

Zur Frage der mikrobiologischen Qualität von Getreidevollkornernzeugnissen*)

1. Mitteilung: Der mikrobielle Keimgehalt der als Ganzkorn, Schrot und Flocken gehandelten Erzeugnisse

Von Dr. Gottfried Spicher

1. Einleitung

Das Getreidekorn enthält eine Vielfalt von Nähr-, Wuchs- und Wirkstoffen, die für den Stoffhaushalt (Energie- und Baustoffwechsel) des menschlichen Organismus von wichtiger Bedeutung sind. Um dieses „ideale“ Angebot volllauf und unbeeinträchtigt durch einen Be- oder Verarbeitungsprozeß zu nutzen, bevorzugt es eine nicht unerhebliche Anzahl von Konsumenten, die für die Zubereitung eines Breies, von Bratlingen, Risottos oder auch Backwaren benötigten Mahlerzeugnisse am häuslichen Herd zu ermahlen. Manche von ihnen ergänzen ihre tägliche Nahrung auch durch den Verzehr einer bestimmten Menge von „naturbelassenem“ Getreide oder daraus gewonnener Mahlerzeugnisse in Form eines unerhitzten Breies oder Müslis. Die Mühlenindustrie und insbesondere die Reformwarenwirtschaft kommt diesem Kundenwunsch durch ein vielfältiges Angebot geeigneter Produkte entgegen. Sie bietet u. a. das Getreidekorn in Form von „Vollwert-Roggen“ und „Vollwert-Weizen“ einzeln oder in Mischung mit bestimmten Anteilen von Weizen bzw. Roggen, Gerste, Hafer, Buchweizen und Hirse an, ferner Mahlerzeugnisse, wie z. B. Roggen- und Weizenvollkornschrot oder auch Roggen- und Weizenflocken.

Während des Heranreifens auf dem Felde ist das Getreidekorn jedoch nicht nur der Sonnenseite der Natur ausgesetzt, sondern ebenso ihren Widrigkeiten — wie etwa dem Regen, dem Wind und anderen Naturereignissen —, die dafür Anlaß sind, daß das Korn mit Mikroorganismen kontaminiert wird und diese auch Möglichkeiten zu einer mehr oder weniger umfangreichen Entfaltung finden. Ebenfalls ist das Getreidekorn auf seinem weiteren Wege bis hin zum Verbraucher, während der Ernte, bei der Einlagerung, während des Transportes, während der Reinigung und der weiteren Be- und Verarbeitung einer Kontamination mit Mikroorganismen ausgesetzt. Letztlich ist daher die Zusammensetzung der Mikroflora des Kornes vielen Zufälligkeiten überlassen. Es können mit ihm Mikro-

organismen in Berührung kommen, die seine Qualität in Frage stellen, wie auch solche, die in der Lage sind, das gesundheitliche Wohlbefinden des Konsumenten zu beeinträchtigen. Zur Sicherung der Qualität des Getreides und der aus ihm bereiteten Mahlerzeugnisse bedarf es daher, je nach deren Verwendungsart, auch einer mehr oder weniger weitgehenden Überwachung der mikrobiellen Verunreinigung. Diese sollte Gewißheit geben, daß der Gehalt des Getreides und der Mahlerzeugnisse an Verderbs-Organismen möglichst gering ist und Sicherheit vor dem Auftreten von Mikroorganismen besteht, die beim Konsumenten gesundheitliche Störungen infolge lebensmittelbedingter Infektionen (bei Auftreten pathogener Keime) oder lebensmittelbedingter Intoxikationen (bei Auftreten toxinogener Keime) hervorrufen können.

Die an die mikrobiologisch-hygienische Qualität eines Rohstoffes und des unter seiner Verwendung hergestellten Lebensmittels zu stellenden Anforderungen hängen nicht zuletzt davon ab, welche Verfahren der Be- und Verarbeitung zu seiner Herstellung herangezogen werden und in welcher Form es verzehrt wird. Soweit es die Getreidevollkornprodukte anbelangt, gelangen diese nicht selten ohne besondere Hitzebehandlung, die eine Inaktivierung der ihnen anhaftenden Mikroorganismen sichern würde, zum Verzehr. Zudem wird empfohlen, die Produkte zuvor für zwei bis zu 17 Stunden bei Zimmertemperatur in Wasser einzuweichen. Eine solche Darreichungsform erfordert in besonderem Maße eine Beachtung der mikrobiologisch-hygienischen Gegebenheiten.

Die Hersteller von Getreidevollkornernzeugnissen genügen zwar der Sorgfaltspflicht und überwachen die Qualität ihrer Erzeugnisse, jedoch erfolgt dies nach verschiedenen Gesichtspunkten. Zudem werden zum Nachweis der zu beachtenden mikrobiellen Kontamination unterschiedliche Methoden angewandt. Wie bereits in einem früheren Zusammenhang dargelegt, führt ein solches Vorgehen zwangsläufig zu einer einheitlichen Beurteilung der mikrobiologisch-hygienischen Qualität des Getreides und seiner Mahlerzeugnisse (Spicher, 1962). Diese Erkenntnis war auch für die Internationale Gesellschaft für Getreidechemie (ICC) der Anlaß, die Initiative zur Vereinheitlichung

*) Nr. 4621 der Veröffentlichungen der Bundesforschungsanstalt für Getreide- und Kartoffelverarbeitung, Detmold.

der Methoden zum Nachweis der mikrobiellen Verunreinigung des Getreides und der Getreideprodukte zu ergreifen.

Das unterschiedliche Vorgehen bei der Ermittlung der mikrobiellen Keimgehalte und bei der Interpretation der gewonnenen Befunde führten zu einem wesentlichen Teil zu dem in jüngster Zeit von gewisser Seite gegebenen Hinweis, daß die Vollkornerzeugnisse übermäßig mit Mikroben kontaminiert seien und den daraus abgeleiteten Schlagzeilen der Tagespresse, die fragen und warnen: „Reformkost als Keimträger?“, es seien „Bakterien im Brei“ und „Zum Frühstück gibt es manchmal Gift“. Um diesen Unzulänglichkeiten zu begegnen und die mikrobiologische Produktionskontrolle auf eine einheitliche Basis zu stellen, kam von den Herstellern der Getreidevollkornerzeugnisse die Anregung — in gleicher Weise wie kürzlich zur Erlangung von Unterlagen für die Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Speisekleien geschehen (Spicher, 1978) — eine vergleichende Untersuchung des mikrobiologisch-hygienischen Zustandes der im Handel befindlichen Produkte durchzuführen.

2. Methoden

Die Erhebung erstreckte sich über ein halbes Jahr (September 1978 bis Februar 1979) und erfolgte an Produkten, die von verschiedenen Mühlen bzw. Herstellern von Getreidevollkornernzeugnissen zur Verfügung gestellt wurden. Die Einsendung erfolgte in einem zeitlichen Abstände von etwa vier Wochen. Es handelte sich jeweils um Proben von Chargen, die zur Auslieferung an den Handel bereitstanden.

2.1 Vorbereitung der Proben

Zur Untersuchung gelangten jeweils 40 g der Proben, die nach Einwaage in einen sterilen Plastikbeutel und Zugabe von 360 ml Suspensionsflüssigkeit (0,85 % NaCl/0,1 % Pepton-Lösung), unter Zuhilfenahme eines Stomacher 400 für zehn Minuten suspendiert wurden. Dieses Verfahren ist jüngst als Methode der Wahl bei der Ermittlung des Keimgehaltes von Getreide und Getreideprodukten in Vorschlag gebracht worden (Spicher, 1977).

2.2 Nachweis der Keimgruppen

Die Ermittlung der Gesamtkeimzahl der mesophilen Bakterien, der Sporenbildner und der Schimmelpilze erfolgte nach dem Koch'schen Plattengußverfahren. Auf Einzelheiten ist in einem früheren Zusammenhange eingegangen worden (Spicher, 1956; 1972). Zur Ermittlung einer Aussage über die Verunreinigung der Getreidevollkornernzeugnisse mit Hygienekeimen wurde das Verfahren der Ermittlung der „höchstwahrscheinlichen Keimzahl“ (MPN-Methode) herangezogen. Diese Nachweise sind durch folgende Bedingungen charakterisiert:

2.2.1 Nachweis der mesophilen Bakterien

Kulturmedium: Plate-Count-Agar
Merck AG, Art.-Nr. 5463
Kulturbedingungen: 30° C, 48 Std.

2.2.2 Nachweis der mesophilen Sporenbildner

Hitzeinaktivierung: 85° C, 15 min
Kulturmedium: Plate-Count-Agar
Merck AG, Art.-Nr. 5463
Kulturbedingungen: 30° C, 48 Std.

2.2.3 Nachweis der Schimmelpilze

Kulturmedium: Sabouraud-Glukose-Agar
Merck AG, Art.-Nr. 5438
Antibioticum: 0,01 % Oxytetracyclin-Dihydrat
Kulturbedingungen: 25° C, 5 Tage

2.2.4 Nachweis coliformer Keime

Kulturmedium: Brillantgrün-Galle-Laktose-Bouillon
Durham-Röhrchen
Merck AG, Art.-Nr. 5454
Kulturbedingungen: 37° C, 24—48 Std.

2.2.5 Nachweis von Escherichia coli

2.2.5.1 Anreicherung

Aus positiven Röhrchen des Nachweises coliformer Bakterien (Trübung und starke Gasbildung in farblich un-
veränderten Röhrchen).
Kulturmedium: Laktose-Pepton-Bouillon
Merck AG, Art.-Nr. 7655
Kulturbedingungen: 37° C, 24 Std.

2.2.5.2 Fraktionierter Ausstrich der Anreicherungen

Kulturmedium: Fuchsin-Laktose-Agar (Endo-Agar, Typ C)
Merck AG, Art.-Nr. 4044
Kulturbedingungen: 37° C, 24 Std.
Ermittlungen: E.coli; als flache Kolonien mit mehr oder weniger typischem, grünlichem, metallischem Glanz; dunkelrote Verfärbung unterhalb der Kolonie und als Hof.

2.2.5.3 Reinigungsausstrich

Kulturmedium: Fuchsin-Laktose-Agar (Endo-Agar, Typ C)
Merck AG, Art.-Nr. 4044
Kulturbedingungen: 37° C, 24—48 Std.
(erforderlich, wenn der fraktionierte Ausstrich keine sauberen Einzelkolonien erbracht hatte).
Die Identifizierung der auf dem Fuchsin-Laktose-Agar aufgekommenen Kolonien erfolgte unter Anwendung des API-Verfahrens unter Zuhilfenahme von API-20 E-Teststreifen.

2.2.6 Nachweis faekaler Streptokokken

(vgl. Hall, H. E., D. F. Brown und R. Angelotti, 1963)
Kulturmedium: KF-Streptococcus-Brühe
Difco, Art.-Nr. 0997
Kulturbedingungen: 37° C, 48 Std.

2.2.7 Nachweis koagulasepositiver Staphylokokken

2.2.7.1 Anreicherung

Kulturmedium: Staphylokokken-Anreicherungsmedium nach Giolitti und Cantoni
Merck AG, Art.-Nr. 10 675
Kulturbedingungen: 37° C, 48 Std.
anaerob (überschichtet mit Paraffinöl)

2.2.7.2 Fraktionierter Ausstrich der Anreicherungen

Kulturmedium: Staphylokokken-Selektiv-Agar nach Baird-Parker
Merck AG, Art.-Nr. 5406
Kulturbedingungen: 37° C, 48 Std.

2.2.7.3 Bestätigungs-Reaktionen

2.2.7.3.1 DNase-Test

Kulturmedium: DNase-Agar
Oxoid, Art.-Nr. CM 321
Kulturbedingungen: 37° C, 24 Std.
Nachweis: Übersichten mit 1 n HCl:
deutlich klare Zonen im getrübbten Agar = DNase positiv

2.2.7.3.2 Koagulase-Test

Kulturmedium: Brain-Heart-Infusion
Oxoid, Art.-Nr. CM 225
Kulturbedingungen: 37° C, 24 Std.
Nachweis: 0,1 ml der bebrüteten Kultur überführen in 0,3 ml Coagulase Plasma
(Difco, Art.-Nr. 0286-46);
bebrütet bei 37° C
Auswertung nach 4 Std. Bildung eines Koagulationspfropfes = Koagulase-Aktivität positiv

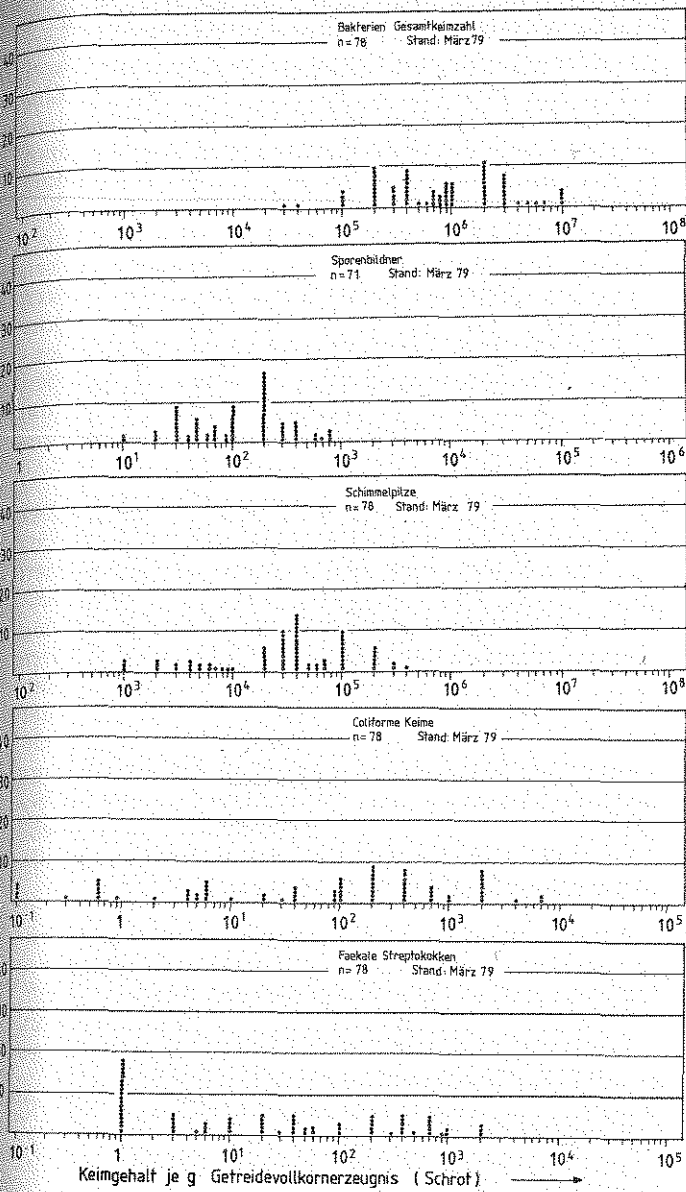


Abb. 1. Häufigkeitsverteilung der bei Getreidevollkorn(erzeugnissen) (Ganzkorn) nachgewiesenen Keimgehalte an Bakterien, Sporenbildnern und Schimmelpilzen.

3. Untersuchungsergebnisse

Das aufzuzeigende Bild der mikrobiologischen Qualität der derzeit im Handel befindlichen Getreidevollkorn(erzeugnisse) ergibt sich aus Untersuchungen an 184 Produkten 5 verschiedener Hersteller. Es handelte sich teils um unzerkleinertes Korn (96 Produkte), teils um geschrotetes Korn (78 Produkte) und teils um Getreideflocken (10 Produkte). Nach Angabe der Hersteller wurden diese Produkte vornehmlich aus Getreidepartien des biologischen, des biologisch-dynamischen oder auch des organisch-biologischen Anbaues zusammengestellt bzw. gewonnen. Einige Hersteller weisen darauf hin, daß die Lagerung der für die Herstellung dieser Produkte verwendeten Getreidepartien im Frischluftsilos ohne Anwendung von Schädlingsbekämpfungsmitteln erfolgte.

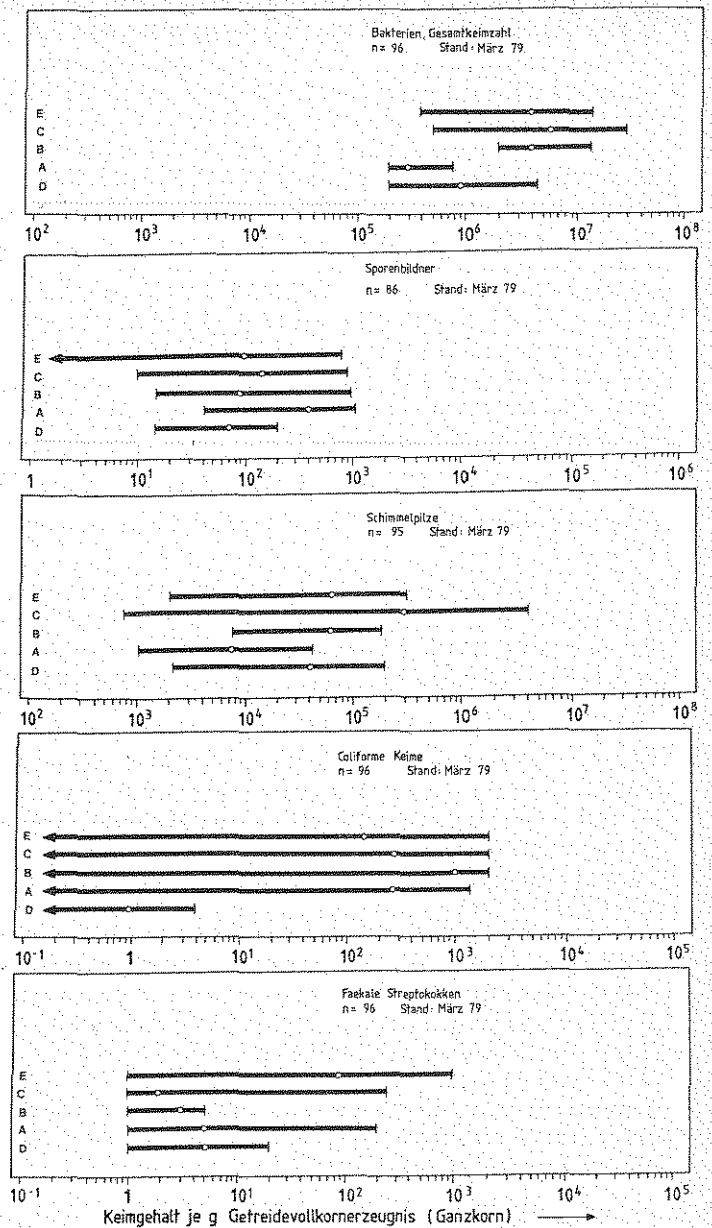


Abb. 2. Die mikrobiologische Qualität von Getreidevollkorn(erzeugnissen) (Ganzkorn) verschiedener Hersteller. (Zeichenerklärung: O = Mittelwert; + + = Extremwerte).

3.1 Die mikrobiologisch-hygienische Qualität der als Ganzkorn gehandelten Erzeugnisse

Bei den in die Gruppe „Ganzkorn“ eingereihten Erzeugnissen handelt es sich teils um Roggen, teils um Weizen. Sie werden als sog. Speisegetreide oder in Mischung mit anderen Getreidearten unter verschiedenster Bezeichnung gehandelt und dem Konsumenten zum direkten Verzehr oder Selbstschroten angeboten. Nach Aussage der gewonnenen Befunde belief sich die Gesamtkeimzahl mesophiler Bakterien dieser Erzeugnisse auf $2,0 \times 10^5$ bis zu $1,6 \times 10^7$ Keime/g (Abb. 1). Allerdings ging bei etwa 70 % aller Produkte die „Gesamtkeimzahl“ über $1,0 \times 10^6$ Bakterien/g nicht hinaus. Unter der Mikroflora fanden sich coliforme Bakterien in einem Anteil bis zu $2,4 \times 10^3$ Keime/g. Dennoch machte bei $\frac{3}{4}$ (76,3 %) der untersuchten Erzeug-

nisse die Kontamination mit coliformen Bakterien nicht mehr als 10 Keime/g aus. Im Falle des Auftretens coliformer Bakterien war zu 17,7 % auch *Escherichia coli* nachzuweisen (bzw. bei 12,7 % aller untersuchten Erzeugnisse). Dabei belief sich der Anteil von *Escherichia coli* in einigen Fällen auf 2 400 Keime/g. Der Nachweis der faekalen Streptokokken erbrachte Keimgehalte bis zu $1,4 \times 10^3$ Keime/g, wobei die Verunreinigung durch diese Keimgruppe nur bei etwa $\frac{1}{3}$ der Erzeugnisse (30,9 %) oberhalb von 10 faekalen Streptokokken/g lag. Koagulasepositive Staphylokokken konnten nur in 3 der 96 Produkte vorgefunden werden und nie mehr als 0,3 Keime/g. Nach Hitzeinaktivierung der vegetativen Stadien waren zwischen 10 und Tausend Dauerstadien sporenbildender Bakterien nachzuweisen (Abb. 1). Daneben traten unter der Mikroflora der Getreidevollkornernzeugnisse (Ganzkorn) Schimmelpilze zu 800 bis $3,8 \times 10^6$ Keimen/g auf, mit einem Schwergewicht zwischen 10^3 und 10^5 Schimmelpilzen/g Getreide.

Die in der Abbildung 1 aufgezeigte Verteilung der nachgewiesenen Keimgehalte findet sich jedoch bei den Erzeugnissen der fünf Hersteller nicht in gleicher Weise wieder. Zum Teil bestehen charakteristische Unterschiede hinsichtlich des Auftretens der einzelnen Keimgruppen (Abb. 2). Zieht man den Gesamtumfang der Mikroflora der untersuchten Vollkornernzeugnisse — gemessen am Mittelwert und dem Schwankungsbereich der Einzelwerte — in Betracht, dann bieten die Produkte des Herstellers D das günstigste Bild. Demgegenüber trat bei den Erzeugnissen der Hersteller E und C in der Regel eine weitaus umfangreichere Mikroflora auf. Die betrifft insbesondere die coliformen Bakterien und faekalen Streptokokken, deren Nachweis eine Aussage über den hygienischen Zustand von Lebensmitteln zuläßt. Soweit es die Produkte des Einsenders E anbelangt, war im Falle des Vorkommens coliformer Bakterien vielfach auch *Escherichia coli* vertreten (bis zu 2 400 Keime/g). Ebenfalls trat *Escherichia coli* bei den Erzeugnissen des Herstellers B sehr stark hervor.

Die unterschiedliche mikrobiologisch-hygienische Qualität der Getreidevollkornernzeugnisse wird sicherlich im Einfluß der Bedingungen der Ernte, der Lagerung, des Vorratsschutzes (Art und Umfang des Einsatzes von Insektiziden und Pestiziden), der Mühlenreinigung (Art des Reinigungsdiagrammes) wie auch der Be- und Verarbeitung des zu ihrer Herstellung verwendeten Getreides stehen. Eine Prüfung der Abhängigkeit des mikrobiellen Keimgehaltes der untersuchten Erzeugnisse von derartigen Faktoren lassen die zur Verfügung stehenden Informationen über deren Vorgeschichte nur in einigen Fällen zu. Eine solche Möglichkeit ergab sich bei Produkten, die einer besonderen Oberflächenbehandlung unterworfen worden waren, wie auch bei Getreidevollkornernzeugnissen, die sich aus einer Mischung mehrerer Getreidearten zusammensetzen.

Die Anwendung des sog. Enthülsens hat die Entfernung der äußeren Schalenschichten des Getreidekorns zum Ziel. Hierzu wird das Getreide kurz gewaschen und in hintereinander geschalteten Schleudertrommeln zur Abtrennung der Hülsen und zur Trocknung behandelt. Derart behandelte Produkte waren durch einen deutlich geringeren mikrobiellen Keimgehalt gekennzeichnet (Tabelle 1). Offensichtlich geht der Entfernung der äußeren Schalenschichten eine nachhaltige Reduktion der mikrobiellen Verunreinigung des Getreidekornes einher. Von dieser werden insbesondere die mesophilen Bakterien, die coliformen Bakterien und auch die faekalen Streptokokken erfaßt, weniger hingegen die Schimmelpilze.

Auf der anderen Seite erwiesen sich Getreidevollkornernzeugnisse, die sich aus einer Mischung verschiedener Getreidearten — wie etwa Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, Hirse und Buchweizen — zusammensetzten, allgemein hin mit einer umfangreicheren Mikroflora behaftet als Erzeugnisse, die nur aus der Komponente Roggen oder Weizen bestehen (Tabelle 2). Dies gilt insbesondere für das Auftreten von coliformen Bakterien, Sporenbildnern und Schimmelpilzen. Die Ur-

Tabelle 1

Der mikrobielle Keimgehalt von Getreidevollkornernzeugnissen (Ganzkorn) in Abhängigkeit von ihrer Vorbehandlung (Enthülsen).

| Keimart | Keimgehalt/g Getreidevollkornernzeugnis | | | |
|-----------------------------------|---|--|---|--|
| | Enthülste Erzeugnisse | | Übrige Erzeugnisse (ohne Mehrkorn-Getreide-Mischung) | |
| | n = 12 Mittelwert | Extremwerte | n = 72 Mittelwert | Extremwerte |
| Mes. Bakterien (Ges. Keimzahl) | $0,9 \times 10^6$ | $0,2 \times 10^8$ $4,5 \times 10^6$ | $3,3 \times 10^6$ | $2,0 \times 10^5$ $2,5 \times 10^7$ |
| Sporenbildner | 66 | 13 168 | 116 | 1 900 |
| Coliforme Bakterien | 0,9 | 0 3,4 | 183 | 0 $2,4 \times 10^3$ |
| <i>Escherichia coli</i> | 0 | 0 0 | 60 | 0 $2,4 \times 10^3$ |
| Faekale Streptokokken | 5,3 | 1 23 | 50 | 1,0 1,400 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 0 | 0 0 | 0 | 0 0,5 |
| Schimmelpilze | 3,8 | $0,3 \times 10^4$ $2,0 \times 10^5$ | $1,6 \times 10^5$ | $0,8 \times 10^3$ $3,8 \times 10^6$ |

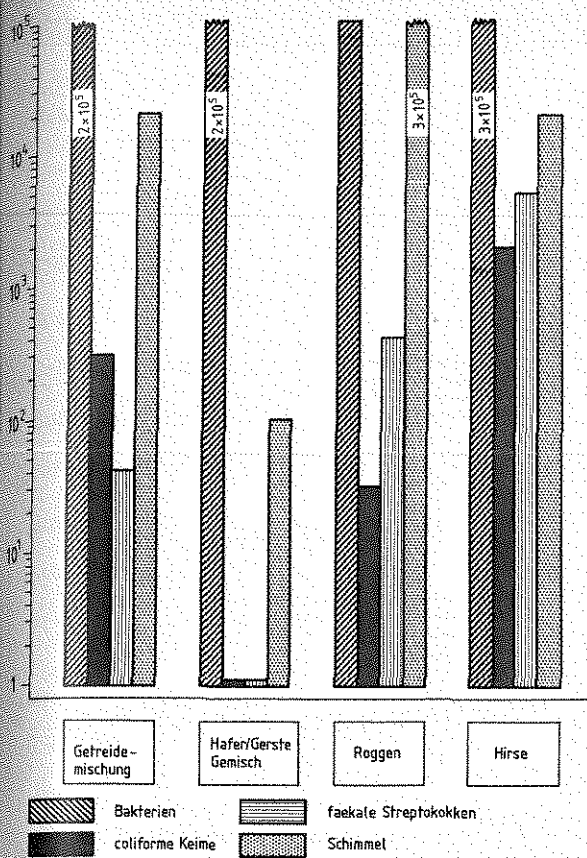


Abb. 3. Die mikrobielle Kontamination der für eine Getreidemischung verwendeten Einzelkomponenten.

sache des für das Brotgetreide wenig typischen Hervortretens der Hygienekeime liegt vielfach in der Verwendung nur einer einzigen übermäßig kontaminierten Rohstoffkomponente. Wie nachgewiesen werden konnte, war das ungünstige mikrobiologische Bild, soweit es die coliformen Bakterien und faekalen Streptokokken anbelangt, zumeist durch die Mikroflora der verwendeten Hirse bedingt. Demgegenüber ging eine übermäßig hohe Kontamination mit Schimmelpilzen nicht selten vom Roggen aus (Abb. 3).

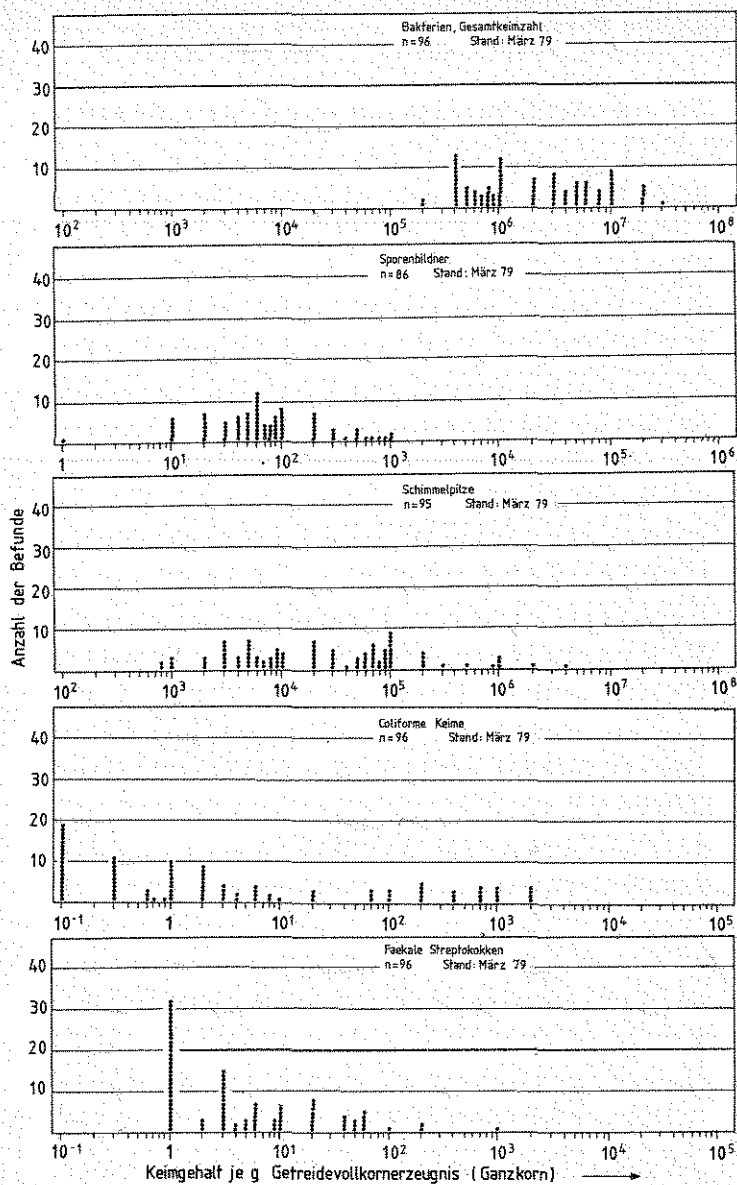


Abb. 4. Häufigkeitsverteilung der bei Getreidevollkornzerzeugnissen (Schrote) ermittelten Keimgehalte an Bakterien, Sporenbildnern und Schimmelpilzen.

Tabelle 2
Die mikrobiologisch-hygienische Qualität von Getreidemischungen.

| Keimart | Getreidemischung | | Keimgehalt/g Getreidevollkornzerzeugnis Übrige Herkunft (außer enthülste Erzeugnisse) | |
|-----------------------------------|-------------------|--|--|--|
| | Mittelwert n = 18 | Extremwerte | Mittelwert n = 72 | Extremwerte |
| Mes. Bakterien (Ges. Keimzahl) | $5,5 \times 10^6$ | $8,5 \times 10^5$ $1,4 \times 10^7$ | $4,9 \times 10^6$ | $2,0 \times 10^5$ $2,5 \times 10^7$ |
| Sporenbildner | 307 | 33 1160 | 116 | 1 900 |
| Coliforme Bakterien | 697 | 11 $2,4 \times 10^3$ | 163 | 0 $2,4 \times 10^3$ |
| Escherichia coli | 2,5 | 0 39 | 53 | 0 $2,4 \times 10^3$ |
| Faekale Streptokokken | 42 | 2,6 160 | 57 | 1,0 1,400 |
| Staphylococcus aureus | 0 | 0 0,1 | 0 | 0 0,5 |
| Schimmelpilze | $2,0 \times 10^5$ | $4,5 \times 10^3$ $1,0 \times 10^6$ | $1,7 \times 10^4$ | $0,8 \times 10^3$ $3,8 \times 10^6$ |

3.2 Die mikrobiologisch-hygienische Qualität der als Getreideschrote gehandelten Getreidevollkorn-erzeugnisse

Bei den untersuchten, geschroteten Getreidevollkorn-erzeugnissen handelte es sich teils um Mahlerzeugnisse des Weizens oder Roggens, teils um Produkte, die aus einer Mehrkorn-Mischung hergestellt wurden. Ihre Kontamination an *mesophilen Bakterien* belief sich auf $3,0 \times 10^4$ bis zu $1,1 \times 10^7$ Keime/g (Abb. 4). *Coliforme Bakterien* traten zu einem Anteil von weniger als 1 Keim/g bis zu 7 000 Keimen/g auf. Allerdings ging bei $\frac{2}{3}$ der Nachweise ihre Zahl nicht über 1×10^2 Keime/g hinaus. Soweit coliforme Bakterien auftraten, kam in 40 % der Fälle auch *Escherichia coli* vor. Im ungünstigsten Falle belief sich der Gehalt der Produkte an *E. coli* auf 2 400 Keime/g. Die *faekalen Streptokokken* erreichten z. T. gleichfalls eine Keimzahl von 2 400/g, jedoch lagen mehr als $\frac{2}{3}$ aller Befunde (70 %) unterhalb von 1×10^2 faekale Streptokokken/g. *Staphylococcus aureus* (Koagulase positiv) trat nur bei zwei der untersuchten 78 Produkte (ca. 2,5 %) auf. *Sporenbildner* kamen in Anteilen zu 10 bis 800 g vor. Im weiteren wurden bei diesen Produkten zwischen 1 000 und 440 000 *Schimmelpilze/g* nachgewiesen. Demnach sind die geschroteten Erzeugnisse allgemein in stärkerem Maße mit coliformen Bakterien und faekalen Streptokokken kontaminiert gewesen als die als Ganzkorn gehandelten Getreidevollkorn-erzeugnisse.

Entsprechend der Beobachtung beim Ganzkorn lassen sich auch unter den geschroteten Erzeugnissen, je nach ihrer Herkunft, verschiedene Abstufungen in der mikrobiologisch-hygienischen Qualität erkennen (Abb. 5). Die geringeren Keimgehalte kommen vornehmlich den Produkten des Einsenders A zu. Demgegenüber sind die Keimgehalte im oberen Bereich der Verteilungen wiederum überwiegend den Erzeugnissen der Hersteller C, E und B zugeordnet. Im weiteren fiel ein z. T. sehr weiter Streubereich im Auftreten der sog. Hygienekeime auf. Insbesondere bei den Erzeugnissen der Hersteller B und C wechselte die Kontamination mit coliformen Bakterien und/oder faekalen Streptokokken von Charge zu Charge in sehr starkem Maße. Auch bei den geschroteten Getreidevollkorn-erzeugnissen zeigte sich, daß das aus der Verteilung der ermittelten Keimzahlen resultierende ungünstige Bild der hygienisch-mikrobiologischen Qualität der Erzeugnisse gewisser Hersteller z. T. nur durch ein bestimmtes Produkt bedingt ist. Die für den Hersteller C zu treffende Aussage (Abb. 5) ergibt sich aus Untersuchungen an Weizen-Frischkorn-Müsli, Roggen-Vollkornschroten und Mehrkorn-Müsli. Zieht man die Befunde bei diesen drei Gruppen von Produkten einzeln in Betracht (Tabelle 3), dann grenzen sich die *Mehrkorn-Müsli* (die u. a. aus Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Hirse und Buchweizen ermahlen wurden und einen Zusatz von sog. Kurkleie enthalten) durch ihren hohen Gehalt an coliformen Bakterien und faekalen Streptokokken eindeutig von den beiden anderen Getreidevollkorn-erzeugnissen ab. Ebenfalls beschränkt sich das bei den Erzeugnissen dieses Einsenders nachgewiesene häufige Auftreten des Keimes *Escherichia coli* nur auf die Mehrkorn-Müsli.

3.3 Die mikrobiologisch-hygienische Qualität der als Getreideflocken gehandelten Erzeugnisse

Die als Roggen- und Weizenflocken gehandelten Erzeugnisse werden aus Getreide hergestellt, das zuvor

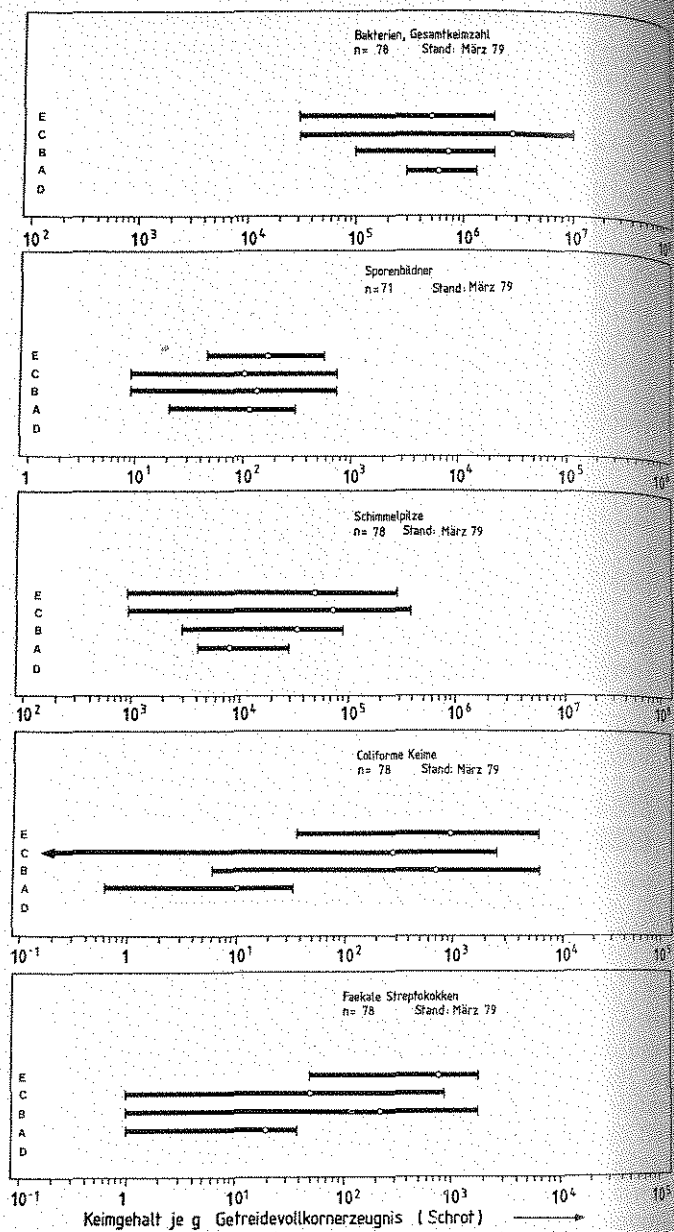


Abb. 5. Die mikrobiologische Qualität von Getreidevollkorn-erzeugnissen (Schrote) verschiedener Hersteller. (Zeichenerklärung: Siehe Abb. 2).

einer hydrothermischen Behandlung unterworfen wurde. Zur Einwirkung gelangen Temperaturen zwischen 63°C (20 min) und 100 bis 115°C (5 min). Diese Behandlung spiegelt sich deutlich in der mikrobiellen Kontamination der untersuchten Roggen- und Weizenflocken wider (Tab. 4). Ihr Gehalt an mesophilen Bakterien ging nicht über $2,8 \times 10^4$ Keime/g hinaus. Dieser Wert liegt deutlich unterhalb des bei Roggen- und Weizenschroten vorgefundenen Minimalwertes. Es konnten nie mehr als 3,6 coliforme Bakterien und 2,6 faekale Streptokokken/g nachgewiesen werden. In keinem Falle traten die Keime *Escherichia coli* oder *Staphylococcus aureus* auf. Schließlich überstieg die Kontamination an Schimmelpilzen nie $0,5 \times 10^4$ Keime/g. Somit grenzen sich die Getreideflocken auch im Hinblick auf die Schimmelpilzflora deutlich von den Roggen- und Weizenschroten ab.

Tabelle 3

Die mikrobiologisch-hygienische Qualität verschiedener Getreidevollkornerzeugnisse des Herstellers C.

| Keimart | Keimgehalt/g | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--|----------------------------|--|-------------------------|--|
| | Wz-Frischkorn-Müsli n = 5 | | Rg-Vollkornschrot n = 5 | | Mehrkorn-Müsli n = 5 | |
| | Mittelwert | Extremwerte | Mittelwert | Extremwerte | Mittelwert | Extremwerte |
| Mes. Bakterien (Ges. Keimzahl) | $3,4 \times 10^6$ | $8,1 \times 10^5$ $6,9 \times 10^6$ | $2,7 \times 10^6$ | $1,7 \times 10^4$ $1,1 \times 10^7$ | $2,5 \times 10^6$ | $9,3 \times 10^5$ $3,3 \times 10^6$ |
| Sporenbildner | 84 | 12 360 | 199 | 29 570 | 224 | 12 359 |
| Coliforme Bakterien | 1,5 | < 0,1 6,2 | 567 | 3,6 2,400 | 637 | 94 > 2,400 |
| Escherichia coli | 0,05 | 0 0,26 | 0,05 | 0 0,26 | 14 | 0 70 |
| Faekale Streptokokken | 0,5 | < 0,1 2,6 | 14,6 | < 0,1 62 | 182 0,22 | 2,6 700 |
| Staphylococcus aureus | 0 | | 0 | | | 0 1,1 |
| Schimmelpilze | $7,1 \times 10^4$ | $2,1 \times 10^4$ $1,2 \times 10^5$ | $5,7 \times 10^4$ | $0,2 \times 10^4$ $2,5 \times 10^5$ | $3,7 \times 10^4$ | $2,5 \times 10^4$ $5,1 \times 10^4$ |

Tabelle 4

Die mikrobiologische Qualität von Roggen- und Weizenflocken.

| Keimart | Keimgehalt/g | | | |
|-----------------------------------|--|--|---------------------------|--|
| | R- + Wz-Schrote (ohne Mehrkorn-Müsli) n = 10 | | R- + Wz-Flocken n = 10 | |
| | Mittelwert | Extremwerte | Mittelwert | Extremwerte |
| Mes. Bakterien (Ges. Keimzahl) | $137,3 \times 10^4$ | $2,7 \times 10^4$ $1,4 \times 10^7$ | $1,1 \times 10^4$ | $5,0 \times 10^2$ $2,8 \times 10^4$ |
| Coliforme Bakterien | 675 | 0,1 7 000 | 0,62 | < 0,1 3,6 |
| Faekale Streptokokken | 328 | 1,0 2 400 | 1,65 | 1,0 2,6 |
| Schimmelpilze | $3,71 \times 10^4$ | $0,1 \times 10^4$ $2,5 \times 10^5$ | $0,14 \times 10^4$ | $0,9 \times 10^2$ $0,5 \times 10^4$ |

4. Diskussion der Untersuchungsbefunde

Ein Lebensmittel muß hygienisch einwandfrei und gesundheitlich unbedenklich sein, vor allem darf es keine pathogenen und toxinogenen Keime bzw. deren Toxine enthalten. Für einige Lebensmittel, die erfahrungsgemäß hygienisch besonders anfällig sind (z. B. Speiseeis) oder für solche, die für einen besonders gefährdeten Personenkreis bestimmt sind (z. B. Kindernährmittel, diätetische Nahrungsmittel), hat der Gesetzgeber mikrobiologische Standards festgesetzt, d. h. Maximalwerte für bestimmte Mikroorganismen, bei denen nach dem Stand der vorliegenden Erkenntnisse eine ausreichende mikrobiologische Qualität bzw. deren hygienische Unbedenklichkeit weitgehend gesichert erscheint. Aber auch dann, wenn der Zwang des Gesetzgebers nicht besteht, ist der verantwortungsbewußte Hersteller von Lebensmitteln aus eigenem Antrieb bestrebt, die Qualität der von ihm hergestellten Erzeugnisse in mikrobiologisch-hygienischer Hinsicht zu sichern.

Diese Qualitätssicherung kann der Hersteller sowohl im Rahmen des Herstellungsprozesses erreichen durch Beachtung der für die hygienische Herstellung und Behandlung von Lebensmitteln geforderten Kriterien der Produktionsstätte, der Beschaffenheit der Maschinen und Geräte und der Personalhygiene, durch inner-

betriebliche Maßnahmen zur Eingrenzung bzw. Unterbindung der im Verlaufe der Produktion auftretenden Kontaminationen und Rekontaminationen des erzeugten Produktes, durch Anwendung geeigneter technologischer Verfahren zur Eliminierung oder Reduzierung der möglichenfalls vorhandenen bedenklichen Organismen als auch durch Schaffung interner Qualitätsvorschriften bzw. Richtwerte für die angelieferten und zu verarbeitenden Rohstoffe und Überwachung der mikrobiologischen Qualität des erzeugten Produktes.

Vorbedingung für die Festlegung mikrobiologischer Spezifikationen ist einerseits die genaue Kenntnis des mikrobiologischen Status des betreffenden Produktes und andererseits die Kenntnis des Verhaltens der Mikroflora im Verlaufe des empfohlenen Verfahrens der Zubereitung dieser Lebensmittel. D. h. es muß bekannt sein, in welchem Ausmaß unter den gegebenen Bedingungen die mikrobiologische Zusammensetzung des Lebensmittels durch das Rohprodukt, die Verarbeitungstechnologie, die Lagerungsbedingungen und das Zubereitungsverfahren beeinflusst wird. Erster Schritt zur Erstellung einer solchen Qualitätsnorm ist daher die Erarbeitung eines Überblickes über die Verhältnisse, wie sie unter Normalbedingungen einer durchschnittlich guten Verarbeitungstechnologie und -hygiene vorliegen. Es war daher das Anliegen der

dargelegten Untersuchungen, an einer repräsentativen Anzahl von Warenproben der laufenden Produktion verschiedener Betriebe den mikrobiologisch-hygienischen Status der derzeit im Handel befindlichen Getreidevollkorn-erzeugnisse zu ermitteln.

Eine Reihe vorangegangener Untersuchungen hat bereits einen Einblick in den „natürlichen“ Zustand der Mikroflora des Brotgetreides und der aus diesem gewonnenen Mahlerzeugnisse vermittelt (Spicher, 1956; 1958; 1962; 1978). In das sich hieraus ableitende Bild ordnet sich auch die Mikroflora der Getreidevollkorn-erzeugnisse weitgehend ein (Tabelle 5). Es fällt allerdings auf, daß bei den untersuchten Getreidevollkorn-erzeugnissen die sog. Hygienekeime, die für den hygienischen Zustand eines Lebensmittels kennzeichnend sind (coliforme Bakterien und faekale Streptokokken), häufiger und z. T. auch in höherer Zahl auftraten, als es die Befunde beim Brotgetreide erwarten ließen. Dies gilt jedoch mehr für die geschroteten Erzeugnisse als für die Ganzkorn-Erzeugnisse.

In Ermangelung geeigneterer Richtwerte zur Beurteilung der mikrobiologisch-hygienischen Qualität des Getreides und der aus ihm gewonnenen Mahlerzeugnisse, wurden bereits im früheren Zusammenhang die Befunde mit den für diätetische Lebensmittel und für „instant“ (vorgekochte und getrocknete) Getreideprodukte geltenden bakteriologischen Anforderungen in Vergleich gesetzt (Spicher, 1971; 1972). In diätetischen Lebensmitteln, die unter Verwendung von Milch oder Milcherzeugnissen hergestellt wurden, dürfen gemäß den Festlegungen des Gesetzgebers je 1 g nicht mehr als 50 000 mesophile Bakterien vorkommen und in jeweils 0,01 g sollten keine coliformen Bakterien und keinesfalls der Keim *Escherichia coli* nachweisbar sein. Der Keimgehalt an aeroben Sporenbildnern darf nicht mehr als 1 500 Keime/g betragen (Verordnung über diätetische Lebensmittel vom 24. 10. 1975). Zum anderen empfiehlt die „International Commission of Microbiological Specifications for Foods“ (ICMSF), daß in diätetischen Lebensmitteln je g keinesfalls mehr als 10^6 mesophile, aerobe Bakterien (Richtwert: $10^4/g$), 10^3 coliforme Bakterien (Richtwert: $10/g$), 10^2 *Escherichia coli* (Richtwert: $3/g$), 10^2 *Staphylococcus aureus* (Richtwert: 10), 10^4 *Bacillus cereus* (Richtwert: 10^2) auftreten sollten. In den durch diese Anforderungen gesteckten Rahmen ordnen sich die untersuchten Vollkorn-erzeugnisse bis auf wenige Ausnahmen ein, wenngleich sich die mikrobiologisch-hygienische Qualität einer Reihe von Proben mehr der oberen Grenze des noch duldbaren Bereiches annähert als dem darunterliegenden Richtwert.

Bei der schlußendlichen Beurteilung der nachgewiesenen Keimzahlen muß jedoch mit in Betracht gezogen werden, daß die diätetischen Lebensmittel, für die die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen oder von anderer Seite empfohlenen Anforderungen an deren mikrobiologisch-hygienische Qualität gelten, in der Regel vor der Zubereitung einem Erhitzungsprozeß unterliegen, durch den eine Inaktivierung der Mikroorganismen herbeigeführt wird oder jedoch zumindest unmittelbar nach ihrer Zubereitung verzehrt werden. Demgegenüber wird für die Getreidevollkorn-erzeugnisse vielfach empfohlen, sie zum besseren Aufschluß ihrer Inhaltsstoffe zuvor für eine mehr oder weniger lange Zeit in Wasser oder einer anderen Flüssigkeit einzuweichen. Bei einer derartigen Zubereitung ist eine Vermehrung der dem Getreidekorn bzw. seinen Mahlprodukten anhaftenden Mikroflora nicht zu umgehen. Es kann sodann die Keimzahl einen Umfang erreichen, der nach allgemeingültiger Anschauung als gesundheitsgefährdend angesehen wird.

Die Hersteller sollten daher auf eine gleichmäßigere mikrobiologisch-hygienische Qualität der von ihnen vertriebenen Erzeugnisse achten. Nach den dargelegten Befunden zu urteilen, wird es allein schon durch Eingrenzung des derzeit bestehenden, z. T. recht weiten Schwankungsbereiches des mikrobiellen Keimgehaltes der Getreidevollkorn-erzeugnisse zu erreichen sein, daß die mikrobiologisch-hygienische Qualität dieser Produkte noch enger den für diätetische Lebensmittel festgesetzten bzw. empfohlenen Richtwerten folgt.

Die möglichen Ansatzpunkte für eine Verbesserung der Situation zeichnen sich bereits an den vorliegenden Befunden ab. Da Chargen mit überhöhtem mikrobiellen Keimgehalt bei Erzeugnissen bestimmter Hersteller häufiger auftreten oder davon vornehmlich gewisse Erzeugnisse, insbesondere solche, die aus einer Mischung mehrerer Getreidearten bestehen, betroffen sind, wird eine Rohstoffkontrolle eine bessere Sicherung der mikrobiologischen Qualität des erzeugten Produktes herbeiführen können. Zum anderen sind die Hersteller von Getreidevollkorn-erzeugnissen bestrebt, nur Rohstoffe zu verarbeiten, die mit chemischen Mitteln des Vorratsschutzes nicht in Berührung gekommen sind. Da aber Insekten, Nager und Vögel als wesentliche Überträger von Mikroorganismen auf das lagernde Getreide in Betracht kommen, sollte der Hersteller von Getreidevollkorn-erzeugnissen nicht nur auf die Fernhaltung von Insektiziden und Pestiziden von den Rohstoffen achten, sondern zur Wahrung der dadurch in starkem Maße in Gefahr geratenden mikrobiologischen Qualität der Rohstoffe gleichzeitig be-

Tabelle 5
Die mikrobiologisch-hygienische Qualität von Getreide und Getreidevollkorn-erzeugnissen.

| Keimart | Richtwert | Getreide (Spicher, 1972) | Anteil der Keimgehalte (%) | | |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|--|---------|
| | | | Ganzkorn | Getreidevollkorn-erzeugnisse Schrot | Flocken |
| Mes. Bakterien | $< 3,0 \times 10^6$ | 62—78 | 65 | 90 | 100 |
| Sporenbildner | < 100 | 82 | 68 | 55 | 89 |
| Coliforme Bakterien | < 10 | 75—95 | 71 | 30 | 100 |
| <i>Escherichia coli</i> | < 1 | 92—98 | 96 | 64 | 100 |
| Faekale Streptokokken | < 10 | 90—95 | 75 | 40 | 100 |
| Schimmelpilze | 6×10^4 | 70—85 | 65 | 68 | 100 |

sondere Anstrengungen unternehmen, alle sich anderweitig bietenden technologischen Maßnahmen zu nutzen, um diese so weitgehend wie möglich frei von Vorratsschädlingen zu halten. Schließlich sollten auch die sich von Seiten des Reinigungs- und Vermahlungsdiagrammes bietenden Möglichkeiten (Spicher, 1968; Spicher und Zwingelberg, 1972; 1979; Spicher und Weipert, 1974) in die Überlegungen über die zu treffenden Maßnahmen zur Beeinflussung der mikrobiologisch-hygienischen Qualität der Rohstoffe und der aus ihnen herzustellenden Getreidevollkornernzeugnisse einbezogen werden.

5. Zusammenfassung

Es wurde eine Erhebung durchgeführt über die mikrobiologische Qualität der in der Bundesrepublik Deutschland hergestellten und im Handel befindlichen Getreidevollkornernzeugnisse.

Die Erhebung erstreckte sich auf 184 Produkte (96 aus Ganzkorn, 78 aus Schrot, 10 aus Getreideflocken bestehend) fünf verschiedener Hersteller. Die mikrobiologische Qualität der Ganzkorn-Produkte ordnete sich weitgehend dem Brotgetreide zu. Bei der Mehrzahl traten je g bis zu 3×10^6 mesophile Bakterien, 100 Sporenbildner, 10 coliforme Bakterien (Nachweis von *E. coli* in 12,7% der untersuchten Erzeugnisse), 10 faekale Streptokokken und 6×10^4 Schimmelpilze aus.

Die geschroteten Produkte wiesen sich z. T. durch höheren Gehalt an Sporenbildnern, coliformen Bakterien und faekalen Streptokokken auf. Ebenfalls trat auch *Escherichia coli* häufiger auf.

Ein erhöhter Gehalt an den sog. Hygienekeimen fand sich insbesondere bei Erzeugnissen, die sich aus einer Mischung mehrerer, u. a. nicht dem Brotgetreide zuzurechnenden Getreidearten zusammensetzten.

Eine enger umgrenzte Mikroflora (nicht mehr als $4,5 \times 10^6$ mesophile Bakterien, 3,4 coliforme Bakterien, 23 faekale Streptokokken, $2,0 \times 10^5$ Schimmelpilze/g) war bei enthülsten Getreidevollkornernzeugnissen festzustellen.

Der mikrobielle Keimgehalt der Roggen- und Weizenflocken ging über $2,8 \times 10^4$ mesophile Bakterien, 3,6 coliforme Bakterien, 2,6 faekale Streptokokken und $5,0 \times 10^3$ Schimmelpilze/g Erzeugnis nicht hinaus.

Summary

An inquiry was made on the micro-biological quality of cereal wholemeal products manufactured and commercially available in the Federal Republic of Germany.

The inquiry is covering 184 products (96 full grain, 78 graded cereals, 10 cereal flakes) originating from five different manufacturers. The micro-biological quality of fullgrain products is largely following the pattern of breadmaking cereals. Most of them had, per g, up to 3×10^6 mesophile bacteria, 100 spore-forming germs, 10 coliform bacteria (identification of *E. coli* in 12.7% of products examined), 10 fecal streptococci, and 6×10^4 mould fungi.

The coarse-ground products, or at least some of them, showed higher contents of spore-forming germs, coliform bacteria and fecal streptococci. *Escherichia coli* occurred more frequently, too.

An increased content of so-called hygienic germs was found above all in products composed of several, including non-breadmaking, cereals.

Lower micro-flora values (not more than 4.5×10^6 mesophile bacteria, 3.4 coliform bacteria, 23 fecal streptococci, 2.0×10^5 mould fungi per g) were found in hulled cereal wholemeal products.

The microbial germ content in rye and wheat flakes did not exceed 2.8×10^4 mesophile bacteria, 3.6 coliform bacteria, 2.6 fecal streptococci, and 5.0×10^3 mould fungi per gram.

Résumé

On a effectué une recherche sur la qualité microbiologique des produits à base de grains complets fabriqués et commercialisés en République Fédérale d'Allemagne.

La recherche a porté sur 184 produits (96 de grains entiers, 78 de grains égrugés et 10 de flocons de céréales) provenant de cinq fabricants différents. La qualité microbiologique des produits de grains entiers dépend en grande partie des céréales. Pour la plupart, on a trouvé par g jusqu'à 3×10^6 bactéries mésophiles, 100 sporulants, 10 bactéries coliformes (décèlement de *E. coli* dans 12,7% des produits examinés), 10 streptocoques fécaux et 6×10^4 moisissures.

Les prouits égrugés se distinguaient en partie par une teneur plus élevée en sporulants, bactéries coliformes et streptocoques fécaux. Il y avait aussi plus fréquemment de l'*Escherichia coli*.

On a trouvé une teneur plus élevée en ce qu'on appelle des bactéries hygiéniques, en particulier dans les produits composés d'un mélange de plusieurs sortes de céréales parmi lesquelles certaines ne faisant pas partie des céréales pour pain.

On a décelé une microflore plus limitée (pas plus de $4,5 \times 10^6$ bactéries mésophiles, 3,4 bactéries coliformes, 23 streptocoques fécaux, $2,0 \times 10^5$ moisissures/g) sur les produits fabriqués avec des grains entiers émondés.

La teneur microbienne des flocons de seigle et de blé ne dépassait pas $2,8 \times 10^4$ bactéries mésophiles, 3,6 bactéries coliformes, 2,6 streptocoques fécaux et $5,0 \times 10^3$ moisissures pour un g de produit.

LITERATUR

- 1) Microorganisms in Foods, Volume II Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications. Sponsored by „The International Commission on Microbiological Specifications for Foods“. University of Toronto Press, Canada, 1974.
- 2) Spicher, G.: Vergleichende Untersuchungen über die Mikroflora des Getreides. Zbl. f. Bakt. II. Abt. 109 (1956) S. 589–610.
- 3) Spicher, G.: Einleitende Untersuchungen über die Zusammensetzung der Mikroflora des Getreides. Zbl. f. Bakt. II. Abt. 111 (1958) S. 237–248.
- 4) Spicher, G.: Die Mikroflora des Getreides im Reinigungs- und Vermahlungsdiagramm. I. Mitt.: Untersuchungen über die Auswirkung einer Dampfkonditionierung auf den Keimgehalt des Weizens. Getreide und Mehl 10 (1960) 11, S. 125–128.
- 5) Spicher, G.: Die Keimgehaltsermittlung von Getreide und Getreideprodukten und ihre Problematik. Brot und Gebäck 16 (1962) 7, S. 124–134.
- 6) Spicher, G.: Die Mikroflora des Getreides und ihre Wirkung auf die Qualität des Getreides und der Getreideprodukte. Landw. Forschung 22. Sonderheft, 1968.
- 7) Spicher, G.: Untersuchungen über das Auftreten coliformer Bakterien und faekaler Streptokokken in Weizen- und Roggenmehlen. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. 67 (1977) 1, S. 1–4.
- 8) Spicher, G.: Studien zur Frage der Hygiene des Getreides. Zbl. f. Bakt. II. Abt. 127 (1972) S. 61–81.
- 9) Spicher, G.: Zur Frage der mikrobiologischen Qualität von Futterkleien und Speisekleien. Getreide Mehl und Brot 32 (1978) 7, S. 178–181.
- 10) Spicher, G. und D. Weipert: Die Mikroflora des Getreides im Reinigungs- und Vermahlungsdiagramm. III. Mitt.: Untersuchungen über die Auswirkung der Trocknung auf den mikrobiellen Keimgehalt des Getreides. Zbl. f. Bakt. II. Abt. 129 (1974) S. 102–114.
- 11) Spicher, G. und H. Zwingelberg: Die Mikroflora des Getreides im Reinigungs- und Vermahlungsdiagramm. III. Mitt.: Untersuchungen über die Auswirkung der Reinigung auf den mikrobiellen Keimgehalt des Getreides. Zbl. f. Bakt. II. Abt. 127 (1972) 7/8, S. 789–806.
- 12) Spicher, G. und H. Zwingelberg: Das Verhalten der Mikroflora im Verlaufe der Reinigung und der Vermahlung des Getreides. Getreide Mehl und Brot 33 (1979) 1, S. 11–17.

Danksagung

Meiner Mitarbeiterin, Frau Ingeborg Sonntag, danke ich für die sehr gewissenhafte und umsichtige Durchführung der Untersuchungen.