

FLEISCHFERMENTATION

Technisch-wissenschaftliche Informationen



Inhalt

1.	Einleitung	3
2.	Herstellung von Rohwürsten, insbesondere Salami	3
3.	Starterkulturen für fermentierte Fleischprodukte	5
3.1	Rohwurstbrät als Kulturen-Substrat	5
3.2	Starterkulturen: Einsatzgebiet und beteiligte Spezies	5
3.3	Die Funktion der Milchsäurebakterien	7
3.4	Die Funktion der Kokurien und Staphylokokken	7
3.5	Die Funktion der Hefen und Schimmelpilze	8
3.6	Schutzkulturen und Probiotika	8
4.	Zusammenfassung und Ausblick	9
5.	Literatur	10

ALP science
(vormals FAM Info)

Titelbild

Salami-Trocknung (Foto: R. Hadorn, ALP)

Erstveröffentlichung

Autor

Jörg Hummerjohann

Herausgeber

Agroscope Liebefeld-Posieux

Eidg. Forschungsanstalt

für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP)

Schwarzenburgstrasse 161

CH-3003 Bern

Telefon +41 (0)31 323 84 18

Fax +41 (0)31 323 82 27

http: www.alp.admin.ch

e-mail: science@alp.admin.ch

Kontakt Rückfragen

Jörg Hummerjohann

e-mail joerg.hummerjohann@alp.admin.ch

Telefon +41 (0)31 323 84 68

Fax +41 (0)31 322 82 27

Gestaltung

Helena Hemmi (Konzept), Müge Yildirim (Layout)

Erscheinung

Mehrmals jährlich in unregelmässiger Folge

ISBN 3-905667-23-1

ISSN 1660-7856 (online)

FLEISCHFERMENTATION

1. Einleitung

Salami, Saucisson und Landjäger sind fermentierte Fleischprodukte. Dass zu ihrer Herstellung ein definierter Gärprozess notwendig ist, der durch spezielle Bakterienstämme («Starterkulturen») geleistet wird, ist den Konsumenten und Konsumentinnen weniger bewusst als bei fermentierten Milchprodukten wie Käse oder Joghurt.

Ein Grund dafür ist sicherlich, dass im Gegensatz zur Milchindustrie, die schon seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts definierte Starterkulturen verwendet, in der Fleischverarbeitung diese Entwicklung erst viel später eingesetzt hat. In Europa sind kommerziell erhältliche Fleischstarterkulturen seit ca. 40 Jahren bekannt, aber auch heute noch werden viele Rohwürste, vor allem in Südeuropa, im traditionellen Verfahren mittels «Hausflora» hergestellt. Kommerzielle Starterkulturen, wie sie in den nord- und mitteleuropäischen Ländern bei 80–100% der industriell erzeugten Rohwürsten zum Einsatz kommen, tragen zur weitgehenden Vermeidung von Fehlprodukten, zur gleichbleibenden sensorischen Qualität und zur Gewährleistung der hygienischen Sicherheit bei (Weber, 2003).

Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) besitzt eine über Jahrzehnte erworbene, praxisorientierte Erfahrung auf dem Gebiet der thermophilen Gärprozesse bei der Käseherstellung (über 95% der Schweizer Emmentaler werden mit ALP-Kulturen fabriziert). Diese Kompetenz soll nun auf dem Gebiet der Fleischfermentation fortgeführt werden. Das Know-how über gesteuerte Gärprozesse in Milch und Fleisch ist also unter einem Dach vereint.

Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über die Fleischfermentation. Nach einer kurzen Einführung in die Salami-Herstellung wird die Zusammensetzung der Fleischstarterkulturen hinsichtlich ihrer Säuerungsfunktion und ihrer Beteiligung am Umrötungsprozess und an der Aromabildung erläutert. Auf Spezialfunktionen wie die der sogenannten Schutzkulturen und der probiotischen Wirkung wird ebenfalls kurz eingegangen.

2. Herstellung von Rohwürsten, insbesondere Salami

Rohwürste werden aus Schweinefleisch, Rindfleisch und Fettgewebe unter Verwendung von Zutaten hergestellt. Bei manchen Sorten wird auch Schafffleisch verwendet. Es handelt sich um umgerötete, roh zum Verzehr gelangende Wurstwaren. Ihre Einteilung wird nach der Konsistenz und Haltbarkeitsdauer vorgenommen (Sielaff, 1996): streichfähige Rohwurst (z.B. Teewurst, frische Mettwurst), kaltgeräucherte schnittfeste Rohwurst (z. B. Landjäger), luftgetrocknete schnittfeste Rohwurst (z.B. Salami, Salsiz, Salametti). Bei der Herstellung von Rohwurst sind «frische Mettwurst» und «Italienische Salami» extreme Beispiele. Die «frische Mettwurst» hat eine Herstellungszeit von nur 3 bis 4 Tagen und wird oft in wasserdampf- und durchlässigen Hüllen gereift, folglich kann sie nur über den pH-Wert stabilisiert werden, wobei ein ausreichend niedriger pH-Wert durch den Zusatz von Laktobazillen-Starterkulturen und/oder Glucono-delta-Lacton (GdL) erreicht werden kann. Dagegen beträgt die Reifezeit der «Italienischen Salami» bis zu 6 Monaten bei niedriger Temperatur, es wird kein oder nur wenig Zucker zugesetzt und daher bleibt der pH-Wert hoch und folglich wird das Produkt primär über den a_w -Wert (durch langsame Abtrocknung) stabilisiert, wobei für die Aromatisierung neben den Laktobazillen auch «Mikrokokken» (Kokurien und koagulase-negative Staphylokokken) wichtig sind (Leistner, 1986; vgl. auch Tab. 1).

In Abbildung 1 ist ein Beispiel für eine in der Schweiz vorkommende Salami-Herstellung skizziert.

Die Salami hat ihren Ursprung in Italien («salme» = Salzfleisch), inzwischen ist sie weltweit verbreitet und es gibt je nach Land und Geschmacksvorlieben der Bevölkerung sehr vielfältige Typen von Salami mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften. Ein Charakteristikum der Salamiproduktion ist die Verwendung von Knoblauch und auch Rotwein oder Rum (Sielaff, 1996). In Deutscher Salami beträgt der Rindfleischanteil ca. 30%, traditionelle Ungarische Salami enthält hingegen nur Schweinefleisch und Speck (Sielaff, 1996). In Nord- und Mitteleuropa wird mit Hilfe von Starterkulturen der pH-Wert auf 5.0–5.2 (Deutschland) oder sogar

4.8 (Belgien) gesenkt und das Produkt wird geräuchert (Lücke & Hechelmann, 1987; Leistner, 1986, Sielaff, 1996). Dagegen werden die meisten Salami-Typen der südlichen Länder Europas langsam unter Kühlung luftgetrocknet und mit einer Schimmelpilzflora auf der Oberfläche gereift. Die traditionelle Ungarische Salami wird zu Beginn ihrer ca. 100-tägigen Reifung und vor der Schimmelpilz-Besiedlung für ca. 2 Wochen kaltgeräuchert (Leistner, 1986). Bei der traditionellen Mailänder Salami unterschreitet der pH-Wert zu keiner Zeit 5.4 und der End-pH-Wert liegt bei 5.9–6.0 (Leistner, 1986). Nach der Reifung hat sich ein Gewichtsverlust von >30% und ein a_w -Wert zwischen 0.8 und 0.9 eingestellt und das Produkt ist ohne Kühlung haltbar. (Sielaff, 1996)

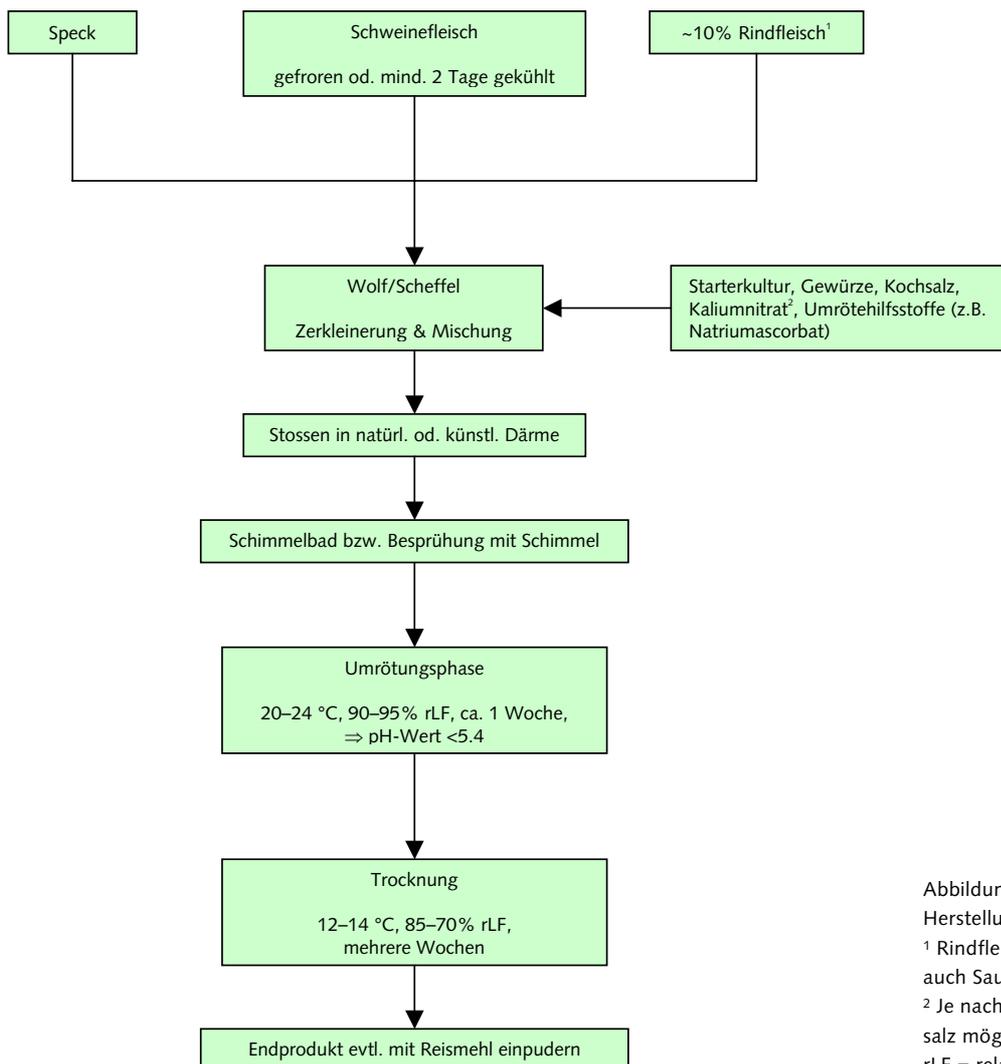


Abbildung 1: Beispiel für Salami-Herstellung (Schweiz)

¹ Rindfleischanteil sehr variabel, z.T. auch Sauenfleisch

² Je nach Salami-Typ auch Nitritpökelsalz möglich

rLF = relative Luftfeuchte

3. Starterkulturen für fermentierte Fleischprodukte

Starterkulturen werden bei einer Vielzahl von Fleischprodukten verwendet, wobei jedoch dem Einsatz bei der Herstellung von Rohwurst die grösste Bedeutung zukommt. Mengenmässig an zweiter Stelle steht der Einsatz von Starterkulturen bei Rohschinken, jedoch wird bei diesem Produkt der grösste Teil mit Hilfe von Spontanflora fermentiert (Weber, 2003). Der vorliegende Artikel beschränkt sich auf Rohwürste.

Folgende Ziele bei der Rohwurstreifung müssen erreicht werden (Weber, 2003):

- Ausschaltung pathogener und verderbniserregender Mikroorganismen
- Ausbildung der typischen roten Farbe
- Ausbildung der Schnittfestigkeit
- Erzielung der Haltbarkeit
- Ausbildung des typischen Fermentationsgeschmackes

3.1. Rohwurstbrät als Kulturen-Substrat

Vor der Beschreibung der Starterkulturen, die Beiträge zu allen vorgehend genannten Punkten leisten, muss noch auf das Substrat der Kulturen eingegangen werden, dem Rohwurstbrät. Das Rohwurstbrät sollte aus qualitativ gutem Kaltfleisch mit niedrigem Ausgangskeimgehalt hergestellt werden. Dennoch muss mit dem Vorhandensein von Verderbnis- und Krankheitserregern gerechnet werden. Durch den Einsatz von 2.6–3.0% Kochsals wird nicht nur der Geschmack beeinflusst, sondern auch der a_w -Wert auf 0.96–0.97 gesenkt (Weber, 2003). Beim Einsatz von Nitritpökelsalz gelangen nach der Schweizerischen Zusatzstoffverordnung maximal 150 mg/kg Natriumnitrit in die Wurstmasse (Richtwert; Verwendung von Kaliumnitrit ebenfalls möglich; ZuV vom 13.04.2004). Diese Konzentration reicht aus, um zusammen mit dem AusgangspH-Wert von 5.6–5.9 und dem a_w -Wert das Wachstum von

Salmonellen zu verhindern (Weber, 2003). Bei langsam, d.h. >4 Wochen lang gereiften Würsten wird häufig Salpeter (Kaliumnitrat) statt Nitritpökelsalz als Pökelform eingesetzt (Richtwert nach ZuV: maximal 300 mg/kg, ausgedrückt als Natriumnitrat; Verwendung von NaNO_3 auch möglich). Die zugegebenen Gewürze können ebenfalls eine antibakterielle Wirkung entfalten. Der Zuckergehalt des Bräts von 0.3–0.7% wird durch den Zusatz von Mono-, Di- und Oligo-Sacchariden erreicht und dient primär den fermentierenden Mikroorganismen als Kohlenstoff- und Energiequelle (Weber, 2003). Hier besteht auch der fundamentale Unterschied zur Milchfermentation. Während die Milch mit der Laktose mehr als genügend Kohlenhydrate für die Energiegewinnung der Starterbakterien zur Verfügung stellt, ist das Glykogen (Kohlenhydrat des Fleisches) zum Zeitpunkt des Gärbeginns bereits mehrheitlich von fleischeigenen Enzymen zu Laktat abgebaut worden (anaerobe Glykolyse). Das bedeutet, dass die Starterkulturen nicht die Hauptrolle bei der pH-Absenkung und Laktatbildung spielen und dass die Kohlenstoffquellen ergänzt werden müssen. Durch die Zusammensetzung der Kohlenhydratmischung und die Reifungstemperatur wird die pH-Kinetik während der Rohwurstherstellung bestimmt (Weber, 2003).

3.2. Starterkulturen: Einsatzgebiet und beteiligte Spezies

Der Einsatz von Starterkulturen ist bei allen Rohwurstsorten möglich. Ihre Beimischung zum Wurstbrät führt zu einer Verdrängung der zufällig anwesenden Mikroflora auf das technologisch notwendige Mass. Die Starterkulturen stehen in Konkurrenz vor allem zu den Fäulnisbakterien. In Tabelle 1 ist der Einsatz von Starterkulturen und Glucono-delta-Lacton (GdL, zur schnellen pH-Absenkung) bei Rohwurst skizziert. Heute ist klar, dass die Laktobazillen vornehmlich für

Tabelle 1. Einsatz von Starterkulturen und GdL bei Rohwurst (nach Sielaff, 1996)

Zusatz	Rohwurst, streichfähig		schnittfeste Dauerware		
	frische Mettwurst	Teewurst	schnell gereift >25°C	langsam gereift ≤20°C	schimmelpilzgereift, <20°C
GdL	++	-	(+)	-/-	-/-
LAB	+	+	++	-	-
MIC	(+)	+	+	+	+
MOL	-	-	-	(+)	++

GdL: Glucono-delta-Lacton, LAB: Milchsäurebakterien, MIC: Micrococcaceae, MOL: Schimmelpilze (Oberflächenbeimpfung)
 ++: aus hygienischen Gründen erforderlich, +: vorteilhaft, (+): möglich, -: überflüssig, -/-: überflüssig/schädlich

die bakterielle Steuerung der Säuerung und die «Mikrokokken» (Kokurien und koagulase-negative Staphylokokken) für die Herstellung langsam zu reifender Dauerware prädestiniert sind. Die Tendenz geht zum Gebrauch von Mischkulturen, die nicht nur zur Starthilfe dienen, sondern neben der Beschleunigung der Umrötung auch die Aromatisierung beeinflussen (Sielaff, 1996). In Tabelle 2 sind Beispiele der wichtigsten Spezies der Starterkulturen für die Fleischfermentation aufgeführt. Abbildung 2 zeigt lichtmikroskopische Aufnahmen von *Lactobacillus curvatus* und *Staphylococcus xylosus*.

3.3. Die Funktion der Milchsäurebakterien

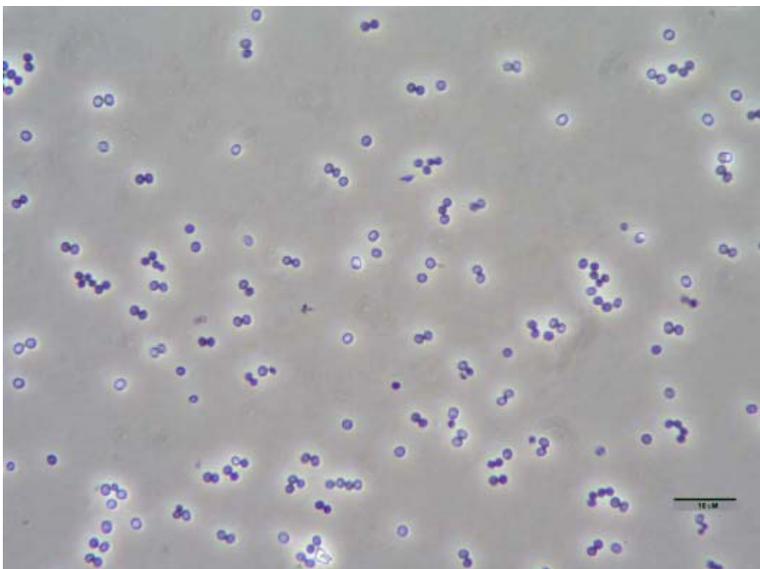
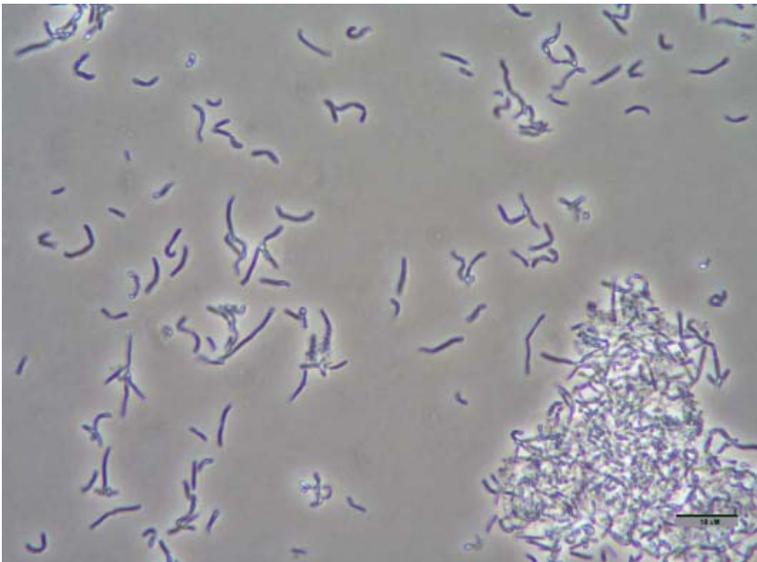


Abbildung 2: Lichtmikroskopische Aufnahmen von *Lactobacillus curvatus* (oben) und *Staphylococcus carnosus* (unten).
Fotos: Monica Gross, ALP

Tabelle 2: Die wichtigsten Spezies der Fleischstarterkulturen (nach Hui et al., 2001).

Mikroorganismus	Genus	Spezies
Bakterien	<i>Lactobacillus</i>	<i>L. sakei</i> , <i>L. curvatus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. pentosus</i>
	<i>Pediococcus</i>	<i>P. pentosaceus</i> , <i>P. acidilactici</i>
	<i>Kocuria</i>	<i>K. varians</i> (früher : <i>Micrococcus varians</i>)
	<i>Staphylococcus</i>	<i>S. xylosus</i> , <i>S. carnosus</i>
Hefen	<i>Debaryomyces</i>	<i>D. hansenii</i>
	<i>Candida</i>	<i>C. famata</i>
Schimmelpilze	<i>Penicillium</i>	<i>P. nalgiovense</i> , <i>P. chrysogenum</i>

Die beteiligten Genera der Milchsäurebakterien (LAB) sind *Lactobacillus* und *Pediococcus*. Die Pediokokken haben ihr Temperaturoptimum bei 35–42°C und werden v.a. in den USA eingesetzt, wo hohe Fermentationstemperaturen, Nitritpökung und kurze Reifungszeiten üblich sind (Weber, 2003). Die «summer sausage» erfährt dabei einen schnellen pH-Abfall auf 4.8–5.0 innerhalb von 12–24 h (Hammes et al., 1990). Für die verschiedenen europäischen Wursttypen (vgl. Tab.1) wurden alle in Tabelle 2 aufgelisteten Mikroorganismen in Starterkulturen nachgewiesen (Hammes et al., 1990). LAB sind salztolerant und vor allem *L. sakei* und *L. curvatus*, die auch häufig in spontan fermentierten Würsten nachgewiesen werden können, sind in ihrem Wachstumsverhalten sehr kompetitiv gegenüber der Konkurrenzflora (Hammes et al., 1990). LAB senken neben dem pH-Wert auch das Redoxpotential, was das Produkt hygienisch stabiler macht. Wird bei einem pH von 5.2–5.5 der isoelektrische Bereich der Fleischproteine erreicht, so sinkt erstens der a_w -Wert aufgrund Koagulation der Fleischproteine (Schnittfestigkeit!) und zweitens erfolgt die Umrötung (Hui et al., 2001; Weber, 2003). Dabei wird unter Säurekatalyse Nitrit zu Nitrat und NO disproportioniert, wobei letzteres sich mit Myoglobin zum roten Nitrosomyoglobin verbindet und das Fleisch «frisch» aussehen lässt. Eine analoge Reaktion findet mit der oxidierten Form des Myoglobins, dem Metmyoglobin statt (Hui et al., 2001; Weber, 2003). Die verwendeten LAB in Starterkulturen sind so selektiert worden, dass sie wenig Wasserstoffperoxid (führt zu Verfärbungen und zur Ranzigkeit des Fettes), keine biogenen Amine durch Decarboxylierungen und keine unerwünschte Aromen bilden (Weber, 2003). Für das erwünschte Aroma sind proteolytische und lipolytische Reaktionen von Bedeutung. Während der Reifung von Rohwürsten werden diese Aktivitäten vor allem durch fleischeigene Enzyme hervorgerufen. Starterkulturen liefern aber auch ihren Beitrag, wobei die Milchsäurebakterien eher die Proteolyse und die Kokurien bzw. Staphylokokken eher die Lipolyse und die Bildung flüchtiger Aromastoffe katalysieren (Hui et al., 2001).

3.4. Die Funktion der Kokurien und Staphylokokken

Kokurien und Staphylokokken (früher gemeinsam als «Micrococcaceae» bezeichnet) haben neben den Milchsäurebakterien eine zentrale Funktion bei der Fleischfermentation. Da *Kocuria varians* das aerobe Milieu bevorzugt und die Staphylokokken aber fakultativ anaerob wachsen können, besiedeln sie unterschiedliche Mikrokompimente der reifenden Rohwurst in Abhängigkeit vom O₂-Partialdruck (Hui et al., 2001). Die wichtigsten Stoffwechselleistungen beider Organismengruppen stellen die Nitrat-Reduktion und die Bildung von Katalase dar (Weber, 2003).

Während der dissimilatorischen Nitrat-Reduktion entsteht Nitrit, wodurch der durch die Disproportionierungsreaktion (s.o.) erlittene Verlust an Nitrit wieder ausgeglichen wird. Diese Reaktion ist also ein direkter Beitrag zur Umrötung. In detaillierten Studien an *S. carnosus* wurde gezeigt, dass die Synthese der Nitrat-Reduktase durch Anaerobiose, Nitrat und Nitrit induziert wird und die Synthese der Nitrit-Reduktase durch Anaerobiose und Nitrit (Pantel et al, 1998; Neubauer et al., 1999). Da die Nitrat-Reduktase unter pH 5.0 inaktiv ist, darf die Ansäuerung v.a. bei Nitrat- Pökung nicht zu schnell vor sich gehen, ansonsten ist keine ausreichende Umrötung gewährleistet (Weber, 2003). Ausserdem findet ein langsamer Abbau des toxischen Nitrits zu Ammonium durch eine NAD-regenerierende, dissimilatorische Nitrit-Reduktase statt. Ammonium inhibiert in *S. carnosus* weder die Nitrat- noch die Nitrit-Reduktaseaktivität (Neubauer & Götz, 1996).

Milchsäurebakterien besitzen z.T. auch Nitrat/Nitrit-Reduktase- und Katalase- Aktivitäten. Allerdings wurden Aroma- und Farbfehler bei schnittfesten Würsten beobachtet, die nicht mit Kokurien und Staphylokokken, sondern nur mit *L. pentosus*, *L. sakei* und *L. farciminis* als Starter hergestellt wurden. Auf den Einsatz von Kokurien und Staphylokokken kann daher in diesen Produkten nicht verzichtet werden (Hammes et al., 1990).

Die Katalase-Aktivität der Kokurien und Staphylokokken vernichtet Wasserstoffperoxid und schützt so vor Farbdefekten und Fett-Ranzigkeit (Weber, 2003).

Auf die Bedeutung der Kokurien und Staphylokokken bei der Aromabildung wurde bereits oben hingewiesen.

Die Verwendung von Staphylokokken erinnert an den in Spitälern und lebensmittelbetrieben gefürchteten Krankheitserreger *Staphylococcus aureus*. Bei der Fleischfermentation handelt es sich aber um die nicht-pathogenen, toxin-freien Arten *S. carnosus* und *S. xylosus*, die seit Jahrhunderten eingesetzt werden, den GRAS-Status («generally regarded as safe») besitzen und somit als unbedenklich gelten. Das weist aber auf die Bedeutung einer korrekten, präzisen, Identifikationsmethodik auf Spezies-Ebene bei der Entwicklung und Produktion von Starterkulturen hin (Weber, 2003).

3.5 Die Funktion der Hefen und Schimmelpilze

Die Hefe *D. hansenii* und ihre imperfekte Form *C. famata* zeigen einen positiven Effekt auf die Stabilisierung der roten Pökelfarbe und die Entwicklung eines typischen Hefearomas. Beide Formen haben eine hohe Salztoleranz und wachsen aufgrund ihres aeroben bzw. schwach fermentativen Stoffwechsels hauptsächlich an der Oberfläche und in den äusseren Zonen der Wurst (Weber, 2003).

In Südost- und Südeuropa werden schimmelgereifte Rohwürste bevorzugt und machen einen Anteil von 70–90% der Rohwürste aus. Die Schimmelpilze bewirken nicht nur ein charakteristisches Aussehen (vgl. Titelfoto), sondern beeinflussen durch proteolytische und lipolytische Aktivität (stärker als die der anderen Starterkulturen!), sowie durch die Bildung flüchtiger Verbindungen, das Aroma der Produkte. Zudem erfolgt der Trocknungsprozess gleichmässiger und der schädliche Effekt von Sauerstoff auf die Wurst wird auch an dieser Stelle nochmals reduziert (Weber, 2003).

Beim Einsatz von Schimmelpilzkulturen ist es wichtig, dass der verwendete Stamm keine Mykotoxine produziert. Ausserdem ist zu beachten, dass bei der Reifung der Wurst durch die Schimmelpilze organische Säuren verbraucht werden und Ammoniak gebildet wird. Der resultierende Anstieg des pH-Wertes kann das unerwünschte Wachstum von *Staphylococcus aureus* ermöglichen, falls die vorhergehende Säuerung und die Trocknung der Ware nicht ausreichend waren (Weber, 2003).

3.6. Schutzkulturen und Probiotika

Das Schutzkulturenkonzept sieht vor, pathogene Bakterien während der Rohwurstreifung zu unterdrücken. Schutzkulturen können engverwandte Mikroorganismen, z.B. aufgrund von Bakteriozinbildung, hemmen. Diese Leistungen sind zwar auch für Kokurien und Staphylokokken beschrieben worden, bleiben aber in erster Linie eine Domäne der Milchsäurebakterien. So werden Curvazin A und Sakazin A, P und K von aus Fleisch isolierten Stämmen von *L. curvatus* resp. *L. sakei* produziert und sind hauptsächlich gegen andere Milchsäurebakterien und *Listeria monocytogenes* aktiv. Dagegen hemmt Pediozin PA-1/AcH, produziert von *P. acidilactici*, *P. parvulus* und *L. plantarum* das Wachstum von *S. aureus*, *C. perfringens* und *L. monocytogenes* (Työppönen et al., 2003). Es bleibt anzumerken, dass Gram-negative pathogene Bakterien wie enterohämorrhagische *E. coli* und *Salmonella* spp. durch die Bakteriozine nicht tangiert werden und die traditionellen Hürden gegen das Wachstum dieser Keime weiterhin aufrecht erhalten werden müssen (Weber, 2003). Dies gilt auch für kommerziell erhältliche Schutzkulturen, z.B. *Leuconostoc carnosum* 4010, die gegen *L. monocytogenes* in fermentierten und nicht-fermentierten Fleischprodukten zum Einsatz kommt (Erkes, 2004). Bei der Selektion von Schutzkulturen ist weiterhin wichtig, dass der Bakteriozin-produzierende Stamm nicht gegen die gleichzeitig verwendeten Starterkulturen aktiv ist und das Aroma des Produktes nicht negativ beeinflusst (Weber, 2003).

In der Milchindustrie hat sich die Verwendung probiotischer Milchsäurebakterien seit über einem Jahrzehnt etabliert. In den letzten Jahren wurden probiotische Kulturen, wie z.B. *Lactobacillus rhamnosus* GG oder *Bifidobacterium lactis* Bb-12, auch in fermentierten Fleischprodukten eingeführt (Työppönen et al., 2003).

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Eigenschaften der Starterkulturen ist in Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt.

Aus dem vorliegenden Übersichtsartikel kann man entnehmen, dass es neben einigen Gemeinsamkeiten mit Starterkulturen für Milchprodukte (Säuerung durch Laktatbildung, kontrollierter Fermentationsprozess, Aromabildung, Vorkommen von Oberflächenkulturen, Bedeutung von Stammsammlungen mit genau charakterisierten Mikroorganismen, wachsende Bedeutung von probiotischen und Bakteriozinproduzierenden Kulturen) auch wichtige Unterschiede gibt: Die Leistung spezieller Milchsäurebakterien als Starter für fermentierte Fleischprodukte gelingt nur in Zusammenarbeit

mit Nicht-Milchsäurebakterien wie *Kocuria varians* und Staphylokokken und wird vor allem durch zugegebene Stoffe wie Kohlenhydratmischungen, Kochsalz, Gewürze und Nitrat bzw. Nitrit gesteuert. Ausserdem wird die Ausbildung des Wurstgeschmackes primär von den fleischeigenen Parametern (v.a. Proteasen, Lipasen) bestimmt und erst sekundär durch die Mikroorganismen. Die Gewichtung der einzelnen biotischen und abiotischen Parameter (inkl. Aussehen!), die zu einer «guten Wurst» führen, ist schwierig zu erfassen.

Die kontrollierte Fleischfermentation ist ein interessantes Gebiet, dessen Zusammenhänge längst noch nicht völlig geklärt sind. ALP möchte durch anwendungsorientierte Forschung einen Beitrag zum besseren Verstehen der beteiligten Prozesse liefern.

Tabelle 3: Selektionskriterien für Starterkulturen für die Fleischwirtschaft (nach Weber, 2003).

Merkmal	Milchsäurebakt.	<i>Kocuria</i> /Staph.	Hefen	Schimmelpilze
Konkurrenzfähigkeit	+++	++	++	+++
Säuretoleranz	++	++	-	-
Salztoleranz	++	+++	++	++
Nitratreduktion	-	+++	-	-
Katalaseaktivität	++	+++	+	+
Protease- u. Lipase-Aktivität	+	+	+	++
H ₂ O ₂ -Bildung	bedingt tolerierbar		-	-
Aromabildung	++	++	++	++
Säuerungsgeschwindigkeit	+++	-	-	-
Bildung antagonist. Substanzen	++	-	-	++
Kompatibilität mit anderen Starterorganismen	++	++	+	+
Präparierbarkeit	++	++	++	++
Lagerfähigkeit im Endprodukt	++	++	++	++
Bildung von Exopolysacchariden	neg.	-	-	-
Bildung biogener Amine	neg.	-	-	-
Mykotoxinbildung	-	-	-	neg.
Probiotische Eigenschaften	+++ ^a	-	-	-

+++ : sehr wichtig, ++ : wichtig, + : von geringer Bedeutung, - : bei diesen Organismen nicht beschrieben bzw. ohne Bedeutung, neg : nicht tolerierbar

^a Der Nachweis spezifischer probiotischer Eigenschaften ist für diejenigen Stämme notwendig, die als Probiotika deklariert werden.

5. Literatur

Erkes M.:

Weitere Hürde für mehr Sicherheit. *Leuconostoc carnosum* 4010 - Eine neue Schutzkultur mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten. *Fleischwirtsch.* 84, 33–36 (2004).

Hammes W., Bantleon A. & Min S.:

Lactic acid bacteria in meat fermentation. *FEMS Microbiol. Rev* 87, 165–174 (1990)

Hui Y.H., Nipo W.-K., Rogers R.W., & Young O.A. (Hrsg.):
Meat science and applications. Marcel Oekker Verlag, New York, 2001.

Leistner L.:

Allgemeines über Rohwurst. *Fleischwirtsch.* 66, 290–300 (1986).

Lücke F. K. & Hechelmann H.:

Starter cultures for dry sausages and raw harn - Composition and effect. *Fleischwirtsch.* 67, 307–314 (1987).

Pantel I., Lindgren P. E., Neubauer H. & Götz F.:

Identification and characterization of the *Staphylococcus carnosus* nitrate reductase operon. *Mol. Gen. Genet.* 259, 105–114 (1998).

Neubauer H. & Götz F.:

Physiology and interaction of nitrate and nitrite reduction in *Staphylococcus carnosus*. *J. Bacteriol.* 178, 2005–2009 (1996).

Neubauer H., Pantel I. & Götz F.:

Molecular characterization of the nitrite-reducing system of *Staphylococcus carnosus*. *J. Bacteriol.* 181, 1481–1488 (1999).

Sielaff H. (Hrsg.):

Fleischtechnologie. Behr's Verlag, Hamburg, 1996.

Työppönen S., Petäjä E. & Mattila-Sandholm T.:

Bioprotectives and probiotics for dry sausages. *Int. J. Food Microbiol.* 83, 233–244 (2003).

Weber H. (Hrsg.):

Mikrobiologie der Lebensmittel – Fleisch – Fisch – Feinkost. Behr's Verlag, Hamburg, 2003.

