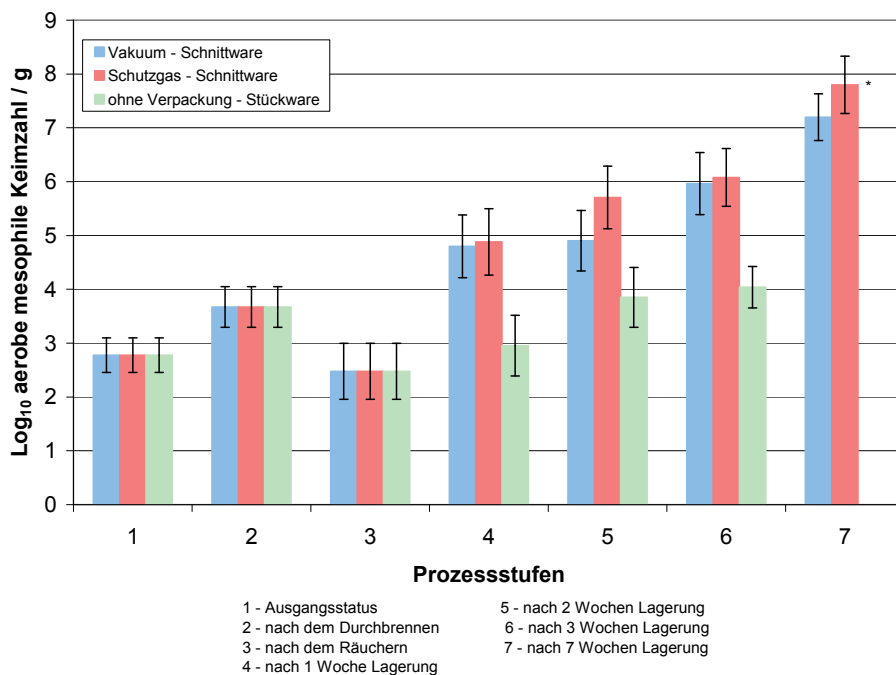


Abb. 4: Mikrobiologische Belastung von Rohschinken vor und nach Spritzpökellung.

Balken repräsentieren Medianwerte mit Standardabweichungen von jeweils Dreifachuntersuchungen aus drei zeitlich unabhängigen Versuchsreihen

\*Mikrobiologische Daten für die Stückware nach 7-wöchiger Lagerung wurden nicht erfasst

der Verpackung auf den  $a_W$ -Wert war nicht festzustellen. In den offen gelagerten Erzeugnissen (Stückware) sank die Wasseraktivität auch nach der Räucherung weiter und erreichte nach 3 Wochen Werte zwischen  $a_W$  0,945 und 0,949.

Der pH-Wert des Rohmaterials betrug 5,51 und nahm während des Durchbrennens, der Räucherung und der dreiwöchigen Lagerung nur minimal auf Werte von 5,48 ab. Nach einer weiteren Lagerung für 4 Wochen sank der pH-Wert deutlich ab und es konnten Werte zwischen 5,27 und 5,29 gemessen werden.

**Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl und Lactobacillenzahl.** Die aerobe mesophile Keimzahl betrug zu Beginn der Untersuchung  $2,78 \text{ Log}_{10} \text{ KbE/g}$  ( $6,0 \times 10^2 \text{ KbE/g}$ ). Während der Pökellung stieg die Keimzahl zunächst leicht an und erreichte Werte von  $3,67 \text{ Log}_{10} \text{ KbE/g}$  ( $4,67 \times 10^3 \text{ KbE/g}$ ). Bei der anschließenden Räucherung nahmen die Keimzahlen um ca. 1 Log Stufe ab (siehe Abb. 4). Nach der Verpackung und anschließenden Lagerung

konnte in allen Produkten eine Zunahme der Zellzahl beobachtet werden. In den MAP-verpackten Lachsschinken war der Anstieg der Gesamtkeimzahl am stärksten ausgeprägt und erreichte nach 3 und 7 Wochen  $6,08 \text{ Log}_{10} \text{ KbE/g}$  ( $1,2 \times 10^6 \text{ KbE/g}$ ) bzw.  $7,8 \text{ Log}_{10} \text{ KbE/g}$  ( $6,3 \times 10^7 \text{ KbE/g}$ ). Im Vergleich zu den verpackten Lachsschinken konnte in der Stückware eine deutlich langsamere Vermehrung der Keime beobachtet werden. Hier stieg die Keimzahl nach einer 3-wöchigen Lagerung auf  $4,04 \text{ Log}_{10} \text{ KbE/g}$  ( $1,1 \times 10^4 \text{ KbE/g}$ ) an. Die Verläufe der Gesamtkeim- und der Milchsäurebakterienzahlen erwiesen sich als nahezu identisch.

**Enterobacteriaceae.** Im Ausgangsmaterial konnten  $10 \text{ KbE/g}$  *Enterobacteriaceae* nachgewiesen werden. Diese Zahl stieg während der Spritzpökellung im Produkt auf ca.  $100 \text{ KbE/g}$  an und nahm nach der Räucherung und Lagerung des Produktes wieder ab. Erst nach einer Lagerung von 7 Wochen konnten *Enterobacteriaceae* ( $< 10 \text{ KbE/g}$ ) nicht mehr nachgewiesen werden (siehe Abb. 5).



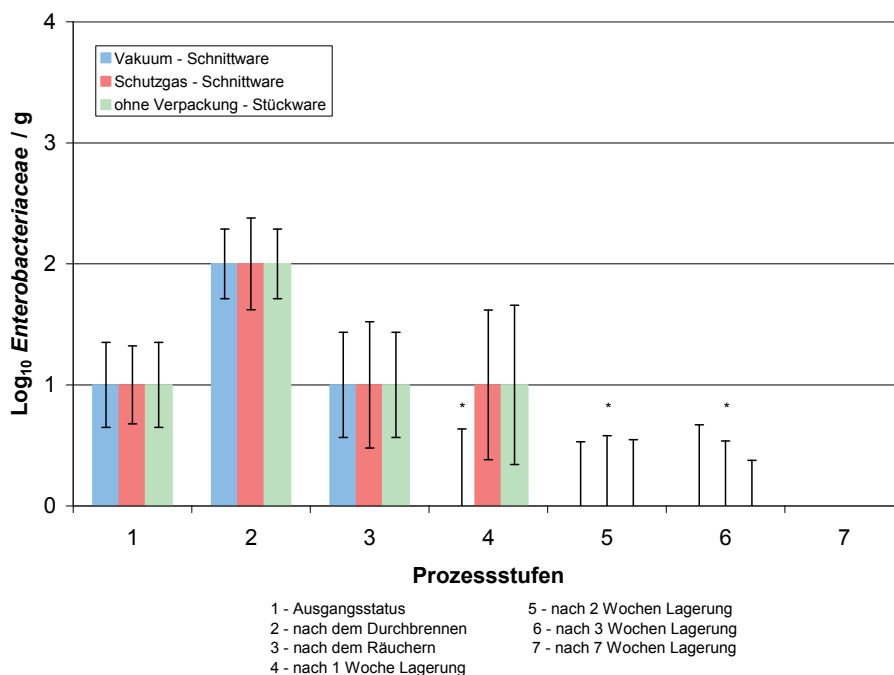


Abb. 5: Mikrobiologische Belastung von Rohschinken mit *Enterobacteriaceae* vor und nach Spritzpökellung.

Balken repräsentieren Medianwerte mit Standardabweichungen von jeweils Dreifachuntersuchungen aus drei zeitlich unabhängigen Versuchsreihen

\*Werte unterhalb der quantitativen Nachweisgrenze ( $< 10^1$  KbE/g) wurden für die Berechnung mit 3 KbE/g (entspricht 0,477 Log<sub>10</sub> KbE/g) willkürlich gesetzt

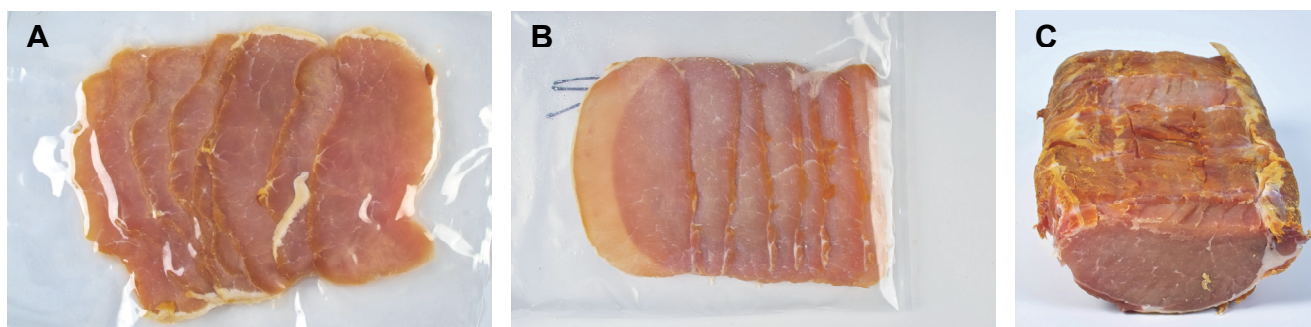


Abb. 6: Lachsschinken (Spritzpökellung) nach dreiwöchiger Lagerung unter Vakuum (A), modifizierter Atmosphäre (B) und als Stückware (C)

**Sensorik.** Im Vergleich zu den trocken-gepökelten Produkten war der Lachsschinken sehr saftig im Biss und wies ein sehr ausgeprägtes Pökel- und Raucharoma auf. Nach 3 Wochen Lagerung wiesen die Produkte ein angenehmes Äußeres auf und waren sensorisch unauffällig. Der spritzgepökelte Schinken war jedoch im Vergleich zu den beiden anderen Produkten deutlich heller. Diese Beobachtung kann auf das zugesetzte Fremdwasser (NPS-Lake) zurückgeführt werden, welches zu einer optischen Aufhellung des Schinkens führte. Die Lachsschinken, die mit dem Spritzpökelfverfahren hergestellt

wurden und älter als drei Wochen waren, können als stark übersäuert bezeichnet werden. Neben der Absäuerung und dem abweichenden Geruch wiesen diese Erzeugnisse deutliche braun-grünliche Verfärbungen an den Rändern auf. In einigen Aufschnitten ließ sich infolge der Vermehrung von Lactobacillen in den Stichkanälen ein zebraartiges Muster erkennen. Ein Einfluss der Verpackung auf die Sensorik war nicht zu erkennen. Die spritzgepökelten Lachsschinken, die als Stückware gelagert wurden, waren mit Ausnahme der hohen Aussaftung innerhalb der ersten drei Wochen nicht zu beanstanden.

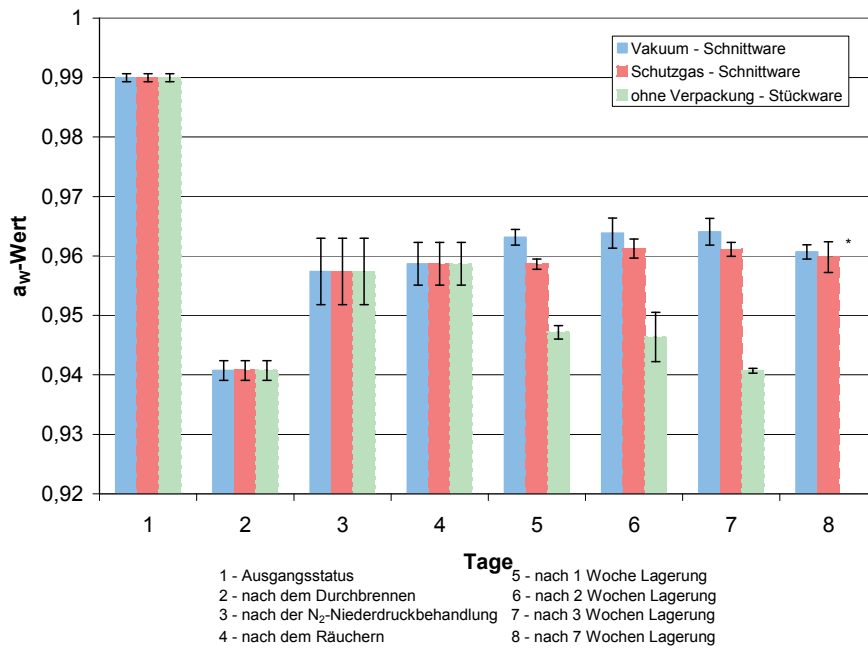


Abb. 7:  $a_w$ -Werte von Rohschinken vor und nach  $N_2$ -Niederdruckpökeln. Balken repräsentieren Mittelwerte mit Standardabweichungen von jeweils Dreifachuntersuchungen aus drei zeitlich unabhängigen Versuchsreihen  
\*Mikrobiologische Daten für die Stückware nach 7-wöchiger Lagerung wurden nicht erfasst

### $N_2$ -Niederdruckpökeln

**Physikalisch-chemische Parameter.** Der  $a_w$ -Wert des Rohmaterials lag bei 0,99 und sank nach dem Durchbrennen, der Stickstoff-Niederdruckanwendung und dem Räuchern auf 0,964. Danach und be-

dingt durch den behinderten Wasseraustausch im Anschluss an die Verpackung veränderte sich der Wasseraktivitätswert nur noch geringfügig. Nach 3- bzw. 7-wöchiger Lagerung lagen die  $a_w$ -Werte in den MAP-verpackten Produkten zwischen 0,961 und 0,964 und in den Vakuum-

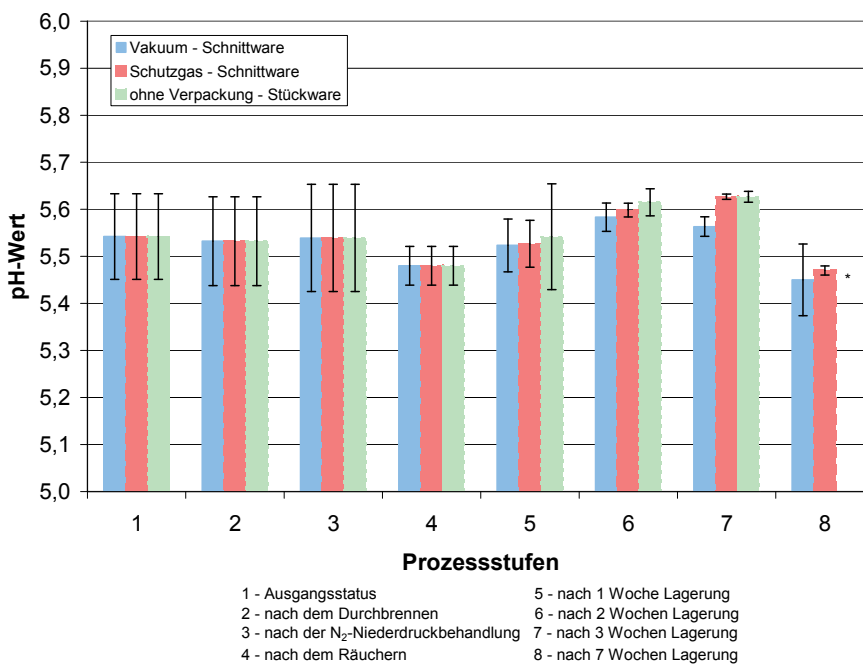


Abb. 8: pH-Werte von Rohschinken vor und nach  $N_2$ -Niederdruckpökeln. Balken repräsentieren Mittelwerte mit Standardabweichungen von jeweils Dreifachuntersuchungen aus drei zeitlich unabhängigen Versuchsreihen  
\*Mikrobiologische Daten für die Stückware nach 7-wöchiger Lagerung wurden nicht erfasst

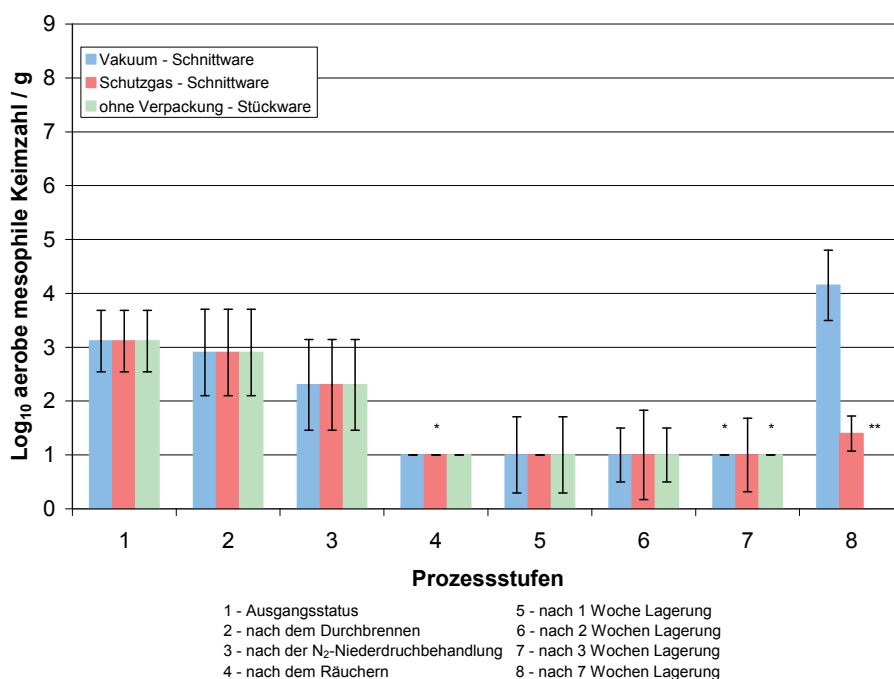


Abb. 9: Mikrobiologische Belastung von Rohschinken vor und nach N<sub>2</sub>-Niederdruckpökung. Balken repräsentieren Medianwerte mit Standardabweichungen von jeweils Dreifachuntersuchungen aus drei zeitlich unabhängigen Versuchsreihen

\*Werte unterhalb der quantitativen Nachweisgrenze ( $< 10^1$  KbE/g) wurden für die Berechnung mit 3 KbE/g (entspricht 0,477 Log<sub>10</sub> KbE/g) willkürlich gesetzt

\*\*Mikrobiologische Daten für die Stückware nach 7-wöchiger Lagerung wurden nicht erfasst

verpackten Produkten bei  $a_W$ -Werten um 0,964 (siehe Abb. 7). Im Vergleich dazu konnte bei der Stückware eine Abnahme auf  $a_W$ -Werte von 0,941 innerhalb von 3 Wochen Lagerung festgestellt werden.

Beim Ausgangsmaterial konnte ein anfänglicher pH-Wert von 5,54 gemessen werden. Über den Untersuchungszeitraum stieg der pH-Wert leicht an und erreichte nach einer Lagerung von 3 Wochen Werte zwischen 5,56 und 5,62. Zwischen der Lagerungswoche 3 und 7 sank der pH-Wert leicht ab und erreichte sowohl bei den MAP- wie auch bei den Vakuumverpackten Proben Werte von 5,48 (siehe Abb. 8).

**Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl und Lactobacillenzahl.** Im Ausgangsmaterial nahm die Zellzahl von anfänglich 3,1 Log<sub>10</sub> KbE/g ( $1,26 \times 10^3$  KbE/g) zügig ab. Am deutlichsten sank die Gesamtkeimzahl während der Stickstoff-Niederdruckbehandlung (ca. 0,5 Log-Stufen) und der Räucherung (ca. 1 Log-Stufe), was noch vor der Verpackung zu Werten um ca. 10 KbE/g führte (siehe Abb. 9). Während der folgenden 3-wöchigen Lagerung blieb die

Keimzahl relativ konstant und nahm erst wieder zwischen der 3. und 7. Lagerungswoche zu. Am stärksten war die Zunahme dabei in den Vakuumverpackten Produkten und erreichte hier Keimzahlen von 4,16 Log<sub>10</sub> KbE/g ( $1,44 \times 10^4$  KbE/g). Im gleichen Zeitraum konnte in den MAPverpackten Schinken nur eine leichte Vermehrung auf 25 KbE/g beobachtet werden.

Der Verlauf der Lactobacillen war mit dem der aeroben mesophilen Keimzahl vergleichbar und ist in Abbildung 10 dargestellt.

**Enterobacteriaceae.** Das Ausgangsmaterial war im Schnitt mit ca. 10 KbE *Enterobacteriaceae*/g belastet. Infolge des Durchbrennens mit Nitritpökelsalz und der anschließenden Stickstoff-Niederdruckbehandlung nahm die Keimzahl ab. Bereits vor dem Räuchern konnten auf der Oberfläche des Lachsschinkens *Enterobacteriaceae* nicht mehr nachgewiesen werden ( $< 10$  KbE/g). Dieser Befund konnte bis zum Erreichen der 7. Lagerungswoche bestätigt werden.

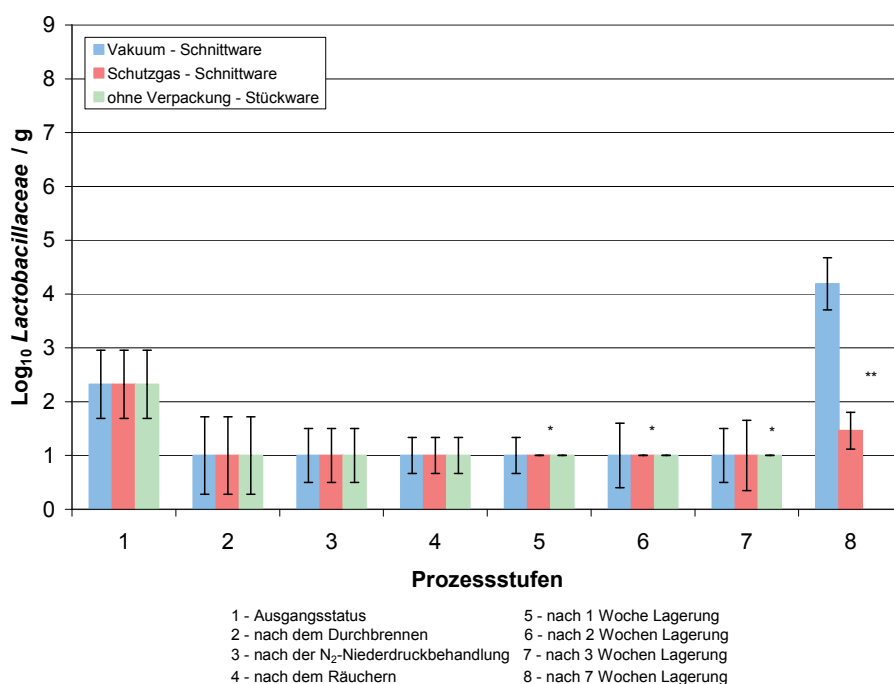


Abb. 10: Belastung mit Lactobacillen von Rohschinken nach N<sub>2</sub>-Niederdruckpökung  
 Balken repräsentieren Medianwerte mit Standardabweichungen von jeweils Dreifachuntersuchungen aus drei zeitlich unabhängigen Versuchsreihen  
 \*Werte unterhalb der quantitativen Nachweisgrenze (< 10<sup>1</sup> KbE/g) wurden für die Berechnung mit 3 KbE/g (entspricht 0,477 Log<sub>10</sub> KbE/g) willkürlich gesetzt  
 \*\*Mikrobiologische Daten für die Stückware nach 7-wöchiger Lagerung wurden nicht erfasst

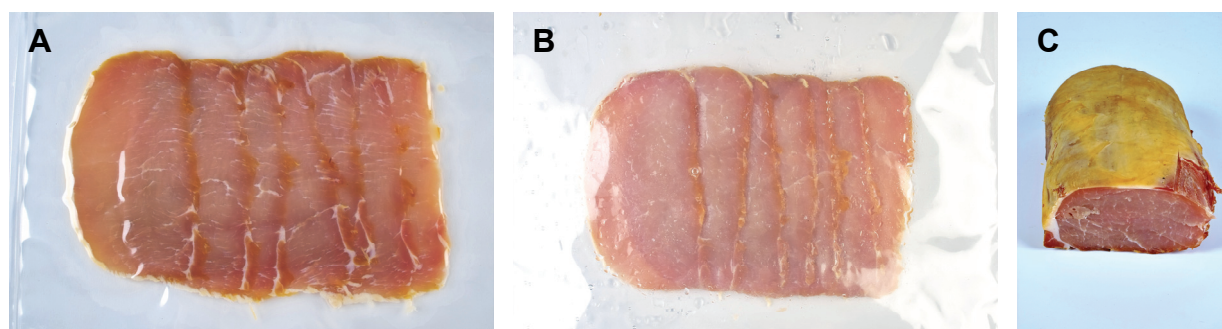


Abb. 11: Lachsschinken (N<sub>2</sub>-Niederdruckpökung) nach dreiwöchiger Lagerung unter Vakuum (A), modifizierter Atmosphäre (B) und als Stückware (C)

**Sensorik.** Der mit dem Stickstoff-Niederdruckverfahren gepökelte Lachsschinken war saftig und zart im Biss und somit vergleichbar mit dem konventionell hergestellten spritzgepökelten Produkt. Jedoch wies der Schinken eine im Vergleich deutlich bessere Konsistenz auf. Auf Grund der gleichmäßigen Verteilung des Nitritpökelsalzes infolge der Druckeinwirkung wurde der Geschmack als sehr angenehm und nicht zu intensiv im Vergleich zu den spritzgepökelten Erzeugnissen empfunden. Hinsichtlich Farbe und Geruch blieben die mit N<sub>2</sub>-Niederdruck gepökelten

Schinken bis zum Erreichen der 7. Lagerungswoche sehr stabil und wiesen keine sensorischen Abweichungen auf. Dies dürfte auch auf den geringen Tropfsaftverlust zurückzuführen sein, der infolge der schonenden Behandlung im Produkt blieb. Durch die stark verringerte Aussaftung konnte im Vergleich zu den spritzgepökelten Erzeugnissen eine Vermehrung der Lactobacillen in den ersten 3 Wochen der Lagerung wirksam unterbunden und so eine Übersäuerung auch nach 7 Wochen verhindert werden.

***Listeria monocytogenes***. Bei keinem der getesteten Verfahren konnte *Listeria monocytogenes* nachgewiesen werden.

## Diskussion und Schlussfolgerungen

Wir haben ein neues Verfahren zur Herstellung von Rohschinken entwickelt, das auf der Anwendung von Stickstoff und Niederdruck basiert. Die Verwendung von Stickstoff ist bei dem neuen Verfahren im Vergleich mit anderen Gasen von Vorteil, da Stickstoff auffällig reaktionsträge ist und damit inerte Eigenschaften aufweist. Ursache dafür ist die sehr hohe Bindungsenergie im N<sub>2</sub>-Molekül (MORTIMER and MÜLLER 2011). Der Einsatz eines geschlossenen Systems, eine Edelstahl-druckanlage mit passenden Siebeinsätzen für die Fleischstücke (Vivotec GmbH, Kalkar), und die Anwendung eines gegenüber üblichen Hochdruckbehandlungen im höheren MPa-Bereich vergleichsweise niedrigen Druckes von 1,48 MPa (= 14,8 Bar) erlauben eine schonende Durchdringung der Pökelsalze bis in den Kern der Fleischstücke und helfen, die Durchbrennzeit deutlich zu reduzieren und sehr gut zu kontrollieren.

Übliche Hochdruckbehandlungen bei Rohwurst und Rohschinken zur Erzeugung mikrobiologisch stabiler Produkte werden abhängig von Zeit und Temperatur in Druckbereichen von 200-600 MPa durchgeführt (CAMPUS 2010; DEDERER and MUELLER 2007; JOFRE *et al.* 2009). Ziel ist es dabei, das Wachstum der Mikroorganismen effizient zu verhindern, was bei hohen Drücken auch erreicht werden kann. Allerdings können Drücke ab 400 MPa bei Rohprodukten eine verstärkte Lipidperoxidation, Aufhellung der Fleischfarbe, Texturveränderungen, pH-Wertveränderungen und verminderte Wasserbindungsaktivitäten bewirken (CAVA *et al.* 2009; FISCHER 2007; FULLADOSA *et al.* 2009).

Gegenüber den in unserer Studie parallel getesteten konventionellen Methoden zur Herstellung von Rohschinken weist das N<sub>2</sub>-Niederdruckverfahren, wie die Ergebnisse zeigen, Vorteile auf.

Im Vergleich zur Trockenpökung ist das Verfahren um bis zu 50 % schneller, die Produkte sind optisch ansprechender und saftiger im Biss. Durch die Niederdruckbehandlung wird das Nitritpökelsalz gleichmäßig im Schinken verteilt und verleiht diesem einen angenehmen Pökelschmack. Hinsichtlich Farbhaltung und mikrobiologischer Stabilität sind beide Verfahren vergleichbar.

Im Vergleich zur Spritzpökung erwies sich das N<sub>2</sub>-Niederdruckverfahren als mikrobiologisch und damit in Hinsicht auf die Produktsicherheit deutlich besser. Bei der Spritzpökung kann das Fleischinnere durch die Injektionsnadeln vor allem mit Milchsäurebakterien wie Lactobacillen kontaminiert werden. Das anschließende Aufschneiden resultiert in einer gleichmäßigen Verteilung und Belastung der Schinkenscheiben, was im Verlauf der Lagerung zu einem Anstieg der Gesamtkeimzahlen führt. Die Folge ist eine begrenzte Haltbarkeit des Produktes. Auch bei aufwändigen Hygienemaßnahmen (Nadeln, Lake, Slicer wiesen bei den von uns durchgeführten mikrobiologischen Kontrollen Keimzahlen <10<sup>1</sup> KBE/g auf) war eine Kontamination nicht zu verhindern. Durch die hohe Aussaftung sowie den im Vergleich zu den beiden anderen Prozeduren höheren a<sub>w</sub>-Wert ist das getestete Pökeln mittels Injektion das mikrobiologisch heikelste Verfahren.

Die hier erhobenen mikrobiologischen und physikalisch-chemischen Daten decken sich dabei weitgehend mit unseren Ergebnissen von stichprobenartig durchgeführten Untersuchungen aus dem Einzelhandel (Daten nicht veröffentlicht). Untersucht wurden hierzu 11 Produkte (Lachsschinkenaufschnitt, Schutzgasverpackung) aus dem Einzelhandel, die ca. eine Woche vor Ablauf des MHD einen mittleren a<sub>w</sub>-Wert von 0,958 (Bereich zwischen 0,943 und 0,973) aufwiesen. Für diese Produkte wurden Gesamtkeimzahlen zwischen 5,4 x 10<sup>4</sup>-3,1 x 10<sup>5</sup> KBE/g (n=3) und relativ hohe Werte von 5,3 x 10<sup>6</sup>-2,2 x 10<sup>8</sup> KBE/g (n=8) ermittelt. In vier Produkten waren bei genauer Betrachtung die Injektionskanäle identifizierbar (Daten unveröffentlicht). Andere Untersuchungen zeigen ebenfalls, dass viele vorverpackte Rohschinkenauf-

schnitte am Ende des MHD hohe Milchsäurebakterien-Keimgehalte aufwiesen, jedoch sensorisch überwiegend nicht negativ auffielen. Abweichende Qualitätsparameter wie sauerer und verdorbener Geschmack korrelierten aber in der Regel mit hohen Milchsäurebakterien-Keimzahlen (KRÖCKEL 2011).

In der vorliegenden Untersuchung waren zwischen den Musterproben aus den spritzgepökelten Chargen und den mit N<sub>2</sub>-Niederdruck hergestellten Chargen nach dreiwöchiger Lagerung geschmacklich ebenfalls keine großen Unterschiede erkennbar.

Um zusätzliche Informationen über die mikrobiologische Stabilität der unterschiedlich hergestellten Lachsschinken zu erhalten, wurden die Versuchschargen über einen Zeitraum von 7 Wochen gelagert. Diese lange Lagerzeit über das MHD hinaus ist zwar handelsunüblich, sollte aber weitere Daten zur Wachstumskinetik der Mikroorganismen und damit Aufschluss über die mikrobiologische Produktqualität liefern.

Der Vergleich der Produkte nach einer Lagerung von 7 Wochen zeigt, dass nur die mittels Trockenpökellung und N<sub>2</sub>-Niederdruckverfahren hergestellten Erzeugnisse mikrobiologisch nicht zu beanstanden waren. Hinsichtlich Farbe und Geruch waren allerdings nur noch die Proben, welche mit der N<sub>2</sub>-Niederdruckbehandlung produziert wurden, in einem akzeptablen Zustand. Im Vergleich dazu wiesen die Lachsschinken, die konventionell mit der Trockenpökellung hergestellt wurden, erste farbliche Abweichungen (Vergrauung im Kernbereich) auf. Die spritzgepökelten Lachsschinken waren zu diesem Zeitpunkt stark übersäuert und wiesen neben dem abweichenden Geruch deutliche braun-grünliche Verfärbungen an den Rändern auf.

Von allen Fleischerzeugnissen weisen die Rohschinken die weitaus höchsten Kochsalz- bzw. Natriumgehalte auf (DEDERER 2010). Das gesundheitliche Bestreben, die Salzgehalte zu reduzieren, ist mit dem Risiko verbunden, die mikrobiologische Stabilität des Produktes zu gefährden. Die technologische Herausforderung bei der Herstellung von Rohschinken richtet sich

daher aktuell auf diese beiden Aspekte: Reduktion der Kochsalzgehalte bei gleichzeitiger Sicherstellung einer hohen mikrobiologischen Stabilität und Gewährleistung der Produktsicherheit. Um dies zu erreichen, werden derzeit in der Industrie eine Reihe neuer technologischer Maßnahmen wie Beschleunigung der Salzdifusion durch die Verwendung von kleineren Fleischstücken, Ersatz von NaCl durch andere Salze, Einpökeln mit Konservierungsstoffen im Tumbler unter Vakuum, die weitere Vernetzung der Fleischproteine durch den Einsatz von Transglutaminase sowie Hochdruckbehandlung entwickelt (ARMENTEROS *et al.* 2011; CAVA *et al.* 2009; DEDERER 2010; FULLADOSA *et al.* 2009).

Das hier vorgestellte alternative N<sub>2</sub>-Niederdruckverfahren reiht sich nahtlos in diese Bemühungen ein und stellt eine Möglichkeit dar, qualitativ hochwertige Schinkenprodukte schnell und schonend mit Gewährleistung einer hohen mikrobiologischen Sicherheit zu produzieren.

### Danksagung

Für die sehr gute Zusammenarbeit bei der Produktion der Schinken bedanken wir uns bei Herrn Bernd Zitzlmann. Unser Dank gilt darüber hinaus Herrn Jörg Dresel für die ausgezeichnete technische Assistenz.

Der Firma Vivotec GmbH & Co. KG, Kalkar danken wir herzlich für die Bereitstellung des Vivotec-Systems.

### Literatur

Armenteros, M., Aristoy, M. C., Barat, J. M. and Toldra, F. (2011) Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts (in press).

Bülte, M. (2005) Pökelfleischerzeugnisse. In: Handbuch Lebensmittelhygiene - Praxisleitfaden mit wissenschaftlichen Grundlagen, ed. Fehlhaber, K., Kleer, J. and Kley, F. pp. 1-8. Hamburg: Behr's Verlag GmbH & Co. KG.

Campanini, M., Barbuti, S., Ghisi, M. and Baldini, P. (1985) Growth and-or survival at low temperature of Enterobacteria isolated from spoiled raw hams. *Industria Conserve* (Parma) 60, 300-303.

- Campus, M. (2010) High Pressure Processing of Meat, Meat Products and Seafood. *Food Engineering Reviews* 2, 256-273.
- Cava, R., Ladero, L., Gonzalez, S., Carrasco, A. and Ramirez, M.R. (2009) Effect of pressure and holding time on colour, protein and lipid oxidation of sliced dry-cured Iberian ham and loin during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10, 76-81.
- Dederer, I. (2010) Update from the international flesh research. *Fleischwirtschaft* 90, 2, 88-91.
- Dederer, I. and Mueller, W. (2007) High-pressure-induced changes in the dry sausage during ripening and storage. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 46, 127-134.
- Dong, S., Liang, F., Zhao, Y., Du, Y. and Li, P. (2009) Microbial, physical and chemical changes during ham preparation. *Food Science, China* 30, 96-99.
- Fischer, S. (2007) High pressure treatment of meat products. *Fleischwirtschaft* 87, 7, 88-91.
- Francisco, J., Gutierrez, L., Menes, I., Garcia, M., Diez, V. and Moreno, B. (1981) Microbial flora of raw cured ham. *Anales de Bromatologia* 33, 259-271.
- Frey, W. (1983) Rohpökkelwaren. In: *Die sichere Fleischwarenherstellung*, ed. Frey, W. pp. 121-135. Bad Wörishofen: Hans Holzmann Verlag GmbH & Co KG.
- Fulladosa, E., Serra, X., Gou, P. and Arnau, J. (2009) Effects of potassium lactate and high pressure on transglutaminase restructured dry-cured hams with reduced salt content. *Meat Science* 82, 213-218.
- Hechelmann, H. (1985) Mikrobiell verursachte Fehlfabrikate. In: *Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken* pp. 103-127. Kulmbach: Institut für Mikrobiologie, Toxikologie und Histologie der Bundesanstalt für Fleischforschung.
- Hofmann, G. (1985) Mykotoxinbildende Schimmelpilze. In: *Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken* pp. 173-192. Kulmbach: Institut für Mikrobiologie, Toxikologie und Histologie der Bundesanstalt für Fleischforschung.
- Jofre, A., Aymerich, T., Grebol, N. and Garriga, M. (2009) Efficiency of high hydrostatic pressure at 600 MPa against food-borne microorganisms by challenge tests on convenience meat products. *Lwt-Food Science and Technology* 42, 924-928.
- Krämer, J. (2002) Roh- und Kochpökkelwaren. In: *Lebensmittelmikrobiologie*, ed. Krämer, J. pp. 294-296. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Kröckel, L. (2011) Mikrobiologische Qualität von vorverpacktem Rohschinkenaufschnitt. *Mitteilungsblatt Fleischforschung Kulmbach* 50, 141-152.
- Lautenschläger, R. (2007) Rohpökkelwaren. In: *Qualität von Fleisch und Fleischwaren* ed. Brandscheid, W., Honikel, K.O., von Lengerken, G. and Troeger, K. pp. 1003-1030. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag.
- Leistner, L. (1985) Allgemeines über Rohwurst und Rohschinken. In: *Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken* pp. 1-29. Kulmbach: Institut für Mikrobiologie, Toxikologie und Histologie der Bundesanstalt für Fleischforschung.
- Lori, D., Grisenti, M., Parolari, G. and Barbuti, S. (2005) Microbiology of dry-cured raw ham. *Industria Conserve* 80, 23-32.
- Mortimer, C. E. and Müller, U. (2011) Die Elemente der 5. Hauptgruppe. In: *Chemie. Das Basiswissen der Chemie*, ed. Mortimer, C.E. and Müller, U. pp. 421-444. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Nunez, F., Rodriguez, M.M., Cordoba, J.J., Bermudez, M.E. and Asensio, M.A. (1996) Yeast population during ripening of dry-cured Iberian ham. *International Journal of Food Microbiology* 29, 271-280.
- Rödel, W., Scheuer, R. and Wagner, H. (1989) Eine neue Methode zur Messung der Wasseraktivität in Fleischprodukten. *Fleischwirtschaft* 69, 9, 1396-1399.
- Wagner, F. S. (2006) Pökeln. In: *Qualitäts-handbuch Fleisch und Fleischerzeugnisse aus bäuerlicher Produktion*, ed. Ortner, M. and Wagner, F.S. pp. 4-11. Wien: Landwirtschaftskammer Österreich.