

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 82 (1991)

Heft: 6

Artikel: Lebensmittelmikrobiologische Diagnostik gestern, heute und in Zukunft = Analytic food microbiology in the past, today and in future

Autor: Baumgartner, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-982427>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

A. Baumgartner, Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern

Lebensmittelmikrobiologische Diagnostik gestern, heute und in Zukunft

Analytic Food Microbiology in the Past, Today and in Future

Die Entstehung und Entwicklung der diagnostischen Mikrobiologie

Die Übertragbarkeit von gewissen Krankheiten war schon im Altertum bekannt. Dementsprechend finden sich in ältesten schriftlichen Zeugnissen Massnahmen zur Verhütung von Infektionen aufgeführt. So verbieten die mosaischen Gesetze beispielsweise den Genuss von Schweinefleisch, höchstwahrscheinlich um Erkrankungen mit Trichinen vorzubeugen. Dass es Mikroorganismen sind, die gewisse Krankheiten übertragen, blieb jedoch bis in die jüngste Zeit unbekannt. Erst mit der Entwicklung des Mikroskops durch Leeuwenhook (1632–1723) wurde die bis zuvor unbekannte Welt der Mikroorganismen zugänglich. 1838 führte dann Ehrenbergs Atlas bereits 600 verschiedene Mikroorganismen auf. Was die nur durch das Mikroskop erkennbaren Kleinstlebewesen in der Natur jedoch für eine Funktion haben und woher sie stammen, blieb weiterhin eine wissenschaftliche Streitfrage. Von allen Theorien fand vor allem diejenige der Urzeugung, welche besagt, dass Mikroorganismen spontan entstehen, Gehör. Obschon Francesco Redi 1665 und hundert Jahre später Lazzaro Spallanzani das Modell der Urzeugung mit sehr aussagekräftigen Experimenten widerlegten, war es erst Pasteur, der der Urzeugungstheorie im Jahre 1861 nach harten Auseinandersetzungen mit seinen Kontrahenten endgültig den Garaus machte. Noch immer wusste man aber nicht mit Sicherheit, dass Mikroorganismen auch Krankheiten übertragen können. Einen wesentlichen Hinweis in diese Richtung kam dann wiederum aus Pasteurs Laboratorium, wo gezeigt wurde, dass die Pfeffersucht genannte Krankheit der Seidenraupen durch Mikroorganismen ausgelöst wird. Die eigentliche medizinische Bakteriologie nahm schliesslich einige Jahre später durch die Arbeiten Robert Kochs richtig ihren Anfang. Koch, bestrebt die Ursachen des Anthrax abzuklären, formulierte 1876 seine berühmten Postulate, die erfüllt sein müssen, damit eine kausale Beziehung zwischen einem Erreger und einer Krankheit als gegeben erachtet werden darf. Nach Koch muss demnach das ätiologische Agens einer Krankheit

- 1) bei jedem Fall vorhanden sein;
- 2) vom kranken Wirt isoliert und kultiviert werden können;
- 3) bei künstlich infizierten gesunden Individuen die Symptome der entsprechenden Krankheit auslösen;
- 4) von künstlich infizierten Tieren wiederum isoliert werden können.

Die Überprüfung der Kochschen Postulate setzte natürlich ein Instrumentarium zur Züchtung und Charakterisierung von Keimen voraus. Anfänglich war die Identifizierung von Krankheitserregern allerdings noch mit vielen Unsicherheiten behaftet und basierte fast ausschliesslich auf der mikroskopischen Beobachtung ungefärbter Präparate und der Beobachtung der Keimvermehrung in flüssiger Kultur. In den Jahren 1878–1880 gelang dann Koch mit dem Anfärben von Bakterien aber ein entscheidender Durchbruch. Auf einmal war es möglich, die Morphologie von Bakterien um vieles genauer studieren zu können. Dass damals eine Färbung in der bakteriologischen Diagnostik noch ein höchst bedeutsames Kriterium war, zeigte sich zum Beispiel bei der Entdeckung des Pesterregers. Im Wettstreit mit Alexandre Yersin versuchte der Japaner Kitasato 1894 in Hongkong, die Ursache der Pest abzuklären und damit ein Jahrhunderte altes Rätsel zu lösen. Beide Forscher isolierten Bakterien, die sie als Pesterreger betrachteten. Wie sich später herausstellte, kommt eindeutig Yersin die Ehre zu, das infektiöse Agens der Pest als erster isoliert und identifiziert zu haben. Kitasato umschrieb «seinen Bacillus» als Gram positiv und unbeweglich. Der Pestbacillus ist aber, so wie ihn auch Yersin darstellte, Gram negativ und beweglich. Bei Kitasatos Isolat handelte es sich gemäss Aussagen von Medizinhistorikern höchstwahrscheinlich um Pneumokokken (1). Weit wichtiger noch als das Einführen von Färbemethoden war die Entwicklung fester Nährböden, einer weiteren Innovation Kochs. Sie erlaubten die Herstellung von Reinkulturen, eine Grundvoraussetzung für die eindeutige Charakterisierung eines Keimes.

Mit zunehmender Kenntnis der entdeckten Mikroorganismen wurde es möglich, immer mehr ihre physiologischen Eigenschaften zu diagnostischen Zwecken nutzbar zu machen. Bis heute hat sich am Prinzip, Bakterien mittels morphologischer und physiologischer Kriterien zu identifizieren, nichts geändert. So lassen sich die Genera der Gram negativen Bakterien beispielsweise durch Ermitteln der Zellform, der Beweglichkeit, der Vermehrung in Anwesenheit von Sauerstoff, der Bildung von Katalase und Cytochromoxidase, der Säurebildung aus Glucose und der Prüfung, ob diese Hexose oxidativ oder fermentativ abgebaut wird, grösstenteils auseinanderhalten (2). Um auf das taxonomisch tiefere Niveau der Species zu gelangen, müssen dann zusätzliche physiologische Charakteristika geprüft werden, wobei in erster Linie der Metabolismus von Kohlenhydraten untersucht wird. Bis vor kurzem beruhte die Identifizierung eines Keimes ausschliesslich auf der Untersuchung repräsentativer phänotypischer Merkmale. Neuerdings stellt die Molekularbiologie dem Labordiagnostiker aber Methoden zur Verfügung, die es erlauben, einen Mikroorganismus nicht mehr nur an seinen Äusserungen (Phänotyp), sondern auf Niveau seiner Information (Genotyp) zu charakterisieren. Bereits ist es möglich

geworden, einige Bakterienarten zu erkennen, indem ein Abschnitt ihres Genoms, der speciespezifisch ist, nachgewiesen wird. Das Rationalisierungspotential solcher Methoden sticht ins Auge. Anstelle langer Reihen biochemischer Teströhrchen wird in naher Zukunft der Nachweis einer einzigen spezifischen Nukleotidsequenz auf dem Erbgut eines zu identifizierenden Bakteriums entscheiden, welcher Species es zuzuordnen ist.

Bei *epidemiologischen Fragestellungen* genügte die Bestimmung der Bakterien-species alleine nicht mehr, da innerhalb derselben stets zahlreiche Typen auftreten. Eine intraspezifische Feincharakterisierung war darum gefragt. Erste Erfolge in der Charakterisierung von Isolaten ein und derselben Bakterien-species brachte die Untersuchung physiologischer Merkmale (Biotypen). Eine feinere Aufschlüsselung erlaubt aber erst der Nachweis von Strukturen der Zelloberfläche mittels Antisera. Die Serologie wurde schon früh als Möglichkeit zur Typisierung in Betracht gezogen. So entwarf *White* bereits im Jahre 1926 ein entsprechendes Verfahren zur Klassierung von Salmonellen (3). Mit dem heutigen Serotypisierungssystem nach Kaufmann und White lassen sich beim Genus *Salmonella* über 2000 verschiedene Serotypen darstellen. Für die Bakterien-species *Listeria monocytogenes*, bei der die Serologie ebenfalls eingesetzt wird, können 16 verschiedene Serotypen nachgewiesen werden. Aber auch innerhalb eines Serotyps finden sich wiederum zahlreiche Untervarianten. Eine seit längerer Zeit bekannte Methode, Bakterienstämme des gleichen Serotyps weiter zu unterteilen, ist die Lysotypie. Mittels einer Serie ausgewählter Bakteriophagen gelingt es so beispielsweise, den Serotyp *Salmonella typhi* in 96 verschiedene Phagovaren zu subtypisieren (3). In den letzten Jahren haben nun die moderne Biochemie und vor allem die Molekularbiologie das Angebot an Methoden zur Typisierung um verschiedene neue und zum Teil sehr aufschlussreiche Verfahren bereichert. So lassen sich Bakterienstämme beispielsweise aufgrund ihrer mittels SDS-Gelelektrophorese aufgetrennten Proteine differenzieren. Auch der Nachweis von extrachromosomalen Elementen (Plasmide), der in einigen Laboratorien bereits zur Routine geworden ist, eignet sich zur Typisierung. Zusehends kommen auch modernste Methoden, wie die Analyse der Nukleinsäuren (DNS, RNS) mit Restriktionsenzymen sowie die Untersuchung von Enzym polymorphismen (Multilocus Enzyme Electrophoresis) zur Anwendung.

Vermehrt wird es nun auch möglich, *Virulenzfaktoren* pathogener Keime nachzuweisen. Häufig geschieht das, wie beispielsweise beim immunochemischen Nachweis von *S. aureus*-Enterotoxinen, meist noch auf der phänotypischen Ebene. Zusehends lassen sich aber direkt die Erbeigenschaften identifizieren, die für eine bestimmte Virulenzeigenschaft als Informationsträger dienen.

Seit dem Aufkommen der diagnostischen Bakteriologie vor etwa 120 Jahren hat sich das Bild grundlegend geändert. Wurden in den Anfängen dieser Wissenschaft Keime noch aufgrund einiger weniger Charakteristika wie dem Gramverhalten, der Morphologie, der Beweglichkeit oder der Wachstumstemperatur beschrieben, so gelingt es heute, fast jede nur denkbare Eigenschaft nachzuweisen, und das zunehmend auf dem abstrakten Niveau der genetischen Information.

Die Entwicklung der analytischen Lebensmittelmikrobiologie

Die analytische Lebensmittelmikrobiologie ist aus der medizinisch-diagnostischen Bakteriologie heraus entstanden. In einigen Ländern ruht die amtliche mikrobiologische Lebensmittelkontrolle darum bis heute in den Händen der Mediziner beziehungsweise Tiermediziner. In den Nachkriegsjahren hat sich die Lebensmittelmikrobiologie aber immer mehr zu einer eigenständigen Wissenschaft entwickelt, was sich auch im Aufkommen zahlreicher spezifischer Fachzeitschriften widerspiegelt. Was die methodologischen Fortschritte betrifft, so finden diese nach wie vor häufig in der allgemeinen und medizinischen Mikrobiologie statt. Mit zeitlicher Verzögerung werden neue Techniken dann auch von der Lebensmittelmikrobiologie übernommen und für deren spezifische Anforderungen oft entsprechend modifiziert. In der Folge soll am Beispiel der amtlichen Lebensmittelmikrobiologie der Schweiz gezeigt werden, wie sich der einstige Nebenzweig der medizinischen Bakteriologie zu einer Wissenschaft entwickelt hat, die immer mehr an Bedeutung gewinnt und deren Themen heute teilweise selbst das rege Interesse der Massenmedien erwecken (4).

1899, also noch zu Lebzeiten Robert Kochs, wurde in der Schweiz die erste Auflage des Lebensmittelbuches (LMB), der Methodensammlung für die amtliche Lebensmittelkontrolle, publiziert. An Lebensmittelmikrobiologie ist darin allerdings noch kaum etwas enthalten. So heisst es im Kapitel Milch nur, dass die Untersuchung auf einzelne pathogene Bakterien, wie z. B. Tuberkel- und Typhusbazillen, dem Bakteriologen zu überlassen sind. Dazu sind Methoden zur Untersuchung von Trinkwasser (Keimzählung mit Fleischwasser-Pepton-Gelatine) sowie zum qualitativen und semi-quantitativen Nachweis des Bakteriums «*Coli commune*» aufgeführt. Dass die Lebensmittelmikrobiologie anfänglich vor allem eine Wassermikrobiologie war, hängt damit zusammen, dass von den Pionieren der medizinischen Bakteriologie schnell erkannt wurde, dass bedeutende Krankheitserreger häufig durch unsauberes Wasser übertragen werden. Die Cholera beispielsweise, die sich zurzeit wegen der katastrophalen hygienischen Verhältnisse in verschiedenen südamerikanischen Regionen rasant ausbreitet, war gegen Ende des letzten Jahrhunderts selbst im kühlen Norden Europas noch heimisch, was die letzte grosse Epidemie von 1892 in Hamburg beweist. Damals erkrankten schätzungsweise 17000 Personen, wovon 8605 verstarben. Auch in der Milchwirtschaft entwickelte sich die diagnostische Mikrobiologie schon früh, ausgelöst durch das Studium der Gärungen und die Suche nach pathogenen Keimen, die mittels Milch auf den Menschen übertragen werden können. Das vom Professor für Gärungsphysiologie, Orla-Jensen, im Jahre 1913 veröffentlichte Standardwerk «Die Bakteriologie in der Milchwirtschaft» enthält so viel Grundlegendes, dass der Laboralltag noch heute, oft unwissentlich, davon geprägt ist.

Die zweite Auflage des LMB von 1909 und auch die dritte aus dem Jahre 1917 änderten am Angebot mikrobiologischer Nachweismethoden nichts. In einem Anhang zur dritten Auflage kommt schliesslich ein auf der Plattenmethode beruhendes Verfahren zur Keimzahlbestimmung in Vorzugsmilch hinzu. Mit einer einzigen kleinen methodischen Ergänzung in 22 Jahren konnte der damalige Le-

bensmittelmikrobiologie mit Sicherheit nicht ahnen, welche beeindruckende Entwicklung seine Wissenschaft einst nehmen würde. Erst in seiner vierten Auflage von 1937 führte das LMB dann auch Vorschriften für die Untersuchung anderer Kategorien von Lebensmitteln als Trinkwasser und Milch auf. Neu aufgenommen wurde die Untersuchung von Fleischwaren und diätetischen Produkten. In der parallel zum LMB revidierten Lebensmittelverordnung (LMV) wurden dann auch noch vereinzelte bakteriologische Anforderungen festgelegt, so maximale Keimzahlen für Vorzugsmilch zum Rohgenuss, für pasteurisierte Milch und Vorzugsmilch sowie für Milchflaschen. Trotz der Erweiterung des LMB dürften zwischen 1937 und 1945 in den kantonalen Laboratorien, ausser beim Trinkwasser, wahrscheinlich nur wenige Lebensmitteluntersuchungen durchgeführt worden sein. Nach dem 2. Weltkrieg begannen sich dann aber die Verpflegungs- und Einkaufsgewohnheiten der Konsumenten in einer Weise zu ändern, die das Risiko von Lebensmittelvergiftungen erhöhte. Vor allem aber waren es die häufigen Tuberkulose- und Bangerkrankungen, die die amtliche Lebensmittelkontrolle zu vermehrter Untersuchungstätigkeit anspornten. Immer mehr wurden auch Stimmen nach verbesserten Pasteurisationsverfahren und bakteriologischen Untersuchungsmethoden laut. Auf Antrag Professor Mohlers, damals Stadtchemiker von Zürich, wurde am 9. November 1950 schliesslich eine Spezialkommission des Kantonschemikerverbandes zur Bearbeitung bakteriologischer Probleme ins Leben gerufen. Ab Dezember 1951 nennt sich diese Fachgruppe «Hygienisch-bakteriologische Kommission». Der erste denkwürdige Erfolg der neugegründeten Kommission waren zweifellos die Grossaktionen, die der Bund zur Ausrottung von Tuberkulose und Bang beim Rindvieh in die Wege leitete. 1953 führte die Kommission die Bestimmung von *E.coli* mittels Membranfilterverfahren und Endogar ein und in den Jahren 1956 und 1957 befasste sie sich eingehend mit dem Nachweis von Salmonellen in Eikonserven. 1962 wurden erstmals auch Fachleute, die nicht aus den Reihen des Kantonschemikerverbandes stammten, aufgenommen. Nur ein Jahr später sorgte dann die Typhusepidemie von Zermatt für Aufsehen (5). Dieses schon damals medienträchtige Ereignis führte schliesslich zu einem bedeutenden Ausbau der amtlichen Trinkwasserkontrolle und zu einer personellen Verstärkung der «Schweizerischen Salmonella-Zentrale» am Veterinär-bakteriologischen Institut der Universität Bern. Damals wie heute braucht es erst einen Katastrophenfall, um die Politiker dazu zu bewegen, das zu tun, was schon lange hätte veranlasst werden müssen.

Die zahlreichen durch die Kommission in den folgenden Jahren gemachten Vorschläge zur bakteriologischen Untersuchung verschiedener Lebensmittelkategorien wurden schliesslich zusammengefasst und 1969 bei der fünften Revision des LMB als Kapitel 56 in dieses integriert. Erstmals seit 70 Jahren wurde der Mikrobiologie im LMB damit ein gesamtes, mit 42 Seiten aber noch nicht allzu umfangreiches Kapitel gewährt. Beschrieben wurden darin 10 verschiedene Untersuchungsmethoden, wovon 3 zum Nachweis pathogener oder toxischer Keime (Tabelle 1). Im Jahre 1973 wurde dann mit der Etablierung einer Sektion Bakteriologie in der Abteilung Lebensmittelkontrolle des Bundesamtes für Gesundheitswesen (BAG) einem lange gehegten Wunsch entsprochen und ein weiterer wichtiger

Markstein gesetzt. Nach langjähriger und aufwendiger Arbeit zwischen der Sektion Bakteriologie und der «Hygienisch-bakteriologischen Kommission» kam schliesslich die «Verordnung über die hygienisch-mikrobiologischen Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchs- und Verbrauchsgegenstände», sprich «Hygieneverordnung» zustande, die 1981 vom Bundesrat in Kraft gesetzt wurde. Damit war nun erstmals auch eine einheitliche Grundlage zur Interpretation der durch die Analysemethoden erhaltenen Resultate möglich. Eine weitere wichtige Lücke der amtlichen Lebensmittelmikrobiologie in der Schweiz wurde 1984 mit Inkrafttreten der «Verordnung über die Probenerhebung von Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen» geschlossen. Die immer raschere Entwicklung forderte dann aber nur wenige Jahre nach der Erstpublikation von Kapitel 56 im Jahre 1969 bereits eine Totalrevision und 1985 konnte eine deutlich erweiterte Ausgabe der Methodensammlung gedruckt werden. Das neue Kapitel 56 enthielt jetzt 25 Untersuchungsmethoden zur Bestimmung von Mikroorganismenarten und -gruppen, worunter 14 Verfahren zum Nachweis pathogener oder toxischer Keime (Tabelle 1). 1989

Tabelle 1. Mikroorganismen, für die in Kapitel 56 des Schweizerischen Lebensmittelbuches eine Nachweismethode publiziert ist

AUSGABE 1969	AUSGABE 1985
Anaerobe Bakterien	Aerobe mesophile Bakterien
<i>Clostridium perfringens</i> *	Aerobe mesophile Fremdkeime
Coliforme Bakterien	Aerobe mesophile Keime
Enterokokken	Aerobe Sporen
Fettspaltende Mikroorganismen	Aerobe mesophile Keime
Fremdbakterien in Milchprodukten	Aerobe Sporen
Gesamtkeimzahl	<i>Aspergillus flavus</i> und <i>Aspergillus parasiticus</i> *
Koagulase positive Staphylokokken*	<i>Bacillus cereus</i> *
Salmonellen*	<i>Brucella abortus</i> *
Schimmelpilze, Hefen, Oidien	<i>Campylobacter jejuni</i> *
	<i>Clostridium botulinum</i> *
	<i>Clostridium perfringens</i> *
	Enterobacteriaceen
	Enterokokken
	<i>Escherichia coli</i>
	Hefen und Schimmel
	Laktobazillen und thermophile Streptokokken
	<i>Listeria monocytogenes</i> *
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> *
	Salmonellen
	Shigellen
	<i>Staphylococcus aureus</i> *
	<i>Vibrio cholerae</i> *
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> *
	<i>Yersinia enterocolitica</i> *

* Pathogene oder toxische Keime

stand schliesslich die französische Übersetzung des Kapitels für die Kontrolllaboratorien in der Westschweiz zur Verfügung.

Da lebensmittelmikrobiologische Fragen laufend an Bedeutung gewinnen und die mikrobiologische Analytik im Begriffe ist, sich grundlegend zu wandeln, stellt sich die Frage, wie die Methodensammlung in Kapitel 56 zukünftig aussehen wird. Wohin die Entwicklung diesbezüglich steuern könnte, soll nachfolgend aufzuzeigen versucht werden.

Analytische Lebensmittelmikrobiologie der Zukunft

Der Nachweis neuer Kategorien von Mikroorganismen

Technologisch genutzte Mikroorganismen

Die Industrie verfügt über immer mehr und auch raffiniertere Möglichkeiten, Lebensmittel zu produzieren und zu verarbeiten. Dementsprechend hat sich in den letzten Jahren die Produktpalette erweitert. Im Zuge lebensmitteltechnologischer Innovationen kommen unter anderem auch Mikroorganismen zum Zuge, die bis dato kaum Erwähnung fanden, so zum Beispiel Bifidobakterien. In den letzten Jahren erschienen im Warenangebot erstmals bifidushaltige Milchprodukte (Joghurt, Sauermilch, Weichkäse), die beim Konsumenten regen Anklang fanden und immer noch finden. Der Begriff Bifidus scheint werbepsychologisch eine beträchtliche Wirkung zu haben und demzufolge sind immer mehr Produkte mit solchen Keimen zu erwarten. Um Täuschungen vorzubeugen, gedenkt der schweizerische Gesetzgeber, Minimalanforderungen von 1 Mio. Bifidi pro Gramm eines Produktes festzulegen, was natürlich eine entsprechende Nachweismethode für die amtlichen Kontrolllaboratorien erfordert.

Eine ganz andere Kategorie neuer technologisch genutzter Keime von lebensmittelhygienischer Relevanz sind die gentechnisch veränderten, mit denen sich unter anderem Zusatz- und Fabrikationshilfsstoffe herstellen lassen, eine Praxis, die laufend an Bedeutung gewinnt. Das BAG hat beispielsweise schon 1986 als damalige Weltneuheit ein in der Hefe *Kluyveromyces lactis* hergestelltes Chymosin (Labferment) für den Verkauf zugelassen. Dabei wurde als Auflage auch verlangt, dass der Produktionsorganismus und rekombinierte DNS im Endprodukt nicht enthalten sein dürfen. Um die Einhaltung solcher Auflagen oder illegaler Anwendungen überprüfen zu können, müssen den amtlichen Laboratorien entsprechend neue Methoden auf molekularbiologischer Basis zur Verfügung stehen.

Pathogene und toxigene Mikroorganismen

1. Bakterien

Die Rolle von *Campylobacter* als bedeutender Erreger von Darminfektionen wurde erst in den späten siebziger Jahren richtig erkannt (7). Dass *Listeria mono-*

cytogenes lebensmittelhygienisch eine wichtige Rolle spielt, wurde ebenfalls erst durch einige bedeutende Kollektivausbrüche bewusst, die seit 1979 in verschiedenen Ländern stattgefunden haben (8). Die beiden genannten Bakterienarten werden nicht die letzten sein, die auf die Bühne des Lebensmittelmikrobiologen getreten sind. Neue Lebensmitteltechnologien, andere Ernährungs- und Verhaltensweisen der Menschen, dichtere Bevölkerung, Überalterung und vermehrte Reisetätigkeit schaffen Bedingungen und ökologische Nischen für das Aufkommen noch unbekannter oder bisher vernachlässigbarer bakterieller Erreger. Einige Keime sind bereits auf dem Weg, an Bedeutung zu gewinnen. Mehr und mehr wird zum Beispiel die Rolle von *Aeromonas* als möglichem Durchfallserreger erhärtet und zusehends gelingt es, gewisse Lebensmittel als Quelle dieses Keimes zu identifizieren (9, 10). Als zunehmend wichtig werden auch die humanpathogenen *E. coli* erkannt, die ebenfalls über Lebensmittel und Wasser übertragen werden können und von denen es mitunter folgende vier Gruppen gibt: enterotoxigene *E. coli* (ETEC), enteroinvasive *E. coli* (EIEC), enteropathogene *E. coli* (EPEC) und enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC). Was die letzteren betrifft, so werden diese von Lester Crawford, Food Safety and Inspection Service, USA, als «the most dangerous food poisoning organism known to man» bezeichnet (11). Obschon enterohämorrhagische *E. coli* in Mitteleuropa im Gegensatz zu Nordamerika noch kaum eine Rolle spielen und Crawford mit seiner Aussage etwas übertreiben mag, darf dieser Keim nicht aus den Augen gelassen werden. Nichts schliesst aus, dass er sich plötzlich auch hierzulande einzunisten beginnt. Die vielen Varianten humanpathogener *E. coli* diagnostisch von ihren weitverbreiteten ordinären und harmlosen Artgenossen abzutrennen, stellt den Lebensmittelmikrobiologen vor eine diffizile Aufgabe, die aber trotzdem angepackt werden muss.

Als Beispiel für eine Keimgruppe, die höchstwahrscheinlich über das Potential verfügt, unter bestimmten Bedingungen zukünftig eine Rolle als Lebensmittelvergifter zu spielen, seien abschliessend die Klebsiellen angeführt. *Klebsiella pneumoniae* und *Klebsiella oxytoca* spielen als nosokomiale Erreger eine zunehmend wichtige Rolle. Gewisse Stämme von *K. pneumoniae* sind zudem in der Lage, plasmidcodierte, hitzelabile Enterotoxine auszubilden. Verschiedene Arbeiten zeigen die epidemiologische Bedeutung solcher Klebsiellen. So liessen sie sich bei äthiopischen Kindern mit akuter Gastroenteritis in 15% der Fälle als kausatives Agens isolieren (12). Die Tatsache, dass Klebsiellen in gewissen Lebensmitteln, wie zum Beispiel vorgeschnittenen Salaten und Weichkäsen, häufig vorkommen (13), fordert vertiefte epidemiologische Abklärungen. So wird gegenwärtig in einem Projekt der Sektion Mikrobiologie des BAG untersucht, wie weit Klebsiellen aus klinischem Material und Lebensmitteln gleichen Ursprungs sind.

2. Viren

Den meisten Lebensmittelvergiftungen viralen Ursprungs liegen Infektionen mit Hepatitis A- und Gastroenteritis-Viren zugrunde. Über 90% der Gastroenteritis-Viren gehören dabei zu den «Small round structured virus (SRSV)» der Norwalk-Gruppe. Calici-, Astro-, Parvo- und Rotaviren sind selten inkriminiert.

Wahrscheinlich wird nur ein Bruchteil der tatsächlichen Krankheitsfälle erfasst. Die am meisten inkriminierten Lebensmittel sind dabei Mollusken (Austern, Moules usw.). Die Assoziation zwischen Hepatitis A und einem bestimmten Lebensmittel ist wegen der langen Inkubationszeit von 3–6 Wochen selten zu beweisen. Gastroenteritis-Viren hingegen lösen schon nach 15–20 Stunden typische Symptome aus, was erfolgreiche epidemiologische Abklärungen begünstigt.

Die Diagnostik von Viren ist, und das besonders in Lebensmitteln, aufwendig und anspruchsvoll. Der Nachweis von SRSV erfolgt in Stuhlproben hauptsächlich elektronenmikroskopisch. Dazu sind aber mindestens 10^6 Viruspartikel pro ml nötig. Für Hepatitis A-Viren wurden bereits spezifische Gensonden entwickelt, die mit Stuhlmaterial funktionieren, nicht aber mit Lebensmittel- und Umgebungsproben. Der Versuch, Gensonden zum Nachweis von SRSV zu entwickeln, ist dadurch erschwert, dass sich Viren dieser Gruppe *in vitro* nicht züchten lassen. Trotz diesen zurzeit noch anstehenden Schwierigkeiten werden es molekularbiologische Methoden schon bald erlauben, Viren in Lebensmitteln und Wasser routinemässig nachzuweisen (14).

3. Protozoen

Wie die Viren gehören die Protozoen zu den obligaten Parasiten, die sich in Lebensmitteln nicht vermehren können. Da die infektiösen Dosen höchstwahrscheinlich niedrig sind – bei *Giardia* sollen <10 Zysten zur Erkrankung eines Menschen genügen –, dürften Lebensmittel bei der Übertragung von Protozoen eine grössere Rolle spielen als bisher angenommen. In mehr als 50% der Ausbrüche mit vermuteter Inkriminierung eines protozoischen Parasiten als aetiologisches Agens gelingt der Nachweis im Labor aber nicht. Das liegt an den teilweise noch ungenügenden Nachweismethoden. Wie bei den Viren werden aber durch die zunehmende Verfügbarkeit immunologischer und molekulargenetischer Methoden bedeutende Fortschritte im Nachweis und in der Kontrolle von lebensmittelassoziierten Protozoenerkrankungen erwartet. Tabelle 2 fasst die protozoischen Parasiten zusammen, die durch Lebensmittel oder Wasser auf den Menschen übertragen werden können. Von den aufgeführten Protozoen sind 6 eindeutig, weitere 6 schwach oder zweifelhaft und 7 nicht humanpathogen. Meistens resultiert nach Infektion mit pathogenen Protozoen ein enteritisches Krankheitsbild. *Toxoplasma*, *Sarcocystis* und *Entamoeba histolytica* können aber auch zu systemischen Infektionen führen. Von allen möglichen protozoischen Parasitosen verdienen in unseren Breiten vor allem folgende vermehrte Aufmerksamkeit:

- 1) Infektionen mit *Giardia intestinalis* (Lamblien), die zunehmend diagnostiziert werden. Lamblien kommen weltweit vor und sie gelten als der am meisten verbreitete protozoische Parasit. Zysten können aus Wasser, Salaten, Früchten und anderen Lebensmitteln isoliert werden. Sie überstehen die zur Desinfektion von Trinkwasser üblicherweise eingesetzte Chlorkonzentration (!) und bleiben in feuchter und kühler Umgebung über 2 Wochen am Leben.
- 2) Vermehrte Aufmerksamkeit sollten in unseren Breitengraden auch die Cryptosporidien erhalten. Sie kommen weltweit vor und konnten bisher von über 40 tierischen Wirtsspezies isoliert werden. Ein grosses zoonotisches Reservoir

bilden die Nutztiere, darunter vor allem Rinder und Schafe. Über das Ausbringen tierischer Exkremente zwecks Düngung gelangen Oozysten in Wasserläufe und gelegentlich sogar in Trinkwasserversorgungssysteme. Wie weit Cryptosporidien über Lebensmittel übertragen werden, ist noch unbekannt, da brauchbare Nachweismethoden fehlen. Epidemiologisch besteht aber eine Evidenz, dass gewisse Lebensmittel wie rohe Würste, rohes Fleisch und Rohmilch ein Risiko darstellen. Sensitivere Nachweismethoden auf molekularer Basis versprechen in Zukunft ein besseres Verständnis dieses und ähnlicher Erreger (15).

Tabelle 2. Über Wasser oder Lebensmittel auf den Menschen übertragbare protozoische Parasiten (15)

Parasite	Pathogenicity for man	Stage transmitted
<i>Balantidium coli</i>	+	Cyst
<i>Blastocystis hominis</i>	-/+	Not known
<i>Cryptosporidium parvum</i>	+	Oocyst
Other <i>Cryptosporidium</i> spp.	-*	Oocyst
<i>Chilomastix mesnili</i>	-/+	Cyst
<i>Dientamoeba fragilis</i>	-/+	Trophozoite
<i>Endolimax nana</i>	-/+	Cyst
<i>Entamoeba coli</i>	-	Cyst
<i>Entamoeba histolytica</i>	+	Cyst
Microsporidia (eg. <i>Enterocytozoon</i>)	-/+	Spore
<i>Enteromonas hominis</i>	-	Cyst
<i>Giardia intestinalis</i>	+	Cyst
<i>Iodamoeba butschlii</i>	-	Cyst
<i>Isospora belli</i>	-/+	Oocyst
<i>Retortamonas intestinalis</i>	-	Cyst
<i>Sarcocystis</i> spp.	+	Oocyst/tissue stages
<i>Toxoplasma gondii</i>	+	Oocyst/tissue stages
<i>Trichomonas hominis</i>	-	Trophozoite
<i>Trichomonas tenax</i>	-	Trophozoite

-/+ = low or doubtful for immunocompetent individuals; Pathogenicity for the immunocompromised individual may differ.

* Transmission to man not yet documented but probably occurs.

Analyse von Virulenzfaktoren

Die in Kapitel 56 des LMB aufgeführten bakteriologischen Methoden beschränken sich hauptsächlich auf quantitative Analysen (Keimzahlbestimmungen) diverser Keimgruppen oder Bakterienspecies. Nur in wenigen Fällen gehen die Analysemethoden weiter in die Tiefe. So werden beispielsweise bei *S. aureus* Koagulase- und Thermo-nucleaseaktivität nachgewiesen, da diese Eigenschaften den pathoge-

nen und toxigenen Stämmen dieser Bakterienspezies eigen sind. Bei anderen Keimarten von lebensmittelhygienischer Relevanz sollte bei gewissen Fragestellungen aber auch zwischen pathogenen und apathogenen Varianten unterschieden werden können. Dies trifft insbesondere für Gram negative Bakterien zu (16). Dieser Tatsache trägt Kapitel 56 noch nicht genügend Rechnung. So lässt sich *E. coli* mit der gängigen amtlichen Nachweismethode als sogenannter fäkaler Indikatorkeim nur in toto ermitteln. Zur Diagnose von pathogenen Varianten dieser Keimart bedürfte es zusätzlicher Tests zum Nachweis der entsprechenden spezifischen Virulenzfaktoren. Ein zu grober Massstab wird in einigen Fällen auch mit der Bestimmung der Enterobacteriaceen angelegt. Eine zu hohe Enterobacteriaceenzahl wird generell als Indiz für eine fäkale Verunreinigung und Hinweis auf mangelnde Hygiene bei der Verarbeitung von Lebensmitteln ausgelegt. Gerade bei Pflanzen sind aber gewisse harmlose Keimarten aus der Gruppe der Enterobacteriaceen natürlicherweise und oft in grosser Zahl vorhanden (17). Bestimmte pflanzliche Lebensmittel aufgrund hoher Enterobacteriaceen-Werte als gesundheitliches Risiko für den Konsumenten zu bezeichnen, ist demnach nicht zulässig.

Der Bedarf nach einer differenzierteren und aussagekräftigeren analytischen Lebensmittelmikrobiologie ist offensichtlich. In der Vergangenheit liess sich die Pathogenität eines Keimes oft nur im Tierversuch oder mit Zell- bzw. Gewebekulturen nachweisen, was arbeits-, zeit- und kostenintensiv war. In den letzten Jahren gelang es aber zunehmend, Virulenzfaktoren mit modernen Methoden und ohne die Zuhilfenahme von Labortieren zu bestimmen, eine Entwicklung, die auch den Postulaten des Tierschutzes entgegenkommt. Diagnostisch lassen sich auch Eigenschaften von Keimen auswerten, die selber zwar kein pathogenes Potential besitzen, deren Vorkommen aber mit Virulenzfaktoren korreliert ist. Als Beispiele sind die Serumresistenz, die Ausbildung von Siderophoren und die Fähigkeit zur Hämagglutination zu nennen. Zukünftig werden es immer mehr Virulenzfaktoren oder Virulenzmarker sein, die sich analysieren lassen. Die entsprechenden Methoden, die heute zum Teil einen noch recht grossen Aufwand bedingen, werden sich in Richtung von kommerziell erhältlichen Schnelltests weiterentwickeln. Einige Testsysteme dieses Typus bietet der Handel bereits an, so zum Beispiel einen Latexagglutinationstest zur Bestimmung des D- beziehungsweise Enterotoxins von *B. cereus* (18). Methoden zum Nachweis eines bakteriellen Toxins kommen einerseits bei der Untersuchung von Lebensmitteln in Frage, die als Ursache von Lebensmittelvergiftungen vermutet werden. Der Toxinnachweis im Kulturüberstand kann andererseits aber auch zur Bestätigung der toxigenen Eigenschaften eines isolierten Stammes geführt werden. Eindeutiger wäre für diesen Zweck allerdings der direkte Nachweis des für ein Toxin codierenden Gens. Hierfür bietet die Molekularbiologie bereits verschiedene Methoden an. Via «Polymerase Chain Reaction» (PCR) ist der Nachweis einer DNS-Sequenz beispielsweise bereits von wenigen Bakterienzellen ausgehend möglich. Routinecharakter haben solche Methoden allerdings noch nicht erreicht. In Anbetracht der beeindruckenden Fortschritte, die die diagnostische Mikrobiologie in kurzer Zeit gemacht hat, ist der Gedanke, dass der spezifische Nachweis eines Gens für einen Virulenzfaktor in absehbarer

Zukunft in Form eines einfachen Schnelltests machbar sein wird, gar nicht so verwegene.

Abklären epidemiologischer Fragestellungen

Ausgehend von einfachsten Nachweismethoden für einige wenige Keimarten hat sich die amtliche Lebensmittelmikrobiologie zusehends gewandelt. Heute ist sie in der Lage, ein breites Spektrum relevanter Mikroorganismen zu identifizieren und meist auch quantitativ zu erfassen. Keimzahlbestimmungen stellen zurzeit noch den Arbeitsschwerpunkt des amtlichen Lebensmittelmikrobiologen dar, der vorwiegend Endprodukte prüft und abklärt, ob die festgestellten Keimzahlen den gesetzlich festgelegten Grenz- und Toleranzwerten genügen. Immer häufiger aber werden Kontrolllaboratorien mit der viel komplexeren Situation von Gruppenerkrankungen oder gar epidemischen Ereignissen mit lebensmittelassoziierten pathogenen oder toxischen Mikroorganismen konfrontiert. Es sei dabei nur an die zahlreichen Kollektivausbrüche mit *Salmonella enteritidis* erinnert, die in den letzten Jahren die Behörden beschäftigten (19). Zur schlüssigen Abklärung epidemischer Situationen und bei Umgebungsuntersuchungen in lebensmittelverarbeitenden Betrieben genügen, wie in Kapitel 1 erläutert wird, Identifikationen auf der Stufe Bakterienspezies nicht. Vielmehr ist eine feine Typisierung der aus Patientematerial und Umgebungsproben isolierten Keime angesagt (20).

In der Vergangenheit konnten viele Epidemien mangels genügend aussagekräftiger Methoden nicht oder nur unvollständig abgeklärt werden. Heute stehen dem Mikrobiologen mit der Serotypisierung, der Lysotypie, der Empfindlichkeitsprüfung gegen Bacteriocine oder Antibiotika, der Plasmidanalyse, der Restriktionsanalyse des Genoms oder ribosomaler DNS sowie der Analyse von Enzym polymorphismen zahlreiche Methoden für aussagekräftige epidemiologische Untersuchungen zur Verfügung. Vorerst werden die aufgeführten Verfahren meist nur in spezialisierten Schwerpunktlaboratorien praktiziert werden können. Es ist jedoch anzunehmen, dass gewisse Techniken nach weiterer Vereinfachung und Standardisierung schon bald einmal im lebensmittelmikrobiologischen Routinelabor Eingang finden werden.

Material- und zeiteinsparende Methoden

Bei der Entwicklung neuer mikrobiologisch diagnostischer Methoden werden als wichtige Zielsetzung häufig auch Zeitgewinn und Materialeinsparnis angestrebt. Im folgenden Abschnitt sei kurz dargelegt, welche Möglichkeiten diesbezüglich schon bestehen und was in Zukunft zu erwarten ist.

Schnellmethoden

Zeitgewinn bei der Durchführung analytischer Methoden ist nicht nur aus ökonomischen Gründen interessant. In der medizinischen Mikrobiologie bei-

spielsweise besteht ein vitales Interesse an Schnellmethoden, damit die Patienten möglichst unmittelbar und richtig behandelt werden können. Auch der Lebensmittelmikrobiologe ist in vielen Situationen darauf angewiesen, möglichst schnell über aussagekräftige Resultate zu verfügen. Chargen von Lebensmitteln beispielsweise, die mit einem pathogenen Keim verseucht sind, müssen für den Verkauf gesperrt oder sogar vom Markt zurückgerufen werden. Gerade bei leicht verderblichen Lebensmitteln kommen mikrobiologische Analysen oft nicht zum Tragen, da kontaminierte Warenlose bei Vorliegen der Resultate schon umgesetzt worden sind.

Als Beispiel, welches Potential an Zeiteinsparung vor allem molekularbiologischen Methoden innewohnt, sei der Nachweis von *Listeria monocytogenes* erwähnt. Nach den zurzeit in der Schweiz gültigen amtlichen Methoden (LMB, Kapitel 56, Methode 7.25) werden von der Probenaufarbeitung bis zur Diagnose 5 Tage benötigt. Mit Hilfe einer speciesspezifischen DNS-Sequenz und der PCR-Reaktion liesse sich diese Zeit etwa auf die Hälfte reduzieren (21). Falls mit Weiterentwicklung der neuen methodischen Strategien Lebensmittel in Zukunft direkt, d.h. ohne vorgängige Anreicherung, auf einen Zielkeim untersucht werden können, so wäre ein Listeriennachweis in Tagesfrist durchaus denkbar. Bis DNS-diagnostische Nachweismethoden in der Lebensmittelmikrobiologie jedoch Routinetauglichkeit erreicht haben werden, sind noch viele Hindernisse zu überwinden. Der Weg ist jedoch vorgezeichnet, und die Zukunft gehört mittel- bis langfristig sicher den molekularbiologischen Techniken (22, 23). Es ist jedoch falsch, in der durch jede neue Technologie ausgelösten Euphorie zu glauben, sämtliche bewährten Methoden seien bald obsolet. Ebenso liegt nicht nur in der DNS-Diagnostik ein Entwicklungspotential. Auch klassische Methoden lassen sich unter Einbezug modernster mechanischer und elektronischer Hilfsmittel unter Umständen soweit adaptieren und rationalisieren, dass in kürzerer Zeit immer mehr Proben untersucht werden können. Neue Methoden werden sich aber nicht allein durchsetzen, weil sie schneller sind. Ein neues Verfahren sollte im Vergleich zur alten, bewährten Methode auch punkto Sensitivität, Spezifität und Reproduzierbarkeit mindestens ebenbürtig sein. Eine Innovation muss auch bezüglich Kosten-Nutzen-Rechnung bestehen können. Wichtig ist auch, dass eine Methode über nationale und internationale Akzeptanz verfügt (24).

Miniaturisierte Methoden

Bei der Verbesserung mikrobiologisch-analytischer Methoden besteht auch ein starker Trend in Richtung Miniaturisierung. Beabsichtigt ist dabei das Einsparen von teurem Verbrauchsmaterial und das Minimalisieren anfallender Abfälle. Das zweitgenannte Kriterium erhält mit wachsender Bedeutung des Umweltschutzes zunehmend an Gewicht. Als Beispiel einer miniaturisierten Methode, die auch in der Lebensmittelmikrobiologie Anwendung finden könnte, ist das Petrifilmsystem zu nennen (25). Mit den zurzeit angebotenen Petrifilm-Varianten lassen sich quantitative Bestimmungen der aeroben mesophilen Keime, der Hefen und Schimmel,

der Coliformen und von *E. coli* vornehmen. Der Petrifilm ist sehr leicht zu handhaben und hat daneben den Vorteil, dass kaum Abfall zu entsorgen ist. Wie weit die neue Methode den klassischen Keimzählverfahren ebenbürtig ist, werden vergleichende Untersuchungen zeigen müssen. Einige Ergebnisse sind diesbezüglich schon publiziert worden.

Anbieter neuer diagnostischer Systeme erwarten von Staates wegen nicht selten eine Prüfung oder Zulassung ihres Produktes. Diesem Wunsch kann natürlich nicht entsprochen werden. Bis eine Methode Referenzstatus und somit auch amtlichen Charakter erhalten kann, muss ihre Tauglichkeit durch ausreichend gesicherte Daten erhärtet sein, was meist erst Jahre nach der Erstpublikation der Fall ist. Weiter müssen Referenzmethoden, die breit angewendet werden sollen, bezüglich Praktikabilität möglichst einfach und sehr robust sein. Neue mikrobiologisch-analytische Methoden sind zudem nicht selten an Patente gebunden, was sich nicht nachteilig für eine Anwendung in der Privatwirtschaft auswirkt. Eine urheberrechtlich geschützte Methode wird aber nicht als amtlich erklärt werden können, da damit das Monopol einer Firma zementiert würde.

Schlussbetrachtung

Über viele Jahre entwickelte sich die lebensmittelmikrobiologische Analytik nur recht zögernd. Noch immer werden viele Methoden angewendet, die schon lange Bestand haben. So zum Beispiel das «Standard plate count»-Verfahren, das in seiner Einfachheit einzigartig und fast nicht zu übertreffen ist. Zu den unverzichtbaren Uraltmethoden ist auch das Gram-Präparat zu zählen, das bisweilen zusammen mit der Koloniemorphologie auf geeigneten festen Nährböden und einem Quantum Erfahrung des involvierten Bakteriologen die Identifikation eines Keimes ohne zusätzlichen Aufwand ermöglicht.

Vor allem mit dem Aufkommen der Zell- und Molekularbiologie eröffneten sich dann aber für den diagnostischen Sektor plötzlich völlig neue Perspektiven. Es ist anzunehmen, dass die Molekularbiologie gewisse mikrobiologische Nachweismethoden völlig umgestalten wird. Die bunten Reihen werden verschwinden und Methoden Platz machen, die diagnostisch relevante Eigenschaften eines Keimes ausschliesslich in seinem Erbgut nachweisen. Die mikrobiologische Analytik der Zukunft wird also sprichwörtlich weniger farbig und lebendig sein als sie es heute noch ist. Mit der Verlagerung auf die Ebene der Information wird die Anschaulichkeit verloren gehen und dafür der Grad der Abstraktion zunehmen. Die analytische Mikrobiologie, einst ein aufregendes Detektivspiel, wird sich mehr und mehr zu einem reinen Nachweis von Nukleinsäuresequenzen entwickeln, die einen bestimmten Informationsgehalt verkörpern oder sich aber im Labyrinth einer ausgeklügelten Apparatur abspielen. Wenn auch die mikrobiologische Analytik immer mehr ein hochtechnisiertes Gesicht erhält, so bleibt sie doch eine biologische Disziplin. Biologisch muss darum auch die Denkweise des Mikrobiologen bleiben. So sollte die Empfindlichkeit gewisser Methoden nicht über das nötige Mass hinaus gesteigert werden. Es darf auch nicht so weit kommen, dass mangelndes Wissen

beim mikrobiologischen Diagnostiker durch eine grosse Anzahl von Analysen wettgemacht wird, wie dies in anderen Dienstleistungszweigen gelegentlich der Fall ist. Gerade in Anbetracht der verlockenden Möglichkeiten neuer Nachweismethoden darf die Frage nicht verloren gehen, ob eine Untersuchung überhaupt nötig ist. An manchem Arbeitsplatz bräuchte es keinen Computer und die althergebrachte Kartei täte es weiterhin vollauf. So sollte in der Mikrobiologie auch nicht zur Gensonde gegriffen werden, wenn die Gram-Färbung kombiniert mit Fachwissen den Zweck erfüllen würde. Ebenso darf angesichts der neuen und faszinierenden Methoden nicht vergessen werden, dass die Ursachenbekämpfung zur Verbesserung eines Zustandes ein ungleich viel mächtigeres Instrument ist als eine noch so feine Nachweismethode. So ist es zum Beispiel bedeutend wichtiger, dass der Angestellte in der Restaurantküche nach dem Toilettengang seine Hände richtig wäscht, als dass der Lebensmittelmikrobiologe später selbst kleinste Mengen von Salmonellen in einem Lebensmittel mittels DNS-Sonden nachweisen kann.

Zusammenfassung

Die wichtigsten Etappen in der Entstehungsgeschichte der diagnostischen Bakteriologie werden beschrieben und mit Schwergewicht auf der amtlichen Lebensmittelkontrolle in der Schweiz wird dargelegt, wie sich die analytische Lebensmittelmikrobiologie aus der medizinischen Bakteriologie heraus entwickelt hat. Ausgehend von den Aufgaben und Möglichkeiten im heutigen amtlichen Kontrolllabor wird weiter aufzuzeigen versucht, mit welchen Problemen die Lebensmittelmikrobiologie in Zukunft konfrontiert sein wird und welche Methoden dem Mikrobiologen einst zur Verfügung stehen könnten. Speziell eingegangen wird dabei auf die Anforderungen bezüglich der Untersuchung neuer technologisch genutzter Keime, gentechnisch veränderter Mikroorganismen sowie von Viren und Parasiten, die über Lebensmittel übertragen werden können. Bezüglich der Laborpraxis wird auf die zunehmende Substituierung der traditionellen mikrobiologischen Nachweismethoden durch molekularbiologische Techniken sowie den Trend zu schnelleren und materialeinsparenden Verfahren hingewiesen.

Résumé

Les principales étapes de la bactériologie diagnostique sont décrites. L'accent est mis sur les contrôles officiels des denrées alimentaires en Suisse et le développement de la microbiologie analytique alimentaire à partir de la bactériologie médicale. En considérant les tâches actuelles des laboratoires officiels, l'on peut essayer de se représenter les problèmes et les méthodes de la microbiologie des aliments dans le futur. Une attention particulière est accordée à l'analyse de microorganismes (pouvant être modifiés génétiquement) utilisés dans les nouvelles techniques ainsi qu'aux virus et parasites pouvant se transmettre par la voie alimentaire. Les méthodes classiques en microbiologie analytique sont remplacées peu à peu par les techniques de biologie moléculaire. Elles évoluent vers des systèmes rapides nécessitant peu de moyens techniques.

Summary

A short description of the history of the origins of diagnostic bacteriology is given and with emphasis on the official food control in Switzerland, it is shown how analytic food microbiology evolved from medical bacteriology.

Started out from the status quo of microbial food control, an attempt is made to show with what kind of problems food microbiologists might be faced in future. In this context, the need of diagnostic tools for the detection of new foodborne bacterial pathogens, virus, protozoal parasites and technologically used microorganisms, including genetically modified, is particularly pointed out. As for the laboratory practice, the current substitution of traditional diagnostic procedures through technics based on molecular biology and the trend to faster methods and to such with less expenditure is discussed.

Literatur

1. Mollaret, H. H. und Brossollet, J.: Alexandre Yersin – Der Mann, der die Pest besiegte. Benziger AG, Zürich 1987.
2. Cowan, S. T. and Steel, K. J.: Manual for the identification of medical bacteria. Cambridge University Press, 1965.
3. D'Aoust, J.-Y.: *Salmonella*. In: Doyle, M. P. (ed.), Foodborne bacterial pathogens. Marcel Dekker Inc., New York and Basel 1989.
4. Schwab, H.: Zur Entstehung des Kapitels 56 «Mikrobiologie» des Schweizerischen Lebensmittelbuches. Seminar 21./22. November 1986 am Institut für Lebensmittelwissenschaft der ETH Zürich.
5. Bernard, R. P.: The Zermatt typhoid outbreak in 1963. J. Hyg. Camb. **63**, 537–563 (1965).
6. Rasic, J. Lj. and Kurmann, J. A.: Bifidobacteria and their role. Birkhäuser, Basel-Boston-Stuttgart 1983.
7. Gelzer, J.: Potentielle Bedeutung von *C. jejuni* in einer Katastrophensituation. Kadervorkurs des B-Dienstes der Schweizer Armee 1./2. September 1984 in Lenk i. S.
8. Lovett, J.: *Listeria monocytogenes*. In: Doyle, M. P. (ed.), Foodborne bacterial pathogens. Marcel Dekker Inc., New York and Basel 1989.
9. Altwegg, M. and Geiss, H. K.: *Aeromonas* as a human pathogen. CRC Critical Reviews in Microbiology **16**, 253–286 (1989).
10. Fricker, C. R. and Tompsett, S.: *Aeromonas* spp. in foods: A significant cause of food poisoning? Int. J. Food. Microbiol. **9**, 17–23 (1989).
11. Anon: *E. coli* called «most dangerous» by Crawford. Food Chemical News, 45–46, December 5 (1988).
12. Rennie, R. P., Anderson, C. M., Wensley, B. G., Albritton, W. L. and Mahony, D. E.: *Klebsiella pneumoniae* Gastroenteritis masked by *Clostridium perfringens*. J. Clin. Microbiol. **28**, 216–219 (1990).
13. Geiges, O., Stählin, B. and Baumann, B.: Mikrobiologische Beurteilung von Schnittsalat und Sprossgemüse. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **81**, 684–721 (1990).
14. Appleton, M.: Foodborne illness – Foodborne viruses. The Lancet **336**, 1362–1364 (1990).
15. Casemore, D. P.: Foodborne illness – Foodborne protozoal infection. The Lancet **336**, 1427–1432 (1990).

16. Nöldner, T., Bergann, T. und Scheibner, G.: Virulenz-assoziierte Eigenschaften gramnegativer lebensmittelhygienisch bedeutsamer Bakterien. Arch. Lebensm. Hyg. **42**, 6–9 (1991).
17. Brenner, D. J.: Introduction to the family *Enterobacteriaceae*. In: Starr, M. P., Stolp, H., Trüper, H. G., Balows, A. and Schlegel, H. G. (eds.), *The prokaryotes*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1986.
18. Anon: OXOID-toxin detection kit BCET-RPLS. A kit for the detection of *Bacillus cereus* enterotoxin (diarrhoeal type) in foods and in culture filtrates by reversed passive latex agglutination. Technical Information Leaflet by Oxoid Ltd., Hampshire, England.
19. Baumgartner, A.: *Salmonella enteritis* in Schaleneiern. Situation in der Schweiz und im Ausland. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **81**, 180–192 (1990).
20. Colwell, R. R.: From counts to clones. J. Appl. Bacteriol. Symp. Suppl. 1–6 (1987).
21. Furrer, B., Candrian, U., Höfelin, Ch. and Lüthy, J.: Detection and identification of *Listeria monocytogenes* in cooked sausage products and in milk by in vitro amplification of haemolysin gene fragments. J. Appl. Bacteriol. **70**, 372–379 (1991).
22. Walker, J. and Dougan, G.: DNA probes: A new role in diagnostic microbiology. J. Appl. Bacteriol. **67**, 229–238 (1989).
23. Thiele, D.: The technique of polymerase chain reaction – new diagnostic tool in microbiology and other scientific fields (review). Zbl. Bakt. **273**, 431–454 (1990).
24. Jarvis, B. and Easter, M. C.: Rapid methods in the assessment of microbiological quality: experiences and needs. J. Appl. Bacteriol. Symp. Suppl. 1155–1265 (1987).
25. Anon: Le Petrifilm. Laboratoires 3 M Santé, Département Microbiologie, 3 rue Danton, 92245 Malakoff, France.

Dr. A. Baumgartner
 Bundesamt für Gesundheitswesen
 Abteilung Lebensmittelwissenschaft
 Sektion Mikrobiologie
 Postfach
 CH-3000 Bern 14