

Kurzmitteilung

Vergleichende Untersuchungen zum bakteriellen und mykologischen Status von ökologisch und konventionell angebautem Getreide

H. Marx, B. Gedek und B. Kollarczik

Institut für medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre
(Vorstand: Prof. Dr. O.-R. Kaaden).

Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Comparative investigations on bacterial and mycological status of both alternatively and conventionally grown crops

Zusammenfassung: Weizen- und Roggenproben aus alternativem sowie konventionellem Anbau ($n = 201$) wurden auf ihren Keimgehalt untersucht. Die aerobe Gesamtkeimzahl lag bei allen Proben unter $10^{7,7}$ Keime/g Getreide. Die bakterielle und mykologische Kontamination entsprach in Art und Höhe dem typischen Besatz erntefrischen Getriebes. Es war zwischen ökologisch und konventionell erzeugtem Weizen bzw. Roggen jeweils kein Unterschied festzustellen. Eine Korrelation zwischen dem Tausendkorngewicht der Getreideproben und einer der ermittelten Keimzahlen konnte nicht festgestellt werden.

Summary: Wheat and rye derived from conventional and from alternative or ecological production was examined for bacterial and fungal contamination. The overall bacterial and fungal contamination was lower than $10^{7,7}$ germs/g. The amount and type of germs in the grain corresponded to typical contamination of fresh crop. No difference in germ contamination of both conventionally and alternatively grown wheat and rye could be found. No correlation between bacterial or fungal contamination and thousand-kernel-weight was detected.

Schlüsselwörter: Ökologischer Getreideanbau – konventioneller Getreideanbau – Keimflora – Feldpilze – Tausendkorngewicht

Key words: Ecological grain production – conventional grain production – germ contamination – field fungi – thousand-kernel-weight

Einleitung

Landwirtschaftliche Produkte, die aus sogenannten ökologischen oder alternativen Anbauverfahren stammen, gewinnen laufend an Bedeutung. Eine weitere Zunahme der alternativen Nahrungsmittelproduktion ist zu erwarten, da sie durch vermehrtes Verbraucherinteresse, staatlich subventionierte Extensivierungsprogramme und gesetzliche Regelungen gefördert wird. Deshalb ergibt sich auch die Frage, ob und wenn ja, welche Unterschiede im Bezug auf die Keimbelaistung zwischen ökologisch und konventionell erzeugtem Getreide bestehen. Eine Möglichkeit zur Beurteilung

des mikrobiologischen Zustandes von Getreide stellt die aerobe Gesamtkeimzahl dar. Hohe Keimzahlen können aber nicht nur von Verderb, sondern auch von der Primärflora des Getreides herrühren (6, 13). Ein weiteres Kennzeichen für den mikrobiellen Verderb von Getreide sind veränderte Anteile der „Gelbkeime“, Kokken und Hefen an der Gesamtkeimzahl (1, 11, 13). Bei den „Gelbkeimen“ handelt es sich um Spezies der Familie der Enterobacteriaceae, die gelbes Pigment bilden (11). Diese Keimgruppe setzt sich vor allem aus der Spezies *Erwinia herbicola* (87 %) und Arten der Gattung *Enterobacter* (13 %, darunter überwiegend *E. agglomerans* und *E. cloacae*) zusammen. Darüber hinaus spielt für den qualitativen Zustand von Getreide der Gehalt an Schimmel- und Schwärzepilzen eine wesentliche Rolle (3, 4). Unter den Schimmel- und Schwärzepilzen haben – wegen ihrer Fähigkeit zur Mykotoxinsynthese – vor allem die zu den Feldpilzen gehörenden Fusarien und Alternarien, aber auch die zu den Lagerungspilzen gerechneten Aspergillen und Penicillien besondere Bedeutung. Aus der Gruppe der Schimmel- oder Fadenpilze, deren Kolonien wollige oder strähnige Oberflächenbeschaffenheit aufweisen, bilden Fusarien unter anderem Zearalenon und Trichothecene, Aspergillen und Penicillien produzieren Aflatoxine und Ochratoxine (4). Schwärzepilze oder *Dematiaceae* haben koloniemorphologisch die schwarze Pigmentierung gemein. Unter ihnen bilden vor allem die Alternarien die Mykotoxine Alternariol und Altenuen (5). Wachstum und Entwicklung sowie Toxinbildung von Schimmel- und Schwärzepilzen unterliegen in besonderem Maße klimatischen Faktoren. Feuchtes und windiges Wetter zum Zeitpunkt der Infektion, kühles und regnerisches Wetter während der Wachstumsphase sowie milde klimatische Bedingungen im Winter sollen die Ausbreitung und Vermehrung der Feldpilze stark begünstigen (14, 16). Dies erklärt die starke Abhängigkeit einer Pilzkontamination von Anbaujahr, Anbauzeitpunkt und Anbauort. Fusarien sind darüber hinaus die Erreger von Pflanzenkrankheiten (Ährenfusariosen, Blatt- und Fußkrankheiten).

Material und Methoden

Getreideproben

Die 201 untersuchten Roggen- und Weizenproben der Ernte 1991 stammten aus dem Vertragsanbau einer großen oberbayerischen Mühle. In bayerischen Betrieben waren 100 Proben unter herkömmlichem Regime angebaut worden, während 101 Proben mit ökologischen oder alternativen Anbaumethoden (kein Einsatz von stickstoffhaltigen Mineraldüngern und Pestiziden, keine Saatgutbeizung) kultiviert worden waren. Die Proben wurden unmittelbar nach der Anlieferung des Getreides in der Mühle gezogen und bis zur Analyse aerob in Kunststoffbehältern bei Zimmertemperatur (18 °C) gelagert. Die längste Lagerdauer von der Probennahme bis zur Untersuchung betrug 3 Monate.

Keimzahlbestimmung

Die Keimzahlbestimmung wurde nach dem Oberflächen-Spatelverfahren (12) durchgeführt. Hierzu wurden 10 g grob zerstoßene Getreidekörner in 90 ml sterile Pepton-Pufferlösung mit 1 % Tween 80 (Tween 80, MERCK Nr. 822187) gegeben, 20 Minuten geschüttelt und eine dekadische Verdünnungsreihe bis 10^{-5} ebenfalls mit dem genannten Medium hergestellt. Zur Bestimmung der aeroben Gesamtkeimzahl und zur Keimdifferenzierung wurden folgende Nährböden verwendet: Czapek-Dox-

Agar (MERCK, Nr. 5460) zum Nachweis von Schimmelpilzen (*Mucoraceae*, *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.*) und Schwärzepilzen (*Dermataceae*; *Cladosporium spp.*, *Alternaria spp.*, *Auerobasidium pullulans*), Sabouraud-Agar mit 2 % Glucose (MERCK, Nr. 7315) zur Bestimmung der hefeartigen Pilze (*Candida spp.*, *Rhodotorula spp.*, andere Hefen), Violet-Red-Bile-Agar (OXOID, Nr. CM 107) zum Nachweis der *Enterobacteriaceae*, Nähragar (MERCK, Nr. 5450) zur Bestimmung der aeroben Gesamtkeimzahl, der Gruppe der Gelbkeime und der Kokken sowie Merckoplate-Blutagar (MERCK, Nr. 13414). Die quantitative und qualitative Auswertung erfolgte nach fünf Tagen Inkubation bei 22 °C unter aeroben Bedingungen.

Bestimmung des Tausendkorngewichtes

Zur Bestimmung des Tausendkorngewichtes wurden jeweils 100 Körner abgewogen und auf 1000 Körner hochgerechnet.

Statistisch-biometrische Auswertung

Zur statistisch-biometrischen Auswertung der ermittelten Daten wurde das Programm NCSS, Ver. 5.03 herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Aerobe Gesamtkeimzahl und bakterielle Kontamination

Das Keimspektrum der untersuchten Proben entsprach dem typischen Besatz von erntefrischem Getreide (6, 10). Die ermittelten Keimzahlen lagen in allen untersuchten Proben zwischen $10^{5,1}/\text{g}$ Getreide und $10^{7,6}/\text{g}$ Getreide. Die von (13) angegebene absolute Obergrenze für Gelbkeime auf erntefrischem Getreide ($10^{7,0}$ Keime/g) wurde – unabhängig von der Anbauweise und Getreideart – von 13,5 % (n = 27) der untersuchten Proben um maximal 0,6 dekadische Logarithmusstufen überschritten. Ein Kokkenanteil an der Gesamtkeimzahl über 85 %, nach (11) ein Verderbskennzeichen, konnte insgesamt in fünf Proben festgestellt werden. Es handelte sich dabei um zwei Roggenproben aus konventionellem und eine Roggenprobe aus alternativem Anbau sowie je eine Weizenprobe aus alternativem und aus konventionellem Anbau. Diese Proben waren in keinem Fall identisch mit denjenigen, die die überhöhten Keimzahlen aufwiesen. Die Differenz in den Medianwerten der logarithmierten Keimzahlen zwischen ökologisch erzeugtem Getreide gegenüber Getreide aus konventioneller Anbauweise war nur gering (< 0,5 Logarithmusstufen pro g Getreide, vgl. Tab. 1). Dieses Ergebnis deckt sich mit anderen Befunden (1, 2, 9), welche keine oder nur sehr geringe Unterschiede (< 0,5 Logarithmusstufen pro g Getreide) in der bakteriellen Keimzahl von Weizen bzw. Roggen aus alternativer und konventioneller Erzeugung erbrachten. Eine Ursache für die vergleichsweise hohe Keimbefestigung mit gramnegativen Stäbchenbakterien könnte – neben methodischen Einflüssen – das Vorliegen erntefrischen Materials gewesen sein, das höhere Keimzahlen aufweisen kann als gelagertes Getreide (13).

Tab. 1. Übersicht über die Medianwerte der Keimzahlen (dekadisch logarithmiert) in alternativ bzw. konventionell erzeugten Roggen- und Weizenproben

log(10) KBE/g	Probenmaterial			
	Roggen konventionell	Roggen ökologisch	Weizen konventionell	Weizen ökologisch
Gesamtkeimzahl	7,2	6,9	7,2	7,0
Enterobacteriaceae	6,9	6,6	7,0	6,6
Gelbkeime	6,7	6,4	6,7	6,4
Kokken	6,9	6,7	6,7	6,7
Hefeartige Pilze	4,6	4,9	4,5	4,9
Schimmelpilze	3,9	3,3	3,6	3,3
Schwärzepilze	4,0	4,4	3,9	4,2

Pilze

Die Keimzahlen für hefeartige Pilze lagen unter $10^{6,2}/\text{g}$ Getreide. Bei Schimmelpilzen und Schwärzepilzen wurden Keimzahlen bis zu $10^{5,2}/\text{g}$ bzw. $10^{6,2}/\text{g}$ Getreide nachgewiesen. Die Mediane der Pilzkeimzahlen pro Gramm ökologisch bzw. koventionell erzeugtem Getreide lagen um weniger als 0,6 Logarithmusstufen auseinander (vgl. Tab. 1). Die Belastung der Proben mit Pilzen lag damit über dem Niveau der Erntejahre 1989 und 1990 in den alten Bundesländern (1). Auch die von (9) in rheinischen Betrieben im Erntejahr 1985 in alternativ und in konventionell erzeugtem Weizen und Roggen festgestellten Keimzahlen (bis $10^{5,0}$ bzw. bis $10^{5,6}/\text{g}$ Getreide) waren niedriger. Diese Differenzen in den Pilzkeimzahlen sind auf regional unterschiedliche und jährlich wechselnde klimatische Einflüsse zurückzuführen (5, 14, 16). Eine Differenzierung der Schimmelpilze zeigte, daß das Probenmaterial vor allem mit Feldpilzen der Gattung *Fusarium* bei geringem Vorkommen der Lagerpilzarten *Aspergillus* und *Penicillium* kontaminiert war, was für erntefrisches Getreide typisch ist (8).

Tausendkorngewicht

Eine Korrelation zwischen dem Tausendkorngewicht und dem Keimbesatz oder der Fusarienbelastung war nicht festzustellen. Dies steht im Gegensatz zu Arbeiten anderer Autoren (15), die einen Zusammenhang zwischen Korngröße und Bakteriengehalt bzw. Schimmelpilzkeimgehalt nachweisen konnten.

Schlußfolgerungen

Hinsichtlich des bakteriologischen und mykologischen Status von ökologisch und konventionell angebautem Getreide konnte mit den durchgeföhrten Untersuchungen kein wesentlicher Unterschied festgestellt werden. Dies trifft für Roggen und Weizen in gleichem Maße zu.

Literatur

1. Beck R, Lepschy J, Steinke S, Süß A (1991) Untersuchungen zur Kenntnis der Mikrobiologie von Braugerste und Brauweizen. *Brauwelt* 51/52:2472–2508
2. Böhm J, Schuh M, Leibetseder I, Kessler O, Gobber H (1986) Microbiological and mycotoxicological status of cereals and its products cultivated conventionally as well as alternatively in Austria. 2nd World Congress Foodborne Infections and Intoxications. Proceedings. Volume II. Berlin, Bundesgesundheitsamt, Presse- und Informationsstelle
3. Chelkowski J, Golinski P (1983) Mycotoxins in cereal grain part VII. A simple method to assay mycotoxin potential of cereal grain and cereal products. *Die Nahrung* 27(4):305–310
4. Böhm KH (1989) Entwicklungsbedingungen für toxinbildende Pilze. *Dtsch Tierärztl Wschr* 96:339–341
5. Frank HK (1991) Verbreitung von Mykotoxinen in Futtermitteln. VII. Internationaler Kongreß für Tierhygiene, Band III. Leipzig 20.–24. August 1991, 3:952–957
6. Gedek B (1974) Möglichkeiten und Grenzen der mikrobiologischen Futtermittelkontrolle. *Dtsch Tierärztl Wschr* 81:29–52
7. Gedek B (1991) Risikoabschätzung und gesundheitliche Aspekte der Verwendung mykotoxinhaltiger Futtermittel beim Nutztier. VII Int Kongreß für Tierhygiene, Band III. Leipzig 20.–24. August 1991, 3:946–951
8. Gedek B (1993) Persönliche Mitteilung
9. Hindorf H, Roßa E (1986) Untersuchungen zur Bakterien- und Pilzflora des Getreidekornes aus konventionell und alternativ bewirtschaftetem Anbau. Deutsche Pflanzenschutztagung, Mitteilungen der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 232:162
10. Internationale Arbeitsgemeinschaft für Mikrobiologie (1993) unveröffentlicht
11. Pioch G (1991) Indikatorkeime für die Bewertung der Futtermittelqualität. VII Int Kongreß für Tierhygiene, Band III. Leipzig 20.–24. August 1991, 3:930–933
12. Rolle M, Mayr A (1984) Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. Enke Verlag, Stuttgart, 5 Auflage, 653–658
13. Schmidt HL (1991) Mikrobiologische Richtwerte für die Futtermittelbeurteilung. VII Int Kongreß für Tierhygiene, Band III. Leipzig 20.–24. August 1991, 3:923–928
14. Spicher G (1984) Das Auftreten von Mykotoxinbildnern bei Getreide und Mais. *Getreide, Mehl und Brot* 10:302–307
15. Spicher G, Zwingelberg H (1979) Die Mikroflora des Getreides im Reinigungs- und Vermahlungsdiagramm. *Zbl Bakt II Abt 135*:313–327
16. Trenholm HL, Prelusky DB, Young JC, Miller JD (1989) A practical guide to the prevention of Fusarium mycotoxins in grain and animal feedstuffs. *Arch Environ Contam Toxicol* 18:443–451

Eingegangen 9. Mai 1994
akzeptiert 16. Juni 1994

Für die Verfasser:

Dr. Hans Marx, Institut für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs (Lehrstuhl Prof. Dr. A. Stolle), Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, Veterinärstraße 13, 80539 München