

## Mikrobiologische Qualität von vorverpacktem Brühwurst- und Kochschinkenaufschnitt – Aktuelle Untersuchungen

Microbiological quality of prepackaged sliced deli meats – current studies

L. KRÖCKEL

### Zusammenfassung

Der Krankheitserreger *Listeria monocytogenes* wird regelmäßig in erhitzten, aufgeschnittenen und vorverpackten Fleischerzeugnissen aus Kochschinken, Brühwurst, Braten u. a. nachgewiesen. Er kann sich auf diesen Produkten während der Kühlung über den gesetzlich tolerierten Wert von 100 KBE/g vermehren und damit ein potentielles Gesundheitsrisiko darstellen. Zu qualitativen Einbußen kann es durch die Aktivitäten bestimmter Milchsäurebakterien (MSB), *Enterobacteriaceae* und *Brochothrix thermosphacta* kommen. Regelmäßige mikrobiologische Untersuchungen liefern wichtige Daten für die Bewertung dieser Erzeugnisse im Rahmen des gesundheitlichen Verbraucherschutzes. Von August 2006 bis März 2008 wurden daher 200 Proben aus dem Handel quantitativ auf *L. monocytogenes* untersucht. Ein Teil der Proben (n=50) wurde bis eine Woche nach Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums (MHD) bei 7 °C gelagert und einer detaillierten Analyse der Mikroflora unterzogen. Bei zwei Proben wurden Listerien <100 KBE/g nachgewiesen, davon in einem Fall *L. monocytogenes*. Von den 50 näher untersuchten Proben wiesen 82, 70 und 48 % MSB-Keimzahlen > 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup> und 10<sup>8</sup> KBE/g auf. Bei diesen 41 Proben wurde die MSB-Flora in 23, 8, 4, 2, 2 und 2 Fällen von *Lactobacillus sakei*, *Leuconostoc carnosum*, *Weissella viridescens*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *mesenteroides*, *Carnobacterium malt-aromaticum* und *Lactobacillus curvatus* dominiert. In 14 % der Proben wurden > 100 KBE/g *Enterobacteriaceae* gefunden, und zwar im Bereich 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup> und 10<sup>7</sup> KBE/g bei je 3, 2 und 2 Proben. Dabei handelte es sich fast ausnahmslos um die Art *Serratia liquefaciens*. *B. thermosphacta* war in 24 % der Proben vorhanden, davon zu 83 % in Keimzahlen > 10<sup>6</sup> KBE/g. Visuell und olfaktorisch waren 17 von 50 Proben unauffällig, 20 % zeigten verderbsbedingte und 46 % Rezeptur bedingte (Würze, Rauch, etc.) Abweichungen.

---

<b>Schlüsselwörter</b>	vorverpackte Aufschnittware – mikrobiologische Qualität – <i>Lactobacillus</i> – <i>Leuconostoc</i> – <i>Weissella</i> – <i>Carnobacterium</i> – <i>Listeria</i> – <i>Serratia</i> – <i>Brochothrix</i>
<b>Key Words</b>	prepackaged sliced meats – microbiological quality – <i>Lactobacillus</i> – <i>Leuconostoc</i> – <i>Weissella</i> – <i>Carnobacterium</i> – <i>Listeria</i> – <i>Serratia</i> – <i>Brochothrix</i>

---

### Summary

The pathogenic bacterium *Listeria monocytogenes* is regularly found in sliced prepackaged deli meats such as Bologna-type sausage and cooked ham. During cold storage it is able to multiply above the tolerated level of 100 cfu/g and, therefore, may present a potential health risk to the consumer. Qualitative damages may occur through the activities of certain lactic acid bacteria (LAB), *Enterobacteriaceae* and *Brochothrix thermosphacta*. Periodic microbiological investigations provide important data for the evaluation of these products with respect to consumer health. A total of 200 retail samples were quantitatively analysed for *L. monocytogenes*. A subset (n=50) was stored at 7 °C until one week past the indicated shelf life and then subjected to a detailed analysis of the microflora. Listeria were found in two samples at < 100 cfu/g, one of them harbouring *L. monocytogenes*. Of the 50 samples studied in detail 82, 70 and 48 % displayed LAB numbers above 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup> and 10<sup>8</sup> cfu/g. In these samples (n=41) the LAB flora was dominated in 23, 8, 4, 2, 2 and 2 cases by *Lactobacillus*

*sakei*, *Leuconostoc carnosum*, *Weissella viridescens*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *mesenteroides*, *Carnobacterium maltaromaticum* and *Lactobacillus curvatus*. In 14 % of the samples the *Enterobacteriaceae* count was >100 cfu/g and, in 3, 2 and 2 of them reached numbers around  $10^3$ - $10^4$ ,  $10^5$  and  $10^7$  cfu/g. In almost all cases the isolates were identified as *Serratia liquefaciens*. *B. thermosphacta* was present in 24 % of the samples, reaching >  $10^6$  cfu/g in 83 % of them. By eye and nose 17 out of 50 samples appeared inconspicuous, 20 % displayed signs of spoilage and in 46 % recipe dependent smells from condiment, smoke, etc. were dominant.

## Einleitung

Erhitzte, aufgeschnittene und vorverpackte Fleischerzeugnisse wie Kochschinken und Brühwurst sind beliebte *convenience foods*. Sie werden dem Verbraucher unter Kühlung (5 bis 7 °C) mit unterschiedlichen Haltbarkeitsfristen, z. B. von 14 bis 28 Tagen, angeboten. Während des Aufschneidens und Verpackens können die Scheiben mit Mikroorganismen aus dem Produktionsumfeld rekontaminiert werden. Vor allem bestimmte psychrotrophe Milchsäurebakterien (MSB) können dann während der Lagerung hohe Keimzahlen erreichen und die sensorische Qualität beeinträchtigen (BJÖRKROTH *et al.*, 1998; KRÖCKEL, 1998a; LAURSEN *et al.*, 2005). Höhere Keimzahlen werden gelegentlich auch für den Fleischverderber *Brochothrix thermosphacta* und für psychrotrophe *Enterobacteriaceae* beobachtet (LÜCKE *et al.*, 2007; ALBERT *et al.*, 2003). Die mikrobiologische Sicherheit der Aufschnittware wird in erster Linie durch die psychrotrophe Bakterienart *Listeria monocytogenes* (*L. m.*), den Erreger der gefährlichen Listeriose, bedroht (KRÖCKEL, 2000; HOF *et al.*, 2007). In Abwesenheit konkurrierender MSB kann dieser im Produktionsumfeld häufig anzutreffende Keim schnell den gesetzlich tolerierten Grenzwert von 100 KBE/g überschreiten und ähnlich hohe Keimzahlen wie MSB erreichen (KRÖCKEL, 1999a; ANONYMUS, 2007). Wie in keinem anderen Bereich wird gerade bei *convenience foods* mit neuartigen und innovativen Rezepturen, Verpackungstechniken und längeren Haltbarkeitsfristen experimentiert, so dass ein regelmäßiges Monitoring dieser Produkte sinnvoll erscheint. Nach Untersuchungen der BAFF zu Beginn der 90er Jahre lag die Nachweisrate für Listerien bei vorverpackten erhitzten Fleischerzeugnissen bei

6-15 % (SCHMIDT, 1995). Spätere Untersuchungen von KRÖCKEL (2000) ergaben eine Prävalenz von ca. 5 %. Bei Produkten aus ökologischer Erzeugung (n=75) lag die Listerien-Keimzahl unter der Nachweisgrenze von 10 KBE/g (ALBERT *et al.*, 2003). Ziel der vorliegenden Untersuchung war es aktuelle Daten zur mikrobiologischen Qualität von vorverpackter Aufschnittware zu erhalten, vor allem mit Blick auf Listerien, MSB und die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl.

## Material und Methoden

Von August 2006 bis März 2008 wurden im Raum Kulmbach insgesamt 200 Proben von erhitzten, aufgeschnittenen und vorverpackten Fleischerzeugnissen auf das Vorkommen von *Listeria* spp. untersucht. Bei 4 Discount- und 4 Verbrauchermarktketten wurden Produkte von 50 verschiedenen Herstellern eingekauft. Der überwiegende Teil der Proben (n=150) aus konventioneller und ökologischer Herstellung wurde direkt nach dem Einkauf ausschließlich auf Listerien untersucht. Ein zweiter Teil der Proben (n=50, aus konventioneller Herstellung; Aug 2006 - Jan 2007) wurde bis 1 Woche nach Ablauf des MHD bei 7 °C gelagert und anschließend einer Keimzahlbestimmung auf Std-I-Agar (30 °C), MRS(pH6.5)-Agar (25 °C) und PALCAM-Agar (37 °C) unterzogen (KRÖCKEL, 2000). Zusätzlich wurde der Einfluss der Inkubationsbedingungen (14 Tage bei 7 °C; 3-5 Tage bei 25 bzw. 30 °C) auf die Florenzusammensetzung auf Std-I und MRS überprüft und der Frage nachgegangen, ob bestimmte psychrotrophe Florenanteile so besser erfasst werden können. Sofern nicht anders angegeben erfolgte die Bestimmung der Keimzahlen in Anlehnung an die Amt-

liche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB. Auf einen Listerien-Nachweis durch Anreicherung wurde verzichtet.

Milchsäurebakterien wurden sowohl auf MRS- als auch auf Std-I-Agar erfasst. Zur Ermittlung der relativen Florenanteile wurden jeweils drei bis fünf Kolonien eines Kolonietyps mittels mikroskopischer, biochemischer und molekulargenetischer Methoden näher differenziert (SCHILLINGER und LÜCKE, 1987; KRÖCKEL, 1997, 1998b, 2000). Auf Std-I-Agar wurde eine Grobdifferenzierung mittels GRAM- und Cytochrom c-Oxidase-Schnelltest vorgenommen; präsumptive *Enterobacteriaceae* wurden mittels „Bunter Reihe“ (API 20E-Galerie von Biomerieux) identifiziert. Präsumptive *Listeria* spp. auf PALCAM-Agar wurden molekulargenetisch mittels spezifischer PCR sowie genetischem Fingerabdruck identifiziert (SEUBERT und KRÖCKEL, 1996; KRÖCKEL, 1999 b).

## Ergebnisse

Von den insgesamt 200 Proben, die quantitativ auf *Listeria* spp. untersucht wurden, waren 180 unter Schutzatmosphäre und 20 unter Vakuum verpackt. Der Anteil der Brühwusterzeugnisse inkl. Pasteten lag bei 57 %, gefolgt von Kochschinken und diversen anderen erhitzten Fleischwaren (38 %). Der Anteil der Bioprodukte lag bei 6 % (Tab. 1).

Tab. 1: Vorverpackte Fleisch- und Wusterzeugnisse

Produkt	Probenzahl, n	Bio, n
Brühwurst		
mit Nitrit	86	7
ohne Nitrit*)	13	2
Kochschinken	38	2
Braten	18	
Pasteten	14	
Putenbrust	13	
Kochwurst	11	
Hähnchenbrust	5	
Kochmettwurst	1	
Hähnchenbrust in Aspik	1	

\*)Gelbwurst

Bei 1 % der Proben (2 von 200, von 2 verschiedenen Herstellern) wurden *Listeria* spp. im Direktausstrich gefunden. Die Keimzahlen lagen mit 10 und 40 KBE/g unterhalb des tolerierten Grenzwertes von 100 KBE/g. Im ersten Fall wurde bei einem „Bauernbraten“ (pH 5,0, mit Nitrit) 1 Woche nach MHD nur die nicht pathogene *L. innocua*, im zweiten Fall bei einer „Geflügel-Mortadella“ (pH 6,1, mit Nitrit, Nacitrat und Na-acetat, Isoascorbinsäure, Na-isoascorbat) 1 Woche vor Ablauf des MHD nur die pathogene *L. monocytogenes* nachgewiesen.

Die meisten (43/50) der bei 7 °C gelagerten und 1 Woche nach Ablauf des MHD näher untersuchten Proben (23 Brühwurst, 9 Kochschinken, 1 Kochwurst, 8 Braten, 4 Pasteten, 6 Hähnchen-/Putenfleisch; Einwaagen: 70-200 g) waren unter Schutzatmosphäre verpackt, 7 Proben waren Vakuum verpackt. Die Erzeugnisse stammten von 26 Herstellern und wurden bei 6 verschiedenen Einzelhandelsketten eingekauft. Die pH-Werte 7 Tage nach Ablauf des MHD lagen bei 20 Proben zwischen pH 6,0 und 6,4 und bei je 10 Proben zwischen pH 5,7-6,0, 5,5-5,7 und 4,6-5,4 (Tab. 2). Bei der Probe mit pH 4,6 handelte es sich um „Hähnchen in Aspik“. Der niedrigste pH-Wert für Brühwurst-Produkte war 4,9 (Probe 11, Gelbwurst). Diese Probe enthielt wie die mit pH 5,2 ebenfalls relativ saure Probe Nr. 20 (Gelbwurst) lt. Deklaration Natriumsalze verschiedener Genusssäuren (Na-Citrat, Na-Lactat und Na-Acetat).

Eine Woche nach Ablauf des MHD lagen nur noch 14 % der Proben unter dem DGHM-Richtwert von  $5 \times 10^6$  KBE/g, 82 % der näher untersuchten Proben wiesen MSB-Keimzahlen  $> 10^6$  KBE/g auf, 70 %  $> 10^7$  KBE/g und 48 %  $> 10^8$  KBE/g (Abb. 1). Zum Vergleich wurden zusätzlich acht vorverpackte Brühwurstaufschnitte exakt zum MHD untersucht. Hier lag die MSB-Keimzahl bei 75, 63 und 25 % der Proben  $\geq 5 \times 10^6$ ,  $> 10^7$  und  $> 10^8$  KBE/g. In 2 Proben waren weniger als  $10^4$  MSB/g enthalten.

Die *Enterobacteriaceae* (EBC) lagen für 86 % der Proben (43/50) unterhalb der Nachweisgrenze von 100 KBE/g, 3 Proben

Tab. 2: Näher untersuchte Proben. Pr, Hersteller; Hd, Händler, Pg, Packungsgröße in Gramm, Vp, Art der Verpackung (V, Vakuum; S, Schutzatmosphäre); pH, pH-Wert 7 Tage nach Ablauf des MHD

Nr.	Produkt	Pr	Hd	Pg	Vp	pH
1	Delikatess Kasselerroulade	A1	A	200	S	5,9
2	Delikatess Kasselerbraten	A1	A	200	S	5,7
3	Mortadella	B	A	150	S	5,8
4	Truthahn-Schinkenwurst	A2	R	100	S	6,4
5	Paprika-Lyoner	C	R	70	S	6,2
6	Bierschinken	C	R	70	S	5,6
7	Bierschinken	D1	R	200	V	6,1
8	Hähnchenbrust	D2	R	150	S	6,1
9	Rheinische Schinkenwurst	D1	R	200	V	6,1
10	Leberkäse fein	C	R	70	V	5,6
11	Gelbwurst	C	R	70	S	4,9
12	Putenbraten	E	R	100	S	5,9
13	Puten-Kräuterpastete	E	R	80	S	5,9
14	Truthahn-Bierschinken	A1	N	100	S	6,3
15	Hinterkochschinken	F	N	200	S	5,3
16	Krustenschinken	C	N	100	S	5,6
17	Hähnchen in Aspik	G	N	125	S	4,6
18	Delikatess-Hinterkochschinken	F	L	200	V	5,6
19	Truthahn-Mortadella	E	L	80	S	5,9
20	Gelbwurst	C	L	120	S	5,2
21	Bierschinken	H	L	150	S	6,3
22	Bauernbraten	I	L	80	S	5,0
23	Schinken-Lyoner	J	A	200	S	6,0
24	Kasselerroulade	K1	N	200	S	5,6
25	Schinkenwurst	L	N	150	S	6,2
26	Schinkenbraten	K1	N	150	S	5,6
27	Champignon-Schinkenwurst	L	N	150	S	6,0
28	Hinterschinken	K1	N	200	S	5,9
29	Metzger-Hinterschinken (Formschinken)	M	N	200	S	5,5
30	Delikatess-Hinterkochschinken	N1	K	200	V	5,5
31	Spargel-Pastete (Bierschinken mit Spargeleinlagen)	O	K	80	S	5,0
32	Putenbrust	P	K	150	S	6,1
33	Delikatess-Kasseler	Q	K	100	S	5,9
34	Schinken-Traum (Schinkenwurst, fein)	R	K	80	S	6,1
35	Truthahn-Fleischwurst (mit Spinat)	S	K	100	S	5,8
36	Lyoner	h	K	70	S	6,0
37	Feine Gelbwurst	T	K	100	S	6,2
38	Bierschinken mit Bärlauch	U	K	80	S	5,0
39	grobe Schinkenrotwurst (Schinkeneinlagen)	U	K	80	S	6,2
40	Putenbrust, gegart	V	R	100	S	5,4
41	Mortadella mit Paprika	V	R	110	S	6,2
42	Farmer-Schinken	V	R	100	S	5,7
43	Delikatess Putenbrust	e	R	100	S	5,4
44	Delikatess Kochschinken	e	R	100	V	5,7
45	Jagdwurst	e	R	200	V	6,0
46	Gelbwurst	W	E	100	S	6,2
47	Pastete Toskana	X	E	80	S	6,1
48	Pastete griechisch	X	E	80	S	5,7
49	Krustenschinken	F	E	100	S	6,0
50	Gyros-Schinkenbraten	N2	E	100	S	6,1

lagen bei  $10^3$ - $10^4$ , 2 bei  $10^5$  und 2 bei  $10^7$  KBE/g. Bei den *Enterobacteriaceae* handelte es sich fast ausnahmslos um *Serratia liquefaciens*; bei 2 Proben wurde auch *Serratia odorifera* gefunden. Die *Enterobacteriaceae* wurden in der Regel

von den Milchsäurebakterien dominiert. In einem Fall, einer „Feinen Gelbwurst“ aus Schweinefleisch in Schutzatmosphäre ohne Zusatz von Lactat oder Acetat, die sensorisch als „leicht faulig“ wahrgenommen wurde, waren jedoch entgegen aller

Erwartung nur *Enterobacteriaceae* (ohne Begleitflora) in hoher Keimzahl vorhanden (EBC =  $9 \times 10^6$  KBE/g; pH 6,2). Pseudomonaden wurden erwartungsgemäß nur in Ausnahmefällen (3/50 Proben: Hähnchenbrust, Putenkräuterpastete, Gelbwurst) und in Keimzahlen  $< 5 \times 10^3$  KBE/g nachgewiesen.

Weitere bisher noch nicht eindeutig identifizierte GRAM-negative, Oxidase-negative Stäbchen (*Serratia fonticola/plymuthica?*), lagen in Probe Nr. 5 (Paprika-Lyoner in Schutzatmosphäre, pH 6,2) in einer Keimzahl von  $10^6$  KBE/g vor. Die dominierenden MSB waren interessanterweise die in vorverpackten Fleischerzeugnissen eher selten anzutreffenden Species *Carnobacterium divergens* ( $10^7$  KBE/g) und *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* ( $10^6$  KBE/g).

*Brochothrix thermosphacta* wurde bei 12/50 (24 %) der Proben (8 Brühwurst, 3 Braten, 1 Kochwurst), jedoch nicht bei Kochschinken, gefunden, davon in 10 Fällen mit Keimzahlen  $> 10^6$  KBE/g, in 2 Fällen um  $10^2$  KBE/g. Produkte mit Nitrit waren ähnlich belastet wie Proben ohne Nitrit. Mit einer Ausnahme (eine Gelbwurst) dominierten die MSB die Keimflora deutlich, hatten aber offenbar meist zu wenig Vorsprung, um eine Vermehrung dieses Verderbniserregers zu unterbinden.

Die meisten Proben (9/12) wiesen pH-Werte von 6,0 bis 6,3 auf (Abb. 2). Eine Putenbrust wurde sensorisch als „leicht faulig“ wahrgenommen, ein Bauernbraten als „sauerlich“ (pH 5,0), eine Gelbwurst als „leicht ranzig mit Altgeruch“.

Eine Korrelation zu Hersteller (n=10), Säuerungsmittel, Art der Verpackung, Produkttyp, und EBC-Keimzahl war nicht erkennbar. Bei allen Proben waren jedoch extra Zuckerzusätze ausgewiesen.

Auf Std-I-Agar ergab sich in keinem Fall ein Hinweis auf *Staphylococcus* spp. und *Bacillus* spp.. Hefen wurden in 3/50 Fällen nachgewiesen, mit  $10^3$  KBE/g (Bauernbraten, Spargelpastete) und  $7 \times 10^5$  KBE/g in einer Gelbwurst (pH 5,2, „essigartig“) in Assoziation mit  $2 \times 10^8$  KBE/g Milchsäurebakterien.

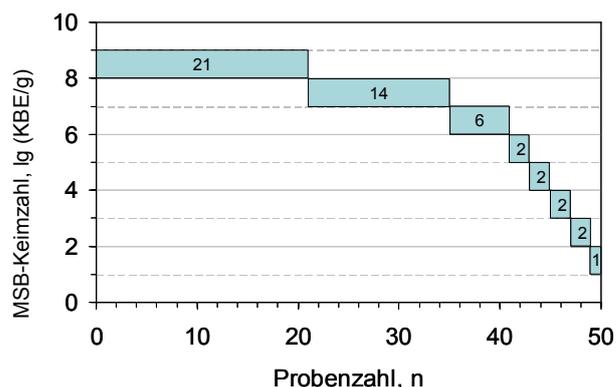


Abb. 1: Verteilung der näher untersuchten Proben (n = 50) auf verschiedene MSB-Keimzahlbereiche 1 Woche nach Ablauf des MHD

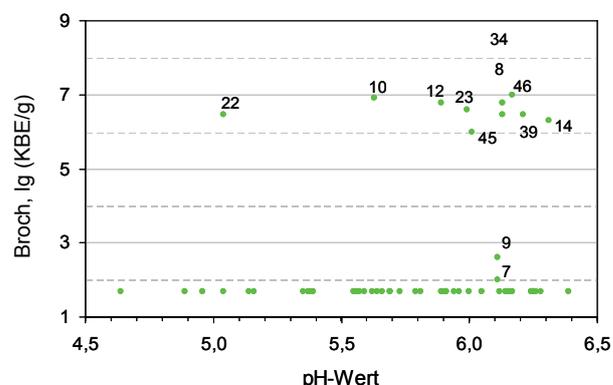


Abb. 2: Beziehung zwischen pH-Wert und *Brochothrix*-Keimzahl eine Woche nach Ablauf des MHD bei Brühwurstaufschnitt. Proben Nr. vgl. Tab. 2

Die 23 näher untersuchten Brühwurstproben (4 Gelbwurst, 19 gepökelte davon 4 Truthahn-Erzeugnisse) waren *Listeria*-negativ, 70 % wiesen MSB-Keimzahlen  $> 5 \times 10^6$  KBE/g auf, die pH-Werte der 7 Proben mit MSB  $> 10^8$  KBE/g lagen bei 6,1 (2/7), 5,8 (2/7) und 4,9-5,2 (3/7). Hohe MSB-Keimzahlen fanden sich somit sowohl bei niedrigen als auch bei relativ hohen pH-Werten (Abb. 3). Bei Probe Nr. 11 (Gelbwurst) waren bereits vor dem Öffnen der Packung Bakterienkolonien auf der foliennahen Wurstscheibe zu sehen. Diese unterschied sich von einer in der Mitte der Fächerpackung liegenden Scheibe deutlich in der MSB-Keimzahl und im pH-Wert (11a und 11i in Abb. 3).

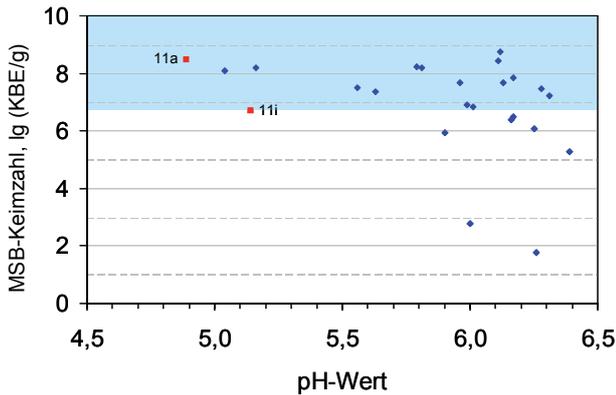


Abb. 3: Korrelation zwischen pH-Wert und Milchsäurebakterien-Keimzahl eine Woche nach Ablauf des MHD bei Brühwurstaufschnitt. Der blau hinterlegte Bereich der Grafik zeigt Keimgehalte > 5 Mio. KBE/g an. Rote Quadrate, außen (11a) und innen (11i) liegende Wurstscheibe von Probe Nr. 11

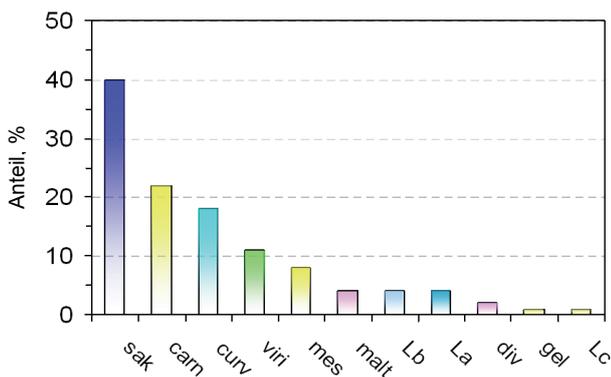


Abb. 4: Häufigkeit einzelner Milchsäurebakterien in den näher untersuchten Proben (n = 50). sak, *Lb. sakei*; carn, *Leuc. carnosum*; curv, *Lb. curvatus*; viri, *Ws. viridescens*; mes, *Leuc. mesenteroides*; malt, *Cb. maltaromaticum*; Lb, *Lactobacillus* sp.; La, *Lactococcus* sp.; div, *Cb. divergens*; gel, *Leuc. gelidum*; Lc, *Leuconostoc* sp.

Optisch-olfaktorisch waren die Proben mit pH 6,1 und pH 5,8 nicht zu beanstanden, bei den Proben mit pH 4,9-5,2 fielen 2 Gelbwurstproben negativ auf (eine als „grau“, die andere als „sauer, essigartig“), die saure Bärlauch-Bierschinken-Probe (pH 5,0) war dagegen sensorisch unauffällig. *Enterobacteriaceae* wurden bei 5 Proben gefunden, davon in 2 Fällen in sehr hoher Keimzahl ( $10^7$  KBE/g). In einem Fall, einer Gelbwurst, fehlte eine konkurrierende MSB-Flora sowie eine Absicherung durch ein Säuerungsmittel, im

anderen Fall lag eine keimzahlmäßig unterlegene „Konkurrenzflora“ aus säuresensitiven Milchsäurebakterien (*Cb. maltaromaticum*) vor, und die zugesetzte Citronensäure konnte die Vermehrung der EBC offenbar nicht ausreichend hemmen. Säuerungsmittel (Lactat, Acetat, Citronensäure) waren nur in 5/23 Produkten enthalten, davon dreimal bei Gelbwurst. Generell ist auf Grund der bekannten Mechanismen von Citronensäure deutlich weniger Hemmwirkung zu erwarten als von Lactat und Acetat. Der Zusatz eines (geeigneten) Säuerungsmittels behindert die säuretoleranten MSB wie *Lb. sakei* und *Lb. curvatus* nur wenig, wie bei zwei weiteren Gelbwurstproben zu sehen war. In Verbindung mit zugesetztem Acetat kann es dann unter diesen Bedingungen zu essigartigen Geruchsabweichungen kommen.

### Milchsäurebakterien

#### Dominierende Arten

Die Milchsäurebakterien-Flora der 50 näher untersuchten Produkte mit MSB-Keimzahlen  $> 10^6$  KBE/g auf MRS<sub>25°C</sub> wurde dominiert von *Lactobacillus sakei* vor *Leuconostoc carnosum*, *Weissella viridescens*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *mesenteroides*, *Carnobacterium maltaromaticum* und *Lactobacillus curvatus* (Tab. 3). Bei den Proben mit mehr als  $10^8$  KBE/g MSB spielte *Cb. maltaromaticum* keine Rolle.

Unabhängig von der Dominanz konnten in den 50 näher untersuchten Proben 8 MSB-Arten identifiziert werden. In einigen Fällen steht die genaue Identifizierung noch aus. Die absolute Häufigkeit (n) war *Lb. sakei* (40), *Leuc. carnosum* (22), *Lb. curvatus* (18), *Ws. viridescens* (11), *Leuc. mesenteroides* ssp. *mesenteroides* (8), *Cb. maltaromaticum* (4), *Lactobacillus* sp. (4), *Lactococcus* sp. (4), *Cb. divergens* (2), *Leuc. gelidum* (1), *Leuconostoc* sp. (1) (Abb. 4).

Die Erfassung der MSB auf MRS<sub>pH6.5</sub> und Std-I Agar bei 7 °C und 25 °C bzw. 30 °C führte nicht immer zu vergleichbaren Ergebnissen hinsichtlich des dominanten

Artenspektrums. Die Ursachen dafür sind vielfältig. *Cb. maltaromaticum* wächst z. B. besser auf Std-I Agar als auf MRSpH6.5 Agar, umgekehrt verhält es sich mit *Lb. sakei*.

Tab. 3: Dominierende Milchsäurebakterien in dem Teil der 50 näher untersuchten Proben mit  $> 10^6$  MSB/g auf MRS 25 °C (n = 40)

Species	Probenzahl	Anteil, %
<i>Lb. sakei</i>	22	55
<i>Leuc. carnosum</i>	8	20
<i>Ws. viridescens</i>	4	10
<i>Leuc. mesenteroides</i> ssp. <i>mesenteroides</i>	2	5
<i>Cb. maltaromaticum</i>	1-3	2-7
<i>Lb. curvatus</i>	1-3	2-7

Bei gleich hohen Keimzahlen wurde *Lb. sakei* daher auf MRS, nicht aber auf Std-I detektiert und *Cb. maltaromaticum* auf Std-I, nicht aber auf MRS. Bei der Florenanalyse wurden zudem nicht alle Kolonien eines Kolonietyps untersucht, und Unterschiede in der Koloniemorphologie können bei verschiedenen Nährböden und Inkubationsbedingungen mehr oder weniger gut ausgeprägt sein.

Bei Berücksichtigung beider Nährböden war *Lb. sakei* insgesamt in 13/40 Fällen (33 %), vor allem bei Brühwurst (8), aber auch bei Kochschinken (2), Kasseler (2) und „Bauernbraten“ (1) als dominanter Keim anzutreffen. Auch *Leuc. carnosum* war bei einer ganzheitlichen Betrachtung in 14/40 Fällen (35 %) dominant. Beide Arten sind demnach bei einer zufälligen Auswahl von verpackten, verzehrfertigen Fleischerzeugnissen mit gleicher Wahrscheinlichkeit als dominante Flora anzutreffen.

*Leuconostoc carnosum* wird in der Literatur als spezifischer Verderbskeim bei Kochschinken genannt (BJÖRKROTH *et al.*, 1998). In der vorliegenden Untersuchung wurde diese Art bei 5 von 8 Kochschinken-Proben als dominanter Floren-

bestandteil identifiziert. Bei einer weiteren Probe lag *Leuc. carnosum* an zweiter Stelle hinter *Lb. sakei*. Bei zwei weiteren Proben dominierte in einem Fall *Ws. viridescens* vor *Leuc. mesenteroides* ssp. *mesenteroides*, im anderen Fall *Lb. sakei* vor *Ws. viridescens* und *Leuc. mesenteroides* ssp. *mesenteroides*. *Leuc. carnosum* war außerdem dominant bei Putenbrust (in Assoziation mit a) *Lb. sakei*, b) *Lb. sakei*, *Ws. viridescens*, *Leuc. mesenteroides*), Kasseler Braten, Kasseler Roulade sowie einigen Wurst-Proben (Bierschinken, Gelbwurst, Schinkenrotwurst). *Leuconostoc gelidum*, der in der Vergangenheit bei vorverpackten Weißwürsten durch gelbe Farbabweichungen auf sich aufmerksam machte (KRÖCKEL, 2005), lag nur in einem Fall in höherer Keimzahl ( $2,0 \times 10^8$  KBE/g) vor. Dabei handelte es sich um einen unter Schutzatmosphäre verpackten Putenbraten. Gelbe Farbabweichungen wurden in keinem Fall beobachtet.

#### Außergewöhnliche *Lb. sakei* Isolate

Mehrere phänotypisch zunächst als *Lb. curvatus* identifizierte Kolonien erwiesen sich auf Grund ihres genetischen Fingerabdrucks (BOX-rep-APD) nachträglich als *Lb. sakei* (Proben Nr. 2, 4, 7, 9, 10, 11, 14, 18, 20, 38, 39, 47, 48, 49). Dies ist insofern interessant als *Lb. curvatus* in der Literatur relativ häufig als dominanter Keim bei länger gelagerten vorverpackten, verzehrfertigen Fleischerzeugnissen genannt wird. Im Gegensatz zum regulären *Lb. sakei* Phänotyp waren diese Isolate, wie für *Lb. curvatus* typisch, Melibiose- und Saccharose-negativ. Alle waren aber Arabinose-positiv (selten bei *Lb. curvatus*, häufig bei *Lb. sakei*).

#### Proben mit niedriger MSB-Keimzahl

Vier Proben enthielten keine bzw. auffallend wenige MSB (max.  $2,0 \times 10^3$  KBE/g). Eine davon („Feine Gelbwurst“) war allerdings relativ hoch mit *Enterobacteriaceae* belastet. Die anderen drei Proben enthielten nur MSB. Weitere vier mit MSB gering bis mäßig belastete Proben ( $< 1,0 \times 10^6$  KBE/g) enthielten ebenfalls nur MSB (*Lb. sakei*, *Ws. viridescens*). Eine erstaunliche Vielfalt der MSB wurde auf einer

„Hähnchen in Aspik“-Probe gefunden. Die mit  $5,0 \times 10^4$  KBE/g dominierende Art *Leuc. carnosum* war vergesellschaftet mit *Cb. divergens*, *Lb. buchneri*, *Lb. sakei* und *Ws. viridescens*.

#### Sensorischer Eindruck und MSB-Keimzahl

Sensorisch (optisch-olfaktorisch) waren 34 % der 50 Proben unauffällig, 34 % auffällig (12 % säuerlich, 4 % faulig, 4 % alt, 4 % ranzig, 4 % mit Schweinegeruch, 2 % brandig, 2 % schwefelig, 2 % grau) und 28 % fielen durch ausgeprägte Rauch-, Würze-, Gewürznoten auf. Die pH-Werte der sensorisch unauffälligen Proben reichten von pH 5,0 bis pH 6,3. Die MSB-Keimzahlen lagen fast immer über  $10^7$  KBE/g (15/17) und überwiegend über  $10^8$  KBE/g (10/17). Die MSB-Flora wurde auf Brühwurst meist vom *Lb. sakei/curvatus* Cluster dominiert, auf Kochschinken regelmäßig von *Leuc. carnosum*. Vereinzelt lagen auch *Ws. viridescens*, *Cb. maltaromaticum* und *Leuc. mesenteroides* ssp. *mesenteroides* in höheren Keimzahlen vor (Abb. 5).

#### Diskussion

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die Vorgaben der EG-Verordnung 1441/2007 (ANONYMUS, 2007) hinsichtlich

des Grenzwertes für *Listeria monocytogenes* von 100 KBE/g bei vorpackter Aufschnittware für alle 200 untersuchten Proben eingehalten wurden. Es wurde aber auch deutlich, dass auf diesen Fleischerzeugnissen nach wie vor mit Listerien zu rechnen ist. Der Befund liegt im Rahmen der Ergebnisse der amtlichen Lebensmittelüberwachung für 2005: bei hitzebehandelten Fleischerzeugnissen wurde *L. m.* in Deutschland in 2 % der Proben (33 von 1753) nachgewiesen; bei 1635 quantitativ untersuchten Proben war nur eine mit mehr als 100 KBE/g belastet (HARTUNG, 2007). Bei Anreicherung der eigenen Proben wären demnach vier *L. m.*-positive Proben zu erwarten gewesen. Im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen Ende der 90er Jahre (KRÖCKEL, 2000) lag die Nachweisrate im Bereich 10 bis 100 KBE/g für *L. m.* in der jetzigen Untersuchung 7-8 mal niedriger. Ein aktuelles Listeriose-Risiko durch vorverpackten Brühwurst- und Kochschinkenaufschnitt und ähnliche vorverpackte Produkte kann aus diesen Ergebnissen nicht abgeleitet werden. Auch in den USA haben inzwischen die Bemühungen der Lebensmittelindustrie und Behörden zur Kontrolle von *L. m.* in Lebensmitteln mit hohem Risiko für *L. m.* zu einem Rückgang der sporadischen Listeriose geführt (SWAMINATHAN und GERNER-SMIDT, 2007).

Nr.	Produkt	pH	Milchsäurebakterien	
			Ig (KBE/g)	dominante Species
3	Mortadella	5,8	8,30	sak, curv, Lactococcus
6	Bierschinken	5,6	8,00	curv
7	Bierschinken	6,1	8,78	sak
9	Schinkenwurst	6,1	8,48	sak
10	Leberkäse, fein	5,6	7,65	sak, curv
14	Truthahn-Bierschinken	6,3	7,30	curv
16	Krustenschinken	5,6	8,00	virii, mes
19	Truthahn-Mortadella	5,9	5,95	sak
21	Bierschinken	6,3	7,48	virii
23	Schinken-Lyoner	6,0	7,00	sak, malt
24	Kasselerroulade	5,6	8,00	carn
29	Metzger-Hinterschinken	5,4	8,30	carn, sak, mes
30	Delikatess-Hinterkochschinken	5,6	8,70	carn, sak, mes
36	Lyoner	6,0	3,30	carn, sak
38	Bierschinken mit Bärlauch	5,0	8,00	carn, sak
39	Schinkenrotwurst, grob	6,2	7,48	carn, sak
44	Delikatess-Kochschinken	5,7	8,30	carn, sak, virii

Abb. 5: pH-Werte, Keimzahlen (Ig (KBE/g)) und dominante Milchsäurebakterienflora sensorisch unauffälliger Proben. sak, *Lb. sakei*; curv, *Lb. curvatus*; virii, *Ws. viridescens*; mes, *Leuc. mesenteroides*; malt, *Cb. maltaromaticum*. Produkt: blau=Brühwurst, gelb=Schinken; pH: grün="normal", gelb=gesäuert, rot=stark gesäuert; Ig (KBE/g): grün=niedrig, gelb=hoch, rot=sehr hoch; dominante Species: blau=sak/curv, gelb=carn, grün=virii

Trotz der hohen aeroben mesophilen Gesamtkeimzahlen nach Ablauf des MHD, die meist auf Grund hoher MSB-Keimzahlen überwiegend über dem DGHM-Richtwert von  $5 \times 10^6$  KBE/g lagen, hat sich der Keimstatus der Produkte im Vergleich zu 1999 verbessert. Der Anteil der Proben mit MSB-Keimzahlen  $> 10^6$ ,  $> 10^7$ , und  $> 10^8$  KBE/g lag mit 82, 70 und 48 % niedriger als bei früheren Untersuchungen (KRÖCKEL, 2000), wo die entsprechenden Werte bei 91, 80 und 60 % lagen. Verbesserungen lassen sich auch aus der Verteilung der pH-Werte ableiten. Hier war aktuell der Anteil der Proben mit pH 5,9-6,4 mehr als doppelt so hoch als 1999, während der Anteil mit pH 5,1-5,5 um den Faktor 4 bis 5 niedriger lag.

Die mikrobiologische Untersuchung der vorverpackten Aufschnittware eine Woche nach Ablauf des MHD ist insoweit angebracht und berechtigt, als zum einen nicht davon ausgegangen werden kann, dass jeder Konsument ein gekauftes Produkt mit Erreichen des Mindesthaltbarkeitsdatums als nicht mehr verzehrfähig erachtet und zum anderen bezüglich der Sicherheit des Produktes ein gewisser zeitlicher Puffer seitens des Herstellers bei der Festsetzung des MHD in Erwägung gezogen werden sollte. Wie eine Vergleichsuntersuchung mit vorverpacktem Brühwurstaufschnitt ergab, erfüllt der überwiegende Teil der Proben auch zum MHD den DGHM-Richtwert für MSB nicht mehr. Bei einer Ausgangsbelastung von 50 bis 5000 MSB/g und einer Lagerung bei 8 °C wird dieser Wert in 5 bis 9 Tagen erreicht (LÜCKE *et al.*, 2007)

Wie bereits früher berichtet wurde, bedeutet eine hohe MSB-Keimzahl nicht automatisch einen niedrigen pH-Wert, da das Ausmaß der Säuerung sowohl von den zugesetzten Zuckerstoffen als auch von der Lagerdauer nach Erreichen von MSB-Keimzahlen  $> 10^7$  bis  $10^8$  KBE/g abhängt (KRÖCKEL, 2000). Die aktuellen Ergebnisse bestätigen dies. Bei den Brühwurst-Proben mit MSB  $> 5 \times 10^6$  KBE/g wiesen 56 % pH-Werte  $> 5,9$  auf. Bei den 17 sensorisch unauffälligen Proben lagen die Anteile in den pH-Bereichen 5,1-5,5, 5,5-5,9 und 5,9-6,4 bei 12, 47 und 41 %. Die

von *Lb. sakei* und *Leuc. carnosum* dominierte MSB-Flora wies bei 10 Proben Keimzahlen  $> 10^8$  KBE/g auf. Die pH-Werte dieser Proben lagen zwischen 5,0 und 6,1, wobei überraschenderweise der Bärlauch-Bierschinken in Schutzatmosphäre von Hersteller „U“ die niedrigste ( $1 \times 10^8$  KBE/g) und der Bierschinken in Vakuumpackung von Hersteller „D1“ die höchste ( $6 \times 10^8$  KBE/g) MSB-Keimzahl aufwies. Möglicherweise fördert der Zusatz von Bärlauch ähnlich wie bereits früher für Gemüsepaprika beobachtet die Säuerungsleistung der MSB. Die Problematik der Beurteilung eines Verderbs an Hand des pH-Wertes wird auch bei der sensorisch einwandfreien Probe Nr. 10 (Leberkäse, fein; mit Na-Acetat) deutlich, die unerwarteterweise einen pH-Wert von 5,6 bei einer MSB-Keimzahl von  $7 \times 10^7$  zeigte.

Verderb bei mild erhitzten Fleischerzeugnissen äußert sich durch Säuerung, Schmierigwerden und käsigen Geruch. Zuckerzusätze begünstigen die ersten beiden Erscheinungen. Bestimmte Milchsäurebakterien der Gattungen *Lactobacillus* und *Leuconostoc* haben das Potential kühlgelagerte, pasteurisierte Frischware (Brühwurst, Kochwurst, Kochschinken) durch Bildung säuerlicher bis buttermilchartiger Aromen, Schleimbildung, Vergrünung und Gasbildung ( $\text{CO}_2$ ) zu verderben (LÜCKE und TROEGER, 2007). Von hohen MSB-Keimzahlen und niedrigen pH-Werten alleine auf ein verdorbenes Produkt im Sinne von „nicht verzehrfähig“ zu schließen wäre aber verfehlt, auch wenn für ein frisches Produkt MSB-Keimzahlen weit unterhalb des DGHM-Richtwertes von  $5 \times 10^6$  KBE/g und traditionell pH-Werte  $> 6,0$  erwartet werden dürfen. Der pH-Wert von Brühwurst und Kochschinken liegt älteren Angaben zufolge nach der Herstellung zwischen 6,0 und 6,4 (TÄNDLER, 1984). Erfahrungswerte der letzten Jahre im Rahmen von CMA-Prüfungen bei sensorisch einwandfreien Erzeugnissen liegen dagegen bei Brühwurst im Bereich von pH 5,6 bis 6,2 (DEDERER, 2008) und bei Kochschinken zwischen pH 5,4 bis 6,4 (MÜLLER, 2008). Unterschiedliche pH-Werte des Rohmaterials (z.B. PSE-Fleisch) und Zusatzstoffe (z.B. Säure-

regulatoren, Phosphate) werden für die große Variabilität verantwortlich gemacht. Bei den eigenen Proben mit  $\geq 10$  Tagen Restlaufzeit bis zum MHD lagen die pH-Werte bei 53 % zwischen 6,0 und 6,4, bei 86 % zwischen pH 5,9 und 6,4. Bei  $\geq 5$  Tagen Restlaufzeit lagen die pH-Werte bei 52 % zwischen 6,0 und 6,4, bei 78 % zwischen pH 5,9 und 6,4.

Problematischer als hohe MSB-Keimzahlen und damit einhergehende Säuerungseffekte sind hohe Keimzahlen an *Enterobacteriaceae* und *Brochothrix thermosphacta*. Produkte mit höheren Keimzahlen ( $10^6$  bis  $10^7$  KBE/g) dieser Keimgruppen fallen im Vergleich zu Milchsäurebakterien sensorisch deutlich früher und unangenehmer auf (VERMEIEREN *et al.*, 2005; LÜCKE und TROEGER, 2007; LÜCKE *et al.*, 2007). *B. thermosphacta* ist ein stäbchenförmiges, unbewegliches, Gram- und Katalase-positives, fakultativ anaerobes, apathogenes, psychrotrophes, salztolerantes und säuresensitives Bakterium, das käsig-muffige Geruchsabweichungen bei vorverpackten Fleischerzeugnissen hervorruft und auch unter Schutzatmosphäre ( $N_2/CO_2$ ) gut gedeiht, aber unterhalb von pH 5,8 nicht anaerob wachsen kann (STACKEBRANDT und JONES, 2006). Psychrotrophe EBC wie *Serratia liquefaciens* sind nicht nur aus sensorischen Gründen unerwünscht. Sie können als „Fäulniserreger“ auf Fleischerzeugnissen auch größere Mengen der gesundheitlich problematischen biogenen Amine Cadaverin und Putrescin bilden (ÖNAL, 2007; PIRCHER *et al.*, 2007).

Alles in allem hat sich die Listerien-Problematik bei vorverpackten Fleischerzeugnissen in den letzten Jahren merklich entspannt. Die MHDs sind jedoch nach wie vor knapp kalkuliert, so dass ein Großteil der Erzeugnisse eine Woche nach Ablauf des MHD deutliche Verderbszeichen zeigt.

#### Danksagung

Frau Jutta Popp danke ich für die hervorragende technische Assistenz.

#### Literatur

- Anonymus (2007) Verordnung (EG) Nr. 1441/2007 der Kommission vom 5. Dezember 2007 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel
- Albert, T., M. Gareis, L. Kröckel (2003) Mikrobiologische Qualität von Fleischerzeugnissen aus ökologischer Produktion. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung* 42 (161), 183-190
- Björkroth, K. J., P. Vandamme, H. J. Korkeala (1998) Identification and characterization of *Leuconostoc carnosum*, associated with production and spoilage of vacuum-packaged, sliced, cooked ham. *Appl Environ Microbiol* 64 (9), 3313-3319
- Dederer, I. (2008) persönliche Mitteilung
- DGHM (2007) Veröffentlichte mikrobiologische Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln (Stand: November 2007) Eine Empfehlung der Fachgruppe Lebensmittelmikrobiologie und -hygiene der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM). <http://www.lm-mibi.uni-bonn.de/DGHM.html>
- Hartung, M. (2007) Ergebnisse der Zoonoserhebung 2005 bei Lebensmitteln. *Fleischwirtschaft* 87 (2), 98-106
- Hof, H., K. Szabo, B. Becker (2007) Epidemiologie der Listeriose in Deutschland – im Wandel und dennoch nicht beachtet. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 132, 1343-1348
- Kröckel, L. (1997) Differenzierung von *Lactobacillus sake* und *L. curvatus* mittels BOX-rep-APD. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung* 36 (137), 286-294
- Kröckel, L. (1998 a) Lactic acid bacteria as protective cultures in the preservation of meat. In: Adria-Normandie (ed.) *Les bactérie lactic – Quelles souches? Pour quels produits? Lactic acid bacteria – Which strains for which products? – Actes du colloque LACTIC 97*, Caen, 10-12 Sept 1997 – Adria Normandie, Villers-Bocage, pp. 229-242
- Kröckel, L. (1998 b) Differenzierung von Milchsäurebakterien mittels BOX-rep-APD. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach* 37 (139), 5-14
- Kröckel, L. (1999 a) Natürliche Barrieren für die Biokonservierung. *Fleischwirtschaft* 79 (1), 67-70
- Kröckel, L. (1999 b) Die BOX-rep-APD: eine schnelle und effiziente Methode zur Identifi-

- zierung und Differenzierung von Listerien. *Fleischwirtschaft* 79 (11), 80-83
- Kröckel, L. (2000) Aktuelle Untersuchungen zum Vorkommen von *Listeria monocytogenes* und Milchsäurebakterien in vorverpackten, kühl gelagerten Fleischerzeugnissen. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 39 (149), 783-792
- Kröckel L (2005) Gelbe Farbabweichungen bei vorverpackten, kühl gelagerten Weißwürsten werden durch *Leuconostoc gelidum* verursacht. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 44 (170), 283-294
- Laursen B.G., L. Bay, I. Cleenwerck, M. Vancanneyt, J. Swings, P. Dalgaard, J.J. Leisner (2005) *Carnobacterium divergens* and *Carnobacterium maltaromaticum* as spoilers or protective cultures in meat and seafood: phenotypic and genotypic characterization. *Syst Appl Microbiol* 28 (2):151-64
- Lücke, F.-K., K. Troeger (2007) Mikrobiologische Risiken. In: *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*, 2. Aufl.. Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt/M., pp. 553-634
- Lücke F.-K., C. Raabe, J. Hampshire (2007) Changes in sensory profile and microbiological quality during chill storage of cured and uncured cooked sliced emulsion type sausages. *Archiv fuer Lebensmittelhygiene* 58 (2), 57-63
- Müller, W.-D. (2008) persönliche Mitteilung
- Önal, A. (2007) A review: Current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods. *Food Chemistry* 103 (4), 1475-1486
- Ouattara B., R.E. Simard, G. Piette, et al. (2000) Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *Int J Food Microbiol* 62, 139-148
- Pircher A., F. Bauer, P. Paulsen (2007) Formation of cadaverine, histamine, putrescine and tyramine by bacteria isolated from meat, fermented sausages and cheeses. *Europ Food Res Technol* 226, 225-231
- Schillinger, U., F.-K. Lücke (1987) Identification of lactobacilli from meat and meat products. *Food Microbiol* 4, 199-208
- Schmidt, U. (1995) Vakuumverpackter Brühwurstaufschnitt: Hemmung des Listerienwachstums durch technologische Maßnahmen. *Fleischwirtschaft* 75 (1), 24-27
- Swaminathan B., P. Gerner-Smidt (2007) The epidemiology of human listeriosis. *Microbes and Infection* 9 (10), 1236-1243
- Seubert, A., L. Kröckel (1996) Identifizierung von *Listeria* spp. und *L. monocytogenes* mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR). *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 35 (134), 368-374
- Stackebrandt, E, D. Jones (2006) The Genus *Brochothrix*. In: M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K.-H. Schleifer, E. Stackebrandt (eds.) *The Prokaryotes*, 3rd edition, vol. 4. Springer, New York, pp. 477-491
- Tändler, K. (1984) Frischware und Vorverpackung. In: Bundesanstalt für Fleischforschung (Hrsg.) *Technologie der Brühwurst*, Kulmbacher Reihe Band 4.
- Vermeieren, L., F. Devlieghere, V. De Graef, J. Debevere (2005) In vitro and in situ growth characteristics and behaviour of spoilage organisms associated with anaerobically stored cooked meat products. *J Appl Microbiol* 98, 33-42

