

D(-)Lactat als Parameter für die mikrobielle Belastung von Brühwurstherzeugnissen (Zusammenfassung)

SINELL, H.-J. und K. LUKE

Institut für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene und -technologie der Freien Universität Berlin  
 Fachrichtung Lebensmittelhygiene  
 Koserstr. 20, D 1000 Berlin 33 - Bundesrepublik Deutschland

464 vacuumverpackte Brühwurstpackungen (Mortadella, Bierschinken, Würstchen; Aufschnitt- und Stückware) wurden bei +22° C (a) und +7° C (b) gelagert. Gesamtkeimzahl, Lactobazillen, Enterokokken, Mikrokokken, Enterobacteriaceae und Hefen wurden in unterschiedlichen Intervallen fortlaufend bestimmt. Analog wurden L(+) und D(-)Lactat, Pyruvat und pH-Wert gemessen sowie die sensorischen Eigenschaften geprüft.

Qualitätsverluste traten erst 3 (a) bzw. 8 bis 10 Tage (b) auf, nachdem die Gesamtkeimzahl (im wesentlichen Lactobazillen) einen Wert von  $10^8/n$  überschritten hatte. Produkte mit Enterobacteriaceae von mehr als  $10^5/g$  waren stets weitgehend verdorben. Doch war die Anwesenheit dieser Keime keine notwendige Voraussetzung für die Verderbnis. Die D(-)Lactatwerte stiegen von anfänglich weniger als 0,1 mg/g im Lauf der Lagerung auf bis zu 8 mg/g (a) bzw. 5 mg/g (b) an. Die L(+)Lactatwerte lagen schon zu Beginn der Lagerung zwischen 2 und 4 mg/g und nahmen danach nur unbedeutend zu.

Erzeugnisse mit D(-)Lactatwerten von weniger als 0,5 mg/g waren stets einwandfrei. Werte über 1,0 mg/g deuteten auf beginnende Verderbnis hin, und wenn die D(-)Werte die L(+)Lactatkonzentration erreicht hatten, waren die Produkte stets völlig verdorben. Es wird vorgeschlagen, die D(-)Lactatkonzentration zusätzlich zur kulturellen Untersuchung zur Beurteilung der mikrobiellen Situation in Brühwurstherzeugnissen heranzuziehen.

D(-) lactate as parameter for the microbial spoilage in frankfurter type sausages (Abstract)

SINELL, H.-J. and K. LUKE

Institut für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene und -technologie der Freien Universität Berlin  
 Fachrichtung Lebensmittelhygiene  
 Koserstr. 20, D 1000 Berlin 33 - Bundesrepublik Deutschland

Four hundred sixty four vacuum packages of heat treated sausages (mortadella, ham sausage, frankfurters; sliced and unsliced) were stored for twenty days at +22° C (a) and for eight weeks at +7° C (b). SPC and the number of lactic acid bacteria, enterococci, micrococci, Enterobacteriaceae, and yeasts was determined at varying intervals during the storage period. At the same time L(+) and D(-) lactate, pyruvate and pH were measured, and the sensory characteristics were evaluated.

Loss of organoleptic quality became clearly evident when total counts (predominantly lactobacilli) had exceeded a level of  $10^8/g$  after 3 days (a) and 8 days (b) respectively. Sausages containing more than  $10^5/g$  Enterobacteriaceae were organoleptically no longer acceptable. Spoilage also occurred when no Enterobacteriaceae were found. D(-) lactate rose from an initial level of less than 0.1 mg/g to levels of 8 mg/g (a) and 5 mg/g (b) respectively, at the end of the experiment. Initial values of L(+) lactate were between 2 and 4 mg/g and only showed slight increase thereafter.

Products containing less than 0.5 mg/g D(-) lactate had the best quality scores. D(-) lactate concentrations of more than 1.0 mg/g were invariably linked with perceptible organoleptic changes, and the products were completely spoiled when the D(-) lactate levels rose to the level of L(+) lactate. Pyruvate was not suitable as an indicator for the metabolic activity of microorganisms in heat treated sausages. It is suggested, in addition to the microbiological findings, that the level of D(-) lactate should also be taken into account when assessing the acceptability of the products mentioned.

## C 11:2

### D(-) lactate comme paramètre pour la charge microbienne des produits des saucisses (Résumé)

SINELL, H.-J. et K. LUKE

Institut für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene und -technologie der Freien Universität Berlin  
Fachrichtung Lebensmittelhygiene  
Koserstr. 20, D 1000 Berlin 33 - Bundesrepublik Deutschland

464 emballages de saucisses (du genre de mortadella, saucisse de jambon, saucisse de Francfort; découpées et en pièces) étaient mis en dépôt d'une température de +22° C (a, 20 jours) et +7° C (b, 8 semaines). Dans des contrôles continus on analysait le nombre microbienne totale, les bactéries lactiques, les entérocoques, les microcoques, les entérobactériacées, et les levures. En même temps le L(+) et le D(-) lactate, le pyruvate et le pH étaient mesurés, ainsi qu'on observait les qualités sensorielles.

Des pertes distinctes de la qualité sensorielle ne commençaient 3 jours (a) ou respectivement 8 à 10 jours (b) après que le nombre microbien totale eût dépassé le nombre de  $10^8/g$  (essentiellement les bactéries lactiques). Les entérobactéries qui surmontaient le nombre de  $10^5/g$  étaient toujours jointes d'écarts sensoriels. La présence de ces organismes n'était pas une condition indispensable pour le pourri. D(-) lactate montait continuellement de 0,1 mg/g à 8 mg/g (a) respectivement à 5 mg/g (b). L(+) lactate se trouvait déjà entre 2 et 4 mg/g au commencement d'être en dépôt et augmentait seulement sans importance.

Les produits étaient toujours sans objection au-dessous de 0,5 mg/g de D(-) lactate. Les concentrations de D(-) lactate plus de 1,0 mg/g indiquaient une altération commencent. Les produits contenant de pareilles concentrations de L(+) lactate et de D(-) lactate étaient régulièrement pourris. Le pyruvate ne convenait pas par paramètre au chargement microbien. On propose de consulter la concentration de D(-) lactate en plus à la constatation microbienne quand on porte au jugement sur l'état de la fraîcheur.

D(-)-Lactat als Parameter für die mikrobielle Belastung von vacuumverpackten Brühwurstzeugnissen

HANS-JÜRGEN SINELL und KARIN LUKE

Institut für Lebensmittelhygiene, Fleischhygiene und -technologie, Fachrichtung Lebensmittelhygiene der Freien Universität Berlin

I. Einleitung

Über vacuumverpackte Fleischerzeugnisse existiert eine umfangreiche Literatur. Auch über Aufschnittzeugnisse mit der durch sekundäre Kontamination erhöhten Flora und verminderten Haltbarkeit sind viele Einzelheiten bekannt. Insbesondere ist die Temperaturabhängigkeit der Verderbsflora untersucht worden (Reuter 1970 b, Hechelmann u. Bem 1973). Trotz eingehender mikrobiologisch-kultureller Untersuchungen sind indessen keine eindeutigen Kriterien für den Verderb dieser Produkte gefunden worden. Wegen der Unergiebigkeit mikrobiologisch-kultureller Befunde ist deshalb bei anderen Produkten verschiedentlich versucht worden, physikalisch-chemische Kriterien zur Charakterisierung des Verderbs zu nutzen. So ist die Pyruvatbestimmung zur Beurteilung der Milchqualität allgemein bekannt geworden (Tolle et al. 1972, Tolle 1973, Suhren et al. 1975, Heeschen et al. 1975, Suhren et al. 1976). D(-)-Lactat-Konzentrationen wurden in verschiedenen Milcherzeugnissen bestimmt (Zaadhof 1974, Wiesner u. Stahlhut-Klipp 1974). In Fleischerzeugnissen liegen nur Angaben über den Gesamtlactatgehalt von verdorbenen Bologna-Würsten vor. Bei pH < 5,0 wurden Werte zwischen 0,6 und 0,8% gemessen (Kempton u. Bobier 1970). Obgleich gelegentlich zwischen Abfall des pH-Wertes und Ansteigen der für die Säuerung verantwortlichen Lactobazillenflora ein Zusammenhang beobachtet worden ist (Tändler 1973), ist doch aus den bisherigen Untersuchungen nicht zu erkennen, daß beide Größen, auch in Kombination, eine sichere Beurteilung des Frischezustandes gewährleisten (Reuter 1970 b, Mantel 1975).

Mit den vorliegenden Experimenten sollte versucht werden, den Verderbsverlauf in vacuumverpackten Brühwurstzeugnissen anhand einiger chemisch-physikalischer Parameter zu charakterisieren und mit den mikrobiologisch-kulturellen und sensorischen Befunden in Beziehung zu setzen.

II. Material und Methodik

Brühwurst: Die Erzeugnisse stammten aus zwei Fleischwarenfabriken und waren mit Nitritpökelsalz und Eis unter Anwendung von Feinstzerkleinerungsmaschinen in der gewerüblichen Weise hergestellt worden. Die eine Firma verwendete handelsübliches Mischgewürz mit Glucose als Träger. Der andere Betrieb verwendete selbsthergestellte Gewürzmischungen und ein Trockenstärkesirup-Präparat. Es handelte sich in jedem Fall um großkalibrige Erzeugnisse (Mortadella und Bierschinken), die als Aufschnittware in Einzelpackungen mit Gewichten zwischen 100 und 150g in Siegelrandbeutel abgepackt und unter Vacuum verschlossen wurden.

Die Proben wurden bei +22 und +7°C gelagert. Die Entnahme zur Untersuchung erfolgte in unterschiedlichen Zeitintervallen. Die Lagerdauer betrug bei der +22°C-Charge 20 Tage, bei der +7°C-Charge zwischen 40 und 76 Tagen.

Kulturelle Untersuchung: Jeweils 30 g Probenmaterial wurden mit 120 ml 0,1%igem Peptonwasser mit 0,075% Agarzusatz im Stomacher 400 (A.J. Seward, London) homogenisiert. Dekadische Verdünnungen des Homogenisates wurden mittels drop plate-Verfahren (Reuter 1970 b) auf einem Plattensatz selektiv kultiviert, der von Reuter (1968, 1970a) vorgeschlagen worden ist. Als weitere Medien wurden einbezogen: Plate count-Agar (Merck) = Pc; Lacto-Agar (Deak 1973). Bebrütet wurde 48 Std. bei +30°C, Enterokokken und Micrococccaceae bei +37°C, Enterobacteriaceae 18 - 24 Std. bei +37°C. Lactobazillen wurden weitere 24 Std. bei Zimmertemperatur bis zur Ablesung gehalten.

Die Kultivierung erfolgte bei allen Platten aerob und zusätzlich mikro-aerophil: bei Lactobazillen durch Agar-Overlay; bei der Gesamtkeimzahl durch Einstellen in eine Leuchtgasatmosphäre.

Pyruvatbestimmung:<sup>+) Die Proben wurden unmittelbar nach der Materialentnahme für die bakteriologische Untersuchung eingefroren. Vor dem Versand wurden sie mit der zehnfachen Menge Trichloressigsäure homogenisiert und filtriert (Selecta 2329 1/2). Der Versand erfolgte zu 10 ml-Portionen in Polypropylenröhrchen. Die Pyruvatbestimmung selbst wurde in der kontinuierlichen Durchflußanalyse im Autoanalyzer vorgenommen (Suhren et al. 1976).</sup>

Lactat: Die Materialentnahme erfolgte auch hier unmittelbar nach der Probenentnahme für die bakteriologische Untersuchung. Bis zur weiteren Untersuchung wurde das Material eingefroren und bei -18 bis -24°C gelagert. Zur Untersuchung wurde bei +50°C aufgetaut und in einer Moulinette bis zu homogener Konsistenz zerkleinert. Je nach erwarteter Lactatkonzentration wurden zwischen 2 und 8 g Homogenat mit 10 bis 50 ml Aqua dest. für 20 Minuten bei +60 + 5°C extrahiert. Sonarf zentrifugieren, Überstand quantitativ durch Filter in Meßkolben überführen und auffüllen bis zur Marke, gegebenenfalls erneut filtrieren.

Mit der klaren Lösung wurde die Reaktion nach den Vorschriften und mit den Reagenzien der Firma Boehringer, Mannheim (1975/76) durchgeführt. Die Messungen erfolgten im Spektralphotometer PMQ II (Zeiss) bei 340 nm in 1 cm Schichtdicke bei + 20 - 22°C. Für die L(+)-Lactatbestimmung wurde 0,02 ml L(+)-LDH, für die D(-)-Lactatbestimmung 0,05 ml D(-)-LDH verwendet. Die Zeiten bis zum Ablesen des E<sub>2</sub>-Wertes betragen 10 Minuten für L(+)- und 20 Minuten für D(-)-Lactat.

Zur Aufstellung von Eichkurven wurden Standards mit Konzentrationen zwischen 0 und 27 mg/100 ml Lactat in Fünffach-Ansätzen gemessen. Bis 22,5 mg/100 ml verliefen die Kurven linear. Die nach dem Lambert-Beer'schen-Gesetz errechneten Konzentrationen lagen immer um 2 - 13 (L (+)-) bzw. 10 - 17 (D (-)-Lactat) % unter den tatsächlich eingesetzten. Den folgenden Ergebnissen sind die anhand der Eichkurven und nicht die rechnerisch ermittelten Werte zugrunde gelegt.

pH-Messung: Die Messung erfolgte mit einem Digital pH-Meter (Knick, Berlin) mit Glaselektroden (Ingold).

<sup>+) Für die Durchführung der Pyruvatbestimmung danken wir den Mitarbeitern des Institutes für Hygiene der Bundesanstalt für Milchforschung</sup>

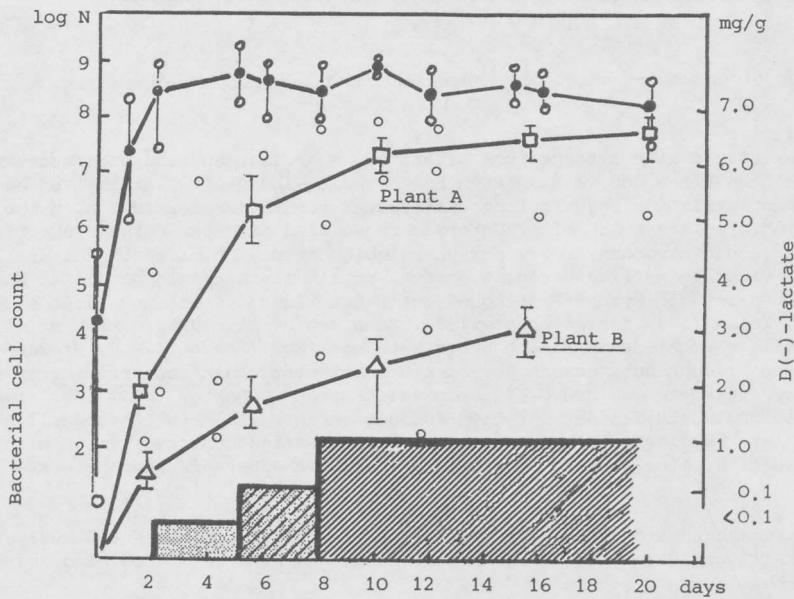


Fig. 1. Cell counts (●) and D(-) lactate of sliced mortadella and ham sausage stored at +22°C. Median (□, △), minimum and maximum (○) values

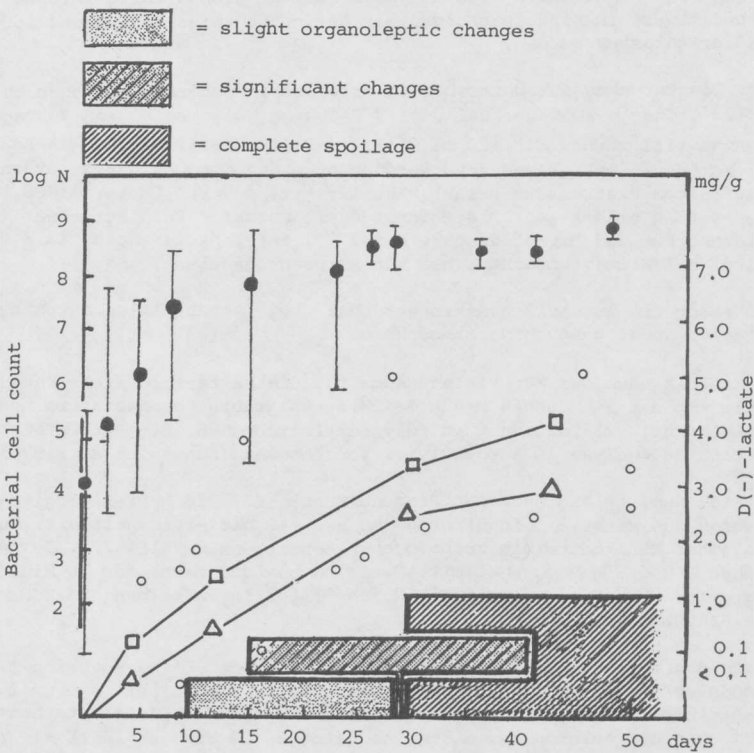


Fig. 2. See Fig. 1. Storage temperature +7°C

- = slight organoleptic changes
- = significant changes
- = complete spoilage

**Sensorische Untersuchung:** Die Prüfung der organoleptischen Beschaffenheit erfolgte durch 3 bis 4 Personen im Zusammenhang mit der Entnahme des Materials für die mikrobiologische Untersuchung.

Bezüglich weiterer methodischer Einzelheiten wird auf Luke (1978) verwiesen.

**III. Ergebnisse und Diskussion**

**Keimzahlen und Verlauf:** In Figur 1 und 2 sind die Verlaufskurven der Lactobazillenflora bei den Aufschnittzeugnissen zusammengefaßt. Angegeben sind für den jeweiligen Untersuchungstag Median-, Minimal- und Maximalwerte aus 11 Durchgängen. Bei der höheren Lagertemperatur lagen die Werte verschiedener Erzeugnisse eines Betriebes und auch zwischen den Betrieben eng beieinander. Rezepturbedingte Unterschiede spielen also bei so günstigen Bedingungen für die Vermehrung der Verderbsflora keine Rolle. Im wesentlichen entsprechen die gefundenen Werte den Zahlen, die aus früheren Untersuchungen bekannt sind (Reuter 1970b, Kempton und Bobier 1970).

Die Gesamtkeimzahl war fast identisch mit der Lactobazillenflora. Andere Mikroorganismen lagen - wenn überhaupt vorhanden - in der Regel um mindestens 2 Größenordnungen niedriger. Enterobacteriaceen erreichten lediglich bei Firma B (kein Glucosezusatz!) teilweise Werte über  $10^7$ , was aber auch nicht mehr als 10% der Gesamtflora in der betreffenden Packung ausmachte. Bei diesen Produkten war die Verderbnis besonders sinngemäß. Enterokokken kamen in allen Fabrikaten vor und erreichten Maximalwerte zwischen  $10^5$  und  $10^7$  zwischen dem 4. und 6. Tag.

Bei +7°C wurden Maximalwerte nach Ablauf der 2. Lagerwoche erreicht, manchmal erst nach 4 Wochen. Sie lagen dann genauso hoch wie bei der +22°C-Lagerung. Die Streuungen waren größer, es schien eine deutliche Produkt- und Rezepturabhängigkeit zu bestehen. Die Begleitflora trat viel weniger in Erscheinung. Enterobacteriaceen fanden sich nur vereinzelt in den Produkten der Firma B und erreichten nur in einem Fall  $10^5$ /g. Enterokokken kamen etwas häufiger vor, jedoch nur ausnahmsweise in Mengen von mehr als  $10^3$ /g.

**Sensorische Befunde, pH-Werte und biochemische Parameter:** Zunehmende Säurebildung im Verlauf der Lagerung führte zu Geschmacksabweichungen und schließlich zum völligen Verderb der Ware. Bei +22°C traten geringe Veränderungen nach 2, stärkere nach 5 bis 6 Tagen auf (vgl. Blöcke in Fig. 1 u. 2), meist 2 bis 3 Tage nach Erreichen einer Keimzahl von  $10^8$ /g. Bei +7°C Lagerung waren erste organoleptische Veränderungen zwischen dem 8. und 28. Lagertag nachweisbar. Deutliche Verderberscheinungen

Tab. 1a. Connections between total lactate and pH-values in vacuum packaged sliced sausages at +22°C

Total lactate mg/g	pH	
	< 5,3	> 5,3
> 7,8	46	2
< 7,8	2	46

Tab. 1b. See Tab. 1a, at +7°C

Total lactate mg/g	pH	
	< 5,7	> 5,7
> 5,9	41	7
< 5,9	7	41

traten zwischen dem 15. und 41. Tag auf. Nach dem 41. Tag waren sämtliche Proben völlig genußuntauglich (Fig. 2).

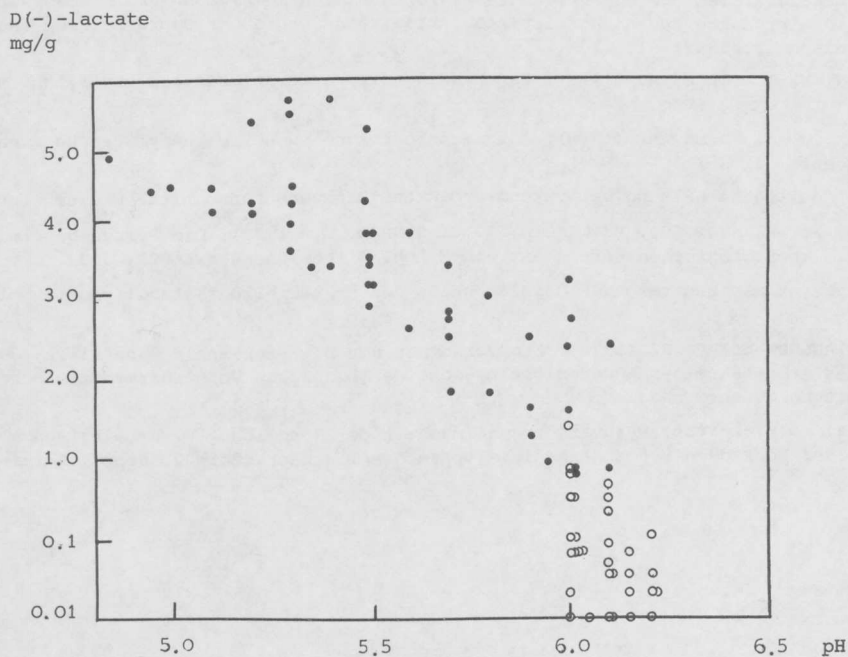
Deutliche Beziehungen bestanden zum pH und zur Lactatkonzentration. Die frisch hergestellte Ware hatte pH-Werte über 5,8. Mit zunehmender Lagerung fielen die pH-Werte, und die Gesamtlactatkonzentration stieg an. Die Beziehung geht aus der Vierfeldertafel (Tab. 1a) hervor. Bei Kühlung war das Bild weniger deutlich (Tab. 1b).

Die Veränderung der Lactatkonzentration wird in Erzeugnissen dieser Art regelmäßig durch mikrobielle Prozesse verursacht. L(+)-Lactat rührt fast ausschließlich aus der Reserve des Muskelfleisches her. Seine Anfangskonzentration lag bei diesen Versuchen zwischen 1,6 und 3,8 mg/g. Sie veränderte sich bei Kühlung praktisch überhaupt nicht, sondern stieg nur bei +22°C etwas an, aber selbst im Extremfall um nicht mehr als 2 - 3 mg/g und zu einem Zeitpunkt, zu dem die Ware bereits völlig verdorben war.

Im Gegensatz dazu ist das D(-)-Lactat ausschließlich mikrobieller Herkunft. Seine Endkonzentration hängt von der zur Verfügung stehenden Kohlenhydratreserve ab. Der Anstieg wird deshalb in Produkten unterschiedlicher Rezeptur variieren. Da jedoch der Ausgangswert bei den hier untersuchten Erzeugnissen regelmäßig unter 0,01 mg/g lag, ergaben sich auch bei niedrigeren Zusätzen an fermentierbaren Kohlenhydraten ganz auffällige D(-)-Lactatzunahmen.

In den hier untersuchten Produkten dominieren als Verderbskeime die sogenannten "atypischen Streptobakterien". Charakteristisch für sie ist die Psychrotoleranz, bereits bei +2 bis +4°C wird DL- oder reine D-Milchsäure gebildet (Reuter 1970c, 1971). Nach den vorliegenden Ergebnissen war die D(-)-Lactatbildung wesentlich intensiver als die von L(+)-Lactat. Ihr Anstieg war gegenüber der Vermehrung der Lactobazillenflora in der logarithmischen Wachstumsphase geringfügig verzögert, verlief aber analog zu den Veränderungen der sensorischen Beschaffenheit.

Fig. 3. D(-)-lactate and pH values of acceptable (o) and spoiled (●) sliced mortadella and ham sausage stored at +7°C



Wir haben deshalb pH-Werte und D(-)-Lactat gegeneinander aufgetragen. Dabei ergab sich eine auffällige Ordnung nach der sensorischen Beschaffenheit der Produkte (Fig. 3). In der Darstellung sind wegen der besseren Übersichtlichkeit nur die Befunde, die bei kühl gelagerter Ware erhoben worden sind, aufgeführt. Sämtliche Proben, bei denen der Frischezustand vollständig erhalten und keinerlei organoleptische Veränderung nachweisbar war, zeigten D(-)-Lactatwerte bis maximal 0,5 mg/g. Bis 1,0 oder maximal 1,5 mg/g erstreckte sich ein Zwischenbereich mit Proben, bei denen eine geringfügige Beeinträchtigung festzustellen war, die aber immer noch als akzeptabel gelten konnten. Produkte mit höheren Werten waren in allen Fällen eindeutig verdorben.

Die Messung des pH-Wertes bot eine weniger wertvolle Hilfe zur Klassifizierung. In dem vorliegenden Material gab es eine Reihe von Produkten, die auch bei pH-Werten bei oder über 6,0 verdorben waren. Andererseits zeigten die bei höherer Temperatur aufbewahrten Produkte mitunter Werte unter 6,0, ohne daß sie verdorben gewesen wären. Auch die Pyruvatkonzentration scheint im Gegensatz zu den Erfahrungen bei Milch als Parameter zur Charakterisierung des mikrobiellen Verderbs bei Brühwurstzeugnissen wenig geeignet. Nach einem kurzfristigen Anstieg, der mit dem der Milchsäurewerte etwa parallel verlief, begannen die Werte stetig abzufallen, nachdem das mikrobielle Wachstum in die stationäre Phase übergegangen war.

Aufgrund der vorliegenden ersten Ergebnisse scheint es, als ob die D(-)-Lactatwerte als ein besonders geeignetes Maß zur Charakterisierung der mikrobiellen Belastung zumindest bei Brühwurstzeugnissen gelten können. Es wird deshalb vorgeschlagen, diesen Wert als weiteres Kriterium zur Bestimmung des Frischezustandes ergänzend zur kulturellen Untersuchung einzubeziehen.

#### Literaturverzeichnis

- BOEHRINGER MANNHEIM (1975/76): Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik.
- DEAK, T. (1977): Nutrient medium suitable for counting and isolation of lactic acid bacteria. Konserv- es Paprikaipar 5, 167.
- HECHLMANN, H. und BEM, Z. (1973): Haltbarkeit von vorverpackter Brühwurst. Referat anlässlich der Kulmbacher Woche, ref. Fleischwirtschaft 54, 29, 1974.
- HEESCHEN, W., TOLLE, A., SUHREN, G., REICHMUTH, J. (1975): Entwicklung einer automatisierten Analytik zur Messung der bakteriologischen Wertigkeit der Milch. Sonderh. Ber. Landw. 190, 179.
- KEMPTON, A.C. and BOBIER, S.R. (1970): Bacterial growth in refrigerated, vacuum packed luncheon meats. Can. J. Microbiol. 16, 287.
- LUKE, K. (1978): Zur Charakterisierung des mikrobiellen Verderbs bei vakuumverpackten Brühwurstwaren. Vet. med. Diss., Berlin (West).
- MANTEL, Th. (1975): Zur mikrobiologischen Situation vorverpackter Brühwurst. 17. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, 16.-19. Sept., Garmisch-Partenkirchen.
- REUTER, G. (1968): Erfahrungen mit Nährböden für die selektive mikrobiologische Analyse von Fleischerzeugnissen (Fortsetzung). Arch. Lebensmittelhyg. 19, 84.
- REUTER, G. (1970a): Mikrobiologische Analyse von Lebensmitteln mit selektiven Medien. Arch. Lebensmittelhyg. 21, 30.
- REUTER, G. (1970b): Untersuchungen zur Mikroflora von vorverpackten, aufgeschnittenen Brüh- und Kochwürsten. Arch. Lebensmittelhyg. 21, 257.
- REUTER, G. (1970c): Laktobazillen und eng verwandte Mikroorganismen in Fleisch und Fleischwaren. 2. Mitteilung: Die Charakterisierung der isolierten Laktobazillenstämmen. Fleischwirtschaft 50, 954.
- REUTER, G. (1971): Laktobazillen und eng verwandte Mikroorganismen in Fleisch und Fleischwaren. 7. Mitteilung: Kohlenhydratstoffwechselprodukte und antagonistische Aktivitäten gegenüber saprophytären und enterotoxischen Mikroorganismen. Fleischwirtschaft 51, 1237.
- SUHREN, G., HEESCHEN, W. u. TOLLE, A. (1975): Zur Messung des Verderbnisrisikos von Milch. Milchwissenschaft 30, 473.
- SUHREN, G., HEESCHEN, W. u. TOLLE, A. (1976): Automatisierte und manuelle enzymatische Pyruvatbestimmung in der Milch. Milchwissenschaft 31, 257.
- TÄNDLER, K. (1973): Qualitätserhaltung bei vakuumverpacktem Brühwurstaufschnitt. Fleischwirtschaft 53, 1417.
- TOLLE, A., HEESCHEN, W., WERNERY, H., REICHMUTH, J. u. SUHREN, G. (1972): Die Pyruvatbestimmung - ein neuer Weg zur Messung der bakteriologischen Wertigkeit von Milch. Milchwissenschaft 27, 343.
- TOLLE, A. (1973): Pyruvat als zentrale Schlüsselsubstanz des bakteriellen Katabolismus in Milch. Arch. Lebensmittelhyg. 24, 149.
- WIESNER, H.-U. u. STAHLHUT-KLIPP, H. (1974): Zum Vorkommen von D(-)-Laktat in Sauermilch, Joghurt und Kefir. 16. Arbeitstagung des Arbeitskreises Lebensmittelhygiene der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, 24.-27. Sept., Garmisch-Partenkirchen.
- ZAADHOF, K.-J. (1974): D(-)-Laktat, Pyruvat- und Keimgehalt der Rohmilch. 16. Arbeitstagung des Arbeitskreises Lebensmittelhygiene der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, 24.-27. Sept., Garmisch-Partenkirchen.