

3 Frischsalate und Keimlinge

U. SCHILLINGER und B. BECKER

3.1 Mischsalate

3.1.1 Definition und Bedeutung

Mischsalate sind Rohkostsalate aus vorzerkleinerten und gewaschenen Gemüsen unterschiedlicher Art, die, in Folienbeutel abgepackt, im Einzelhandel angeboten werden. Außerdem werden solche Frischsalate von Herstellerfirmen in größeren Gebinden für Großküchen und Restaurationsbetriebe produziert und in Salatbars zur Selbstbedienung angeboten. Da die Produkte lediglich gewaschen und geschnitten und nicht weiterverarbeitet werden, sind sie als Halbfertigprodukte anzusehen. Als Mindesthaltbarkeit wird bei Kühlung unter 6 °C eine Zeitspanne von maximal 6 bis 7 Tagen angegeben.

3.1.2 Mikrobiologie der Rohware

Im Handel erhältliche Mischsalate variieren in ihrer Zusammensetzung. Es überwiegen Blattgemüse wie Endivien, Eisbergsalat, Radicchio, Frisee, Chicoree, Chinakohl, Weißkohl und Blaukraut in unterschiedlichen Mengenanteilen. Diese können durch Wurzelgemüse wie Karotten und Sellerie und Fruchtgemüse wie Mais und Paprika ergänzt werden.

3.1.2.1 Blattsalat

Ein Hauptbestandteil der Mischsalate ist Endivien- (*Cichorium endivia* L.) und Kopfsalat (*Lactuca sativa* L.), bzw. dessen Varietäten wie Eisbergsalat, Batavia-Salat, Lollo rosso usw. Die mit den Blättern eingebrachten Keime tragen wesentlich zur Gesamtbelastung des Produktes bei. Auf frisch geerntetem Kopfsalat lassen sich Bakterien in Keimzahlen von 10^5 bis 10^7 pro Gramm nachweisen. Hefen kommen in etwas geringerer Zahl vor (10^3 bis 10^6 pro Gramm). Ein bis zwei Wochen alte Endiviensalatsetzlinge, die im Gewächshaus gezogen werden, weisen zwischen 10^2 und 10^3 Keime pro cm^2 Blattfläche auf [22]. In den Keimzahlen können beträchtliche jahreszeitliche Schwankungen auftreten. Außerdem werden die Keimzahlen von der Witterung, dem Boden, der Düngung und der Qualität des Spritzwassers beeinflusst. Zum Beispiel ist nach Trockenperioden mit besonders hoher Staubbelastung und nach längeren Regenperioden durch Verunreinigungen mit Schlamm mit einer erhöhten mikrobiellen Kontamination zu rechnen.

Die äußeren Blätter sind am stärksten mit Mikroorganismen kontaminiert; sie weisen in der Regel um mindestens eine Zehnerpotenz höhere Keimzahlen als die

folgenden Blätter auf. Im innersten Bereich des Salatkopfes kann die Keimzahl bis auf 30 pro Gramm zurückgehen [20]. Zwischen den Blättern derselben Pflanze können beträchtliche Unterschiede hinsichtlich Art und Anzahl der Mikroorganismen auftreten.

Bei den von Kopfsalat zu isolierenden Bakterien handelt es sich zu über 95 % um Gram-negative Stäbchen; darunter besonders um Arten der Gattung *Pseudomonas* sowie verschiedene Vertreter der Enterobakterien, besonders *Enterobacter*-Arten wie *Enterobacter cloacae* und *Enterobacter agglomerans*, außerdem *Erwinia herbicola*, *Erwinia carotovora*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia marcescens*, *Klebsiella pneumoniae* und *Citrobacter*-Arten [17], seltener auch *Flavobacterium*, *Xanthomonas*, *Janthinobacterium* und *Alcaligenes* [15]. Diese Bakteriengruppen, darunter besonders pektinolytische Pseudomonaden, werden für den Verderb verantwortlich gemacht. Gram-positive Organismen wie Milchsäurebakterien und Bazillen sind nur in sehr geringer Zahl auf frischem Kopfsalat vorhanden.

Die auf solchen Salaten vorkommende Hefeflora ist sehr vielfältig. Zu finden sind u. a. verschiedene Arten der Genera *Candida*, *Pichia*, *Cryptococcus*, *Torulasporea* und *Trichosporon*. Aufgrund ihres im Vergleich zu den Bakterien langsameren Wachstums tragen Hefen aber wahrscheinlich kaum zum Verderb von Kopfsalat bei.

Pilze kommen seltener und nur unregelmäßig auf Kopfsalat vor. Zu isolieren sind am häufigsten Penicillien, aber auch Vertreter der Gattungen *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Phoma* und *Aspergillus* [15].

3.1.2.2 Andere Salatbestandteile

Mischsalate können neben Blattsalaten vielerlei andere Arten von Gemüse enthalten. Neben Wurzelgemüse wie Karotten, Sellerie oder Radieschen werden auch Kohllarten wie Weißkraut und Fruchtgemüse wie Gurken, Mais und Paprika verwendet. Zum Teil werden den Mischsalaten auch Keimlinge, Tofu, Pilze und andere Produkte beigemischt.

Wurzelgemüse sind durch den engen Kontakt mit dem Boden hauptsächlich mit Bodenorganismen kontaminiert. Fruchtgemüse enthalten ein ähnliches Keimspektrum wie die Blattsalate. Durch den größeren Abstand vom Boden sind die Keimzahlen allerdings meist etwas niedriger. Die vorhandenen Mikroorganismen entstammen der Luft, dem Spritzwasser und eventuell verwendeten organischen Düngern.

3.1.3 Verarbeitung

3.1.3.1 Waschen und Schneiden

Das geputzte Rohmaterial wird maschinell geschnitten und meist unter fließendem Wasser mehrmals gewaschen. Durch das Waschen werden etwa 90 % der dem Pflanzenmaterial anhaftenden Bakterien entfernt (Tab. 3.1): Um den Effekt der Keimreduzierung zu verstärken, setzen manche Hersteller dem Wasser organische Säuren wie z. B. Zitronen-, Äpfel- oder Weinsäure oder deren Mischungen zu.

Tab 3.1 Änderung der Keimzahlen während der Verarbeitung von Mischsalaten (in KBE¹/g) [21]

	Gesamtkeimzahl	Pseudomonaden	Enterobakterien	Coliforme
Schneiden	$4,5 \times 10^7$	$9,0 \times 10^7$	$7,3 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$
Waschen	$9,0 \times 10^5$	$2,9 \times 10^6$	$6,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10^2$
Schleudern	$8,0 \times 10^5$	$1,9 \times 10^6$	$3,2 \times 10^4$	$1,2 \times 10^3$
Mischen	$7,7 \times 10^5$	$2,4 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$3,9 \times 10^3$
Waschwasser	$7,5 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$	$8,0 \times 10^4$	$7,4 \times 10^3$

¹ KBE = koloniebildende Einheiten

Solange das Salatblatt intakt ist und die Epidermis keine Verletzungen aufweist, besiedeln Mikroorganismen nur dessen Oberfläche und haben nur beschränkte Vermehrungschancen. Durch das Schneiden des Salates werden diese Bakterien auf die Schnittfläche verteilt und finden in dem austretenden Zellinhalt ein nährstoffreiches Milieu und damit gute Wachstumsbedingungen vor. Besonders groß sind die Zellsaftverluste bei schlecht geschliffenen Messern, die größere Wundränder verursachen. Bei der Verwendung von stumpfen Messern wurden bis zu drei mal so hohe Verluste an Zellsaft gemessen. Bei stärkerer Zerkleinerung erhöht sich außerdem die Respirationsrate des Gewebes, und die Angriffsmöglichkeiten der Bakterien vervielfältigen sich.

3.1.3.2 Verpacken und Kühlung

Nach dem Schneiden, Waschen und Mischen der verschiedenen Salatkomponenten wird das Material im Kaltluftstrom in Schleudern getrocknet und auf etwa 3 °C gekühlt. Anschließend werden die Salatmischungen portionsweise in Polyethylen- oder Polypropylenbeutel verpackt.

Innerhalb des Folienbeutels entsteht ein das Wachstum der Bakterien und Pilze begünstigendes Mikroklima, das sich durch hohe Luftfeuchtigkeit und eine Ver-

schiebung des Sauerstoff-Kohlendioxidverhältnisses auszeichnet. Der Mischsalat baut sich selbst eine spezielle Atmosphäre auf, die einerseits von der Gasdurchlässigkeit des Verpackungsmaterials und andererseits von der Atmungs- und Stoffwechselaktivität des pflanzlichen Gewebes sowie der Mikroorganismen abhängt. Während sich im Laufe der Lagerung die Atmungsaktivität der Pflanzenmasse immer mehr verringert, nimmt die der Mikroorganismen zu. Der O_2 -Gehalt sinkt und der CO_2 -Gehalt steigt bis auf Werte von 30 % an. Dadurch ergibt sich eine Verschiebung der Bakterienpopulation von vorwiegend aeroben zu mikroaerophilen Organismen. Die Durchlässigkeit des Verpackungsmaterials darf nicht zu gering sein, damit keine anaeroben Bedingungen entstehen, die zum Stickigwerden des Produktes führen, sollte aber auch nicht zu groß sein, da eine Verlangsamung der Zellatmung wünschenswert ist. Letzteres kann durch die Aufrechterhaltung einer reduzierten Sauerstoff- und einer erhöhten Kohlendioxidkonzentration erreicht werden. So kann eine mit Hilfe von Folien geeigneter Durchlässigkeit erzeugte kontrollierte Atmosphäre aus 1–3 % Sauerstoff und 5–6 % CO_2 zu einer Haltbarkeitsverlängerung beitragen [3]. Eine solche modifizierte Atmosphäre kann auch durch die Verwendung von Schutzgasen aus Sauerstoff, Kohlendioxid und Stickstoff in einem bestimmtem Mischungsverhältnis erzeugt werden [8].

Nach dem Verarbeitungsprozeß liegt die aerobe Gesamtkeimzahl meist zwischen 10^5 und 10^6 pro Gramm. Wird der Salat bei Raumtemperatur gelagert, tritt eine sehr rasche Keimvermehrung ein, und innerhalb von 48 Stunden werden meist Gesamtkeimzahlen von über 10^8 pro Gramm erreicht. Durch Kühlung läßt sich das Mikroorganismenwachstum verzögern; allerdings nimmt die Gesamtkeimzahl aufgrund des hohen Anteils psychrotropher Bakterien auch bei 6 °C innerhalb weniger Tage um mindestens eine Zehnerpotenz zu (Abb. 3.1).

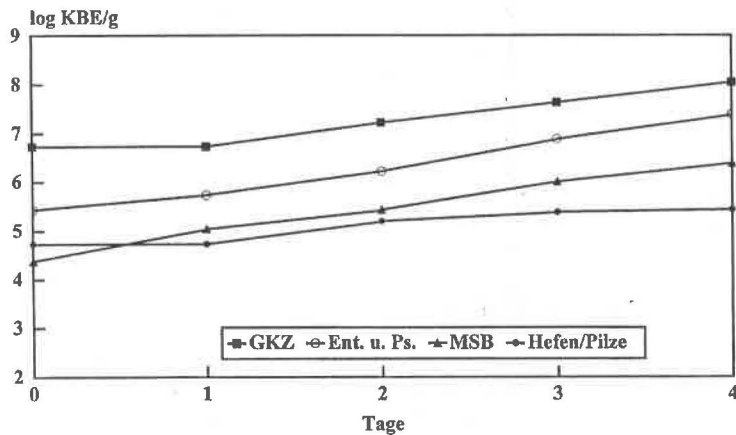


Abb. 3.1 Entwicklung der Gesamtkeimzahl (GKZ), sowie von Enterobakterien und Pseudomonaden (Ent. + Ps.), Milchsäurebakterien (MSB) und Hefen u. Pilzen in bei 6 °C gelagertem Mischsalat

3.1.4 Verderb und Gesundheitsrisiken

Bei zu Beginn der Haltbarkeitsfrist gekauften Mischsalatproben sind Keimzahlen zwischen 5×10^6 und 5×10^7 pro Gramm die Regel. Häufig werden aber auch erheblich höher kontaminierte Produkte gefunden, die Werte von über 10^8 pro Gramm aufweisen (Abb. 3.2).

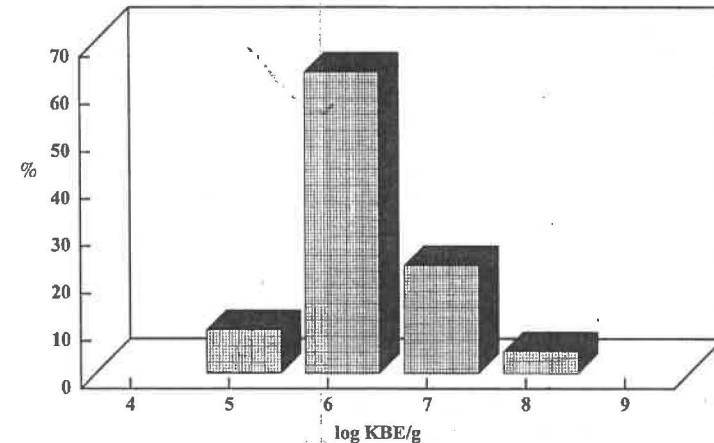


Abb. 3.2 Häufigkeitsverteilung der aeroben Gesamtkeimzahl von in Karlsruhe gekauften Mischsalaten aus dem Jahr 1995

Die zahlenmäßig dominierenden Mikroorganismen sind fast immer Pseudomonaden, gefolgt von Enterobakterien, Milchsäurebakterien, besonders Laktobazillen und Pediokokken, sowie Hefen. Je nach Qualität des Ausgangsmaterials und Zusammensetzung der Mischsalate kommen die Keimgruppen in unterschiedlichen Anteilen vor. Auch dürften saisonale Schwankungen eine Rolle spielen. Ein sehr hoher Anteil der zu isolierenden Stämme gehört den Spezies *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter agglomerans*, *Rhanelia aquatilis* und *Klebsiella pneumoniae* an. Außerdem kommen u. a. *Serratia marcescens*, *Citrobacter* sp., *Proteus morganii*, *Erwinia herbicola* und pektinolytisch aktive Stämme von *Erwinia carotovora* vor [14]. Diese Arten werden als typische Vertreter der autochthonen Pflanzenflora betrachtet und gelten als opportunistische Krankheitserreger, d. h. man geht von einem gewissen Gefährdungspotential für immungeschwächte Personen aus. *Escherichia coli* und *Yersinia enterocolitica* wurden auf diesen Produkten kaum beobachtet, und Salmonellen sind in der Regel nicht nachweisbar.

Bei den Pseudomonaden werden neben *Pseudomonas fluorescens* vor allem die Arten *Pseudomonas aureofaciens* und *Pseudomonas chlororaphis* und häufig auch *Pseudomonas cepacia*, *Pseudomonas paucimobilis* und *Pseudomonas mesophilica* [18] gefunden, die zu den ubiquitär vorkommenden Arten gerechnet werden [11]. Pektinolytische Stämme von *Pseudomonas marginalis*, einer zum

Biovar II von *Pseudomonas fluorescens* gehörenden Art, zählen zu den Hauptverderbsorganismen von Salatblättern und können auch in Mischsalaten dominieren, die vorwiegend aus Endiviensalat zusammengesetzt sind [23].

Die Milchsäurebakterienkeimzahlen liegen meist um zwei bis drei Zehnerpotenzen unter denen der Gram-negativen Stäbchen. Bei längerer Lagerung vor allem bei erhöhter Temperatur nimmt ihr Anteil an der Gesamtfloora jedoch deutlich zu (Abb. 3.1).

Listerien wurden wiederholt aus Mischsalaten isoliert. Sie treten jedoch relativ selten und auch nur in sehr geringer Keimzahl ($< 10/g$) auf [6]. *Listeria monocytogenes* ließ sich in verschiedenen Untersuchungen in bis zu 6 % der Proben nachweisen [6]. Versuche mit künstlich kontaminierten Salaten haben gezeigt, daß auch bei Kühlung mit einer Vermehrung von *Listeria* gerechnet werden muß [4, 31]. Auf geschnittenem Endiviensalat vermehrt sich *L. monocytogenes* aber weniger stark als die ebenfalls vorhandenen aeroben mesophilen Bakterien [7].

Staphylococcus aureus kommt in Mischsalaten gelegentlich in niedriger Keimzahl vor. Andere pathogene Gram-positive Bakterien wie *Bacillus cereus* oder *Clostridium perfringens* werden, abgesehen von seltenen Ausnahmefällen, in Mischsalaten nicht gefunden.

Von der Arbeitsgruppe der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie wurden als Richtwerte von Mischsalaten zum Zeitpunkt der Abgabe an den Verbraucher 5×10^7 pro Gramm für aerobe mesophile Organismen und 10^3 pro Gramm für *E. coli* festgelegt [21]. Aufgrund der Ergebnisse einer bundesweiten Erhebung der mikrobiologischen Beschaffenheit von vorzerkleinertem Mischsalaten im Jahr 1989 wurde seitens des Bundesgesundheitsamtes (BGA) eine Senkung des Keimgehaltes auf unter 10^7 pro Gramm und eine Begrenzung von *E. coli* auf 10^2 pro Gramm empfohlen [13].

3.1.5 Nitrat/Nitrit

Die verschiedenen in Mischsalaten enthaltenen Gemüsesorten können größere Mengen an Nitrat enthalten, besonders wenn sie in der sonnenarmen Jahreszeit unter Glas gezogen werden. Nitrat kann durch die meisten der in diesen Produkten dominierenden Gram-negativen Bakterien zu Nitrit reduziert werden. In bei zu hoher Temperatur gelagerten Mischsalaten wurden Nitritgehalte von über 50 mg/kg gefunden [10]. In solchen Fällen wäre der von der WHO festgelegte ADI-Wert von 8 mg Nitrit pro Person und Tag bereits beim Verzehr von 200 g eines solchen Salates überschritten. Die Nitritbildung wird offenbar in geöffneten, kühl gelagerten Folienbeuteln am ehesten unterdrückt (Müller, BFE unveröffentlicht).

3.2 Keimlinge

3.2.1 Allgemeines

Gekeimte Samen, sogenannte Sprossen oder Keimlinge, werden als „neues Wundermittel“ gegen Muskelerkrankungen, Haarprobleme und Verdauungsstörungen angepriesen. Aber der Verzehr von Keimlingen ist keine Erfindung unserer Zeit. Schon im Jahre 2838 v.Chr. wußten die Chinesen die zahlreichen Heilwirkungen der Sprossen zu schätzen. Die westlichen Länder erkannten den Nutzen der Keimlinge erst im 18. Jahrhundert. Rasch erkannte man in der Wissenschaft den hohen ernährungsphysiologischen Wert der Keimlinge. In den USA wurden die Sprossen sogar zur Krebsvorbeugung und Bekämpfung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen eingesetzt.

Die Samen fast aller eßbaren Pflanzen eignen sich zum Keimen, am besten Alfalfa (Luzerne), Rettich, Kichererbsen, Kresse, Kürbiskerne, Linsen, Mungbohnen, Erbsen, Senf, Sonnenblume, Adzukibohnen, Weizen, Roggen, Reis, Hafer, Gerste [1]. Tomaten und Kartoffeln sind nicht geeignet, weil ihre Keime Solanin enthalten, das eine schwere Lebensmittelvergiftung verursachen kann. Der Handel bietet eine reiche Vielfalt an fertigen Sprossen an. Keimlinge kann man auch ohne großen Zeit- und Arbeitsaufwand jederzeit selber ziehen.

3.2.2 Nährwert des Keimgutes

Der wichtigste und qualitativ wertvollste Teil des Korns ist sein Keim. Im Samenkeim befindet sich ein kleiner Pflanzenembryo, der sich während der Keimung in die zukünftige Pflanze fortentwickelt. Wichtigste Voraussetzungen für die Keimung sind Wasser für den Quellvorgang, Sauerstoff zur Atmung, Licht zur Chlorophyllbildung und eine günstige Temperatur. Der Keimling entfaltet viele Stoffwechselaktivitäten: Nährstoffe werden neu gebildet, schon vorhandene Reservestoffe ab- und umgebaut.

Während der Keimung steigt der Gehalt an Vitamin B2 um 65 %, an Vitamin E sogar bis um 116 % [1]. Die Vitamine B1 und C nehmen mit der Keimdauer kontinuierlich um 111 % bzw. 463 % zu [12].

Keimlinge haben einen höheren Gehalt an Ballaststoffen als Frischgemüse. Der Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen ist bei Keimlingen ebenfalls relativ hoch, hängt aber von äußeren Faktoren wie z. B. Standort und Zusammensetzung des Gießwassers ab. Keimlinge sind reich an Calcium, Kalium, Magnesium und Eisen und enthalten mehr Phosphor als z. B. Fisch [24]. Die Sojabohne ist z. B. außergewöhnlich reich an Eisen [16].

Im Verlauf der Keimung werden die komplexen pflanzlichen Kohlenhydrate (hauptsächlich Stärke) zu Mono- und Disacchariden abgebaut. Als Folge tritt bei Getreidekeimlingen ein süßlicher Geschmack auf. Diese Abbauprodukte dienen

der Pflanze als Energiequelle und werden in den jungen, wachsenden Keimling eingebaut.

Eine weitere Energiequelle fettreicher Samen von z. B. Sonnenblumen oder Kürbis ist das Fett. In den ersten Tagen der Keimung werden Fette umgebaut; dadurch erhalten die Keim sprossen einen leicht ranzigen Geschmack. Während der Keimung steigt der Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, vor allem Linolsäure (bei Weizen um fast 50 %). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt ca. 10 g Linolsäure pro Tag für Erwachsene.

Während der Keimung verändert sich auch die Proteinzusammensetzung. Reserveproteine werden zu Polypeptiden, Dipeptiden und Aminosäuren abgebaut. Der Gehalt an essentiellen Aminosäuren in Bohnen steigt um das 5,1fache [29]. Die Keim sprossen enthalten einen hohen Anteil an den essentiellen Aminosäuren Lysin, Methionin und Threonin. Lysin nimmt z. B. im Weizen während des Keimprozesses um 51 % zu [12]. Die Sojabohne besteht zu 35–50 % aus Protein (vorwiegend Glycin) und enthält damit doppelt soviel Eiweiß wie Fleisch.

In der Samen- und Kornschale von Hülsenfrüchten und manchen Getreidekörnern befinden sich auch wertmindernde und zum Teil gesundheitsschädliche antinutritive Substanzen, wie z. B. Phytinsäure, Proteaseinhibitoren und Hämagglutinine, die durch Keimung abgebaut oder inaktiviert werden [9]. Eine Ausnahme sind Kichererbsen; während des Keimens steigt ihr Gehalt an Proteaseinhibitoren sogar an. Es ist zu empfehlen, Kichererbsen nur gelegentlich und nicht roh zu verzehren. Durch thermische Behandlung (5minütiges Blanchieren) wird der größte Teil der unerwünschten Stoffe zerstört.

3.2.3 Keimungstechniken

Zur Keimung werden nur Samen und Getreidekörner aus biologischem Anbau verwendet, die nicht chemisch behandelt sind. Sauber verlesene Samen werden einige Stunden eingeweicht und danach unter dem Einfluß von Feuchtigkeit und Licht in vorher gereinigten Keim schalen bei etwa 20 °C zwei bis fünf Tage gekeimt.

3.2.4 Mikrobielle Belastung

Es darf niemals außer acht gelassen werden, daß es sich bei Keimlingen um „lebendes“ Biomaterial handelt, dessen Lebensdauer und damit seine Haltbarkeit auf eine relativ kurze Frist begrenzt ist.

Bei der Keimung herrschen warme und feuchte Bedingungen, die auch für Bakterien und Schimmelpilze optimal sind. Das ist der Hauptgrund für die hohe mikrobielle Belastung der Keimlinge. Die mikrobielle Qualität der Sprossen ist direkt vom Ausgangsmaterial abhängig. Während des Keimprozesses erreicht die

Gesamtkeimzahl unter aeroben Bedingungen meist Werte zwischen 10^6 und 10^8 pro Gramm. Nach Angaben von MARCY und ADAM [19] wird ein Keimgehalt von 10^5 pro Gramm als Grenze angesehen, oberhalb der es zu gesundheitlichen Schäden kommen kann.

Als dominante bakterielle Kontaminante wurden in mehreren Studien Enterobakterien gefunden [11, 26]. Auf Sproßgemüsen findet man überwiegend *Enterobacter cloacae* und *Klebsiella pneumoniae*. *Enterobacter agglomerans* wurde weniger oft nachgewiesen. So fanden PATTERSON und WOODBURN [27] auf Alfalfa- und Bohnensprossen *Klebsiella pneumoniae* in Keimzahlen von 10^6 pro Gramm. Manche Stämme dieser Spezies sind opportunistisch pathogen und können bei Menschen Gastroenteritis hervorrufen.

In früheren Untersuchungen fand BOMAR [5] auf gekeimten Mungbohnen keine Pseudomonaden, weder *Bacillus cereus* noch Hefen und Schimmelpilze und nur vereinzelt coliforme Bakterien. SPLITSTOESSER et al. [30] isolierten von Mungbohnen nur ein einziges Mal *Escherichia coli*. Die gleichen Autoren ermittelten bei Alfalfasprossen nach drei Tagen Keimung eine Gesamtkeimzahl von über 10^8 pro Gramm, sowie 10^7 coliforme Bakterien und 10^5 Mikrokokken.

Das Auftreten von Lebensmittelvergiftungen in Houston, Texas, im Jahr 1973 war auf den Verzehr von mit *Bacillus cereus* kontaminierten Sprossen zurückzuführen [28].

Hohe Keimzahlen der dominierenden Flora unterdrücken vermutlich manche pathogene Keime. Die Bakterien haften entweder primär auf der Bohnenoberfläche oder werden durch infizierte Schädlinge im Lager übertragen. Modellversuche mit Salmonellen haben gezeigt, daß diese Keime sich auf den Sprossen stark vermehren können [19]. Dieselben Autoren benutzten für die Auskeimung Wasser, das etwa 100 Salmonellen pro ml enthielt. Nach 14 Tagen Auskeimung wurden $1,8 \times 10^7$ Salmonellen pro Gramm roher Sojasprossen nachgewiesen. Eine gründliche vierminütige Spülung dieser Sprossen mit Leitungswasser reduzierte die Keimzahl nur ungenügend. Deshalb ist die Behauptung, Keimlinge enthielten kein gesundheitliches Risiko, falsch. Obwohl pathogene Bakterien wie Listerien oder Salmonellen in geringen Zahlen auch in Keimlingen vorkommen können, ist ihre starke Vermehrung wegen der Konkurrenz anderer saprophytischer, nicht pathogener Bakterien jedoch kaum zu erwarten.

Die Keimzahl von Hefen und Pilzen ist während der Keimung relativ niedrig. Als Hauptkontaminanten findet man *Alternaria* spp., *Aspergillus glaucus*, *Penicillium* spp. und *Aspergillus flavus* [2]. Bei hohen Keimzahlen toxigener Spezies ist auch mit Mykotoxinbildung zu rechnen.

Die hohe mikrobielle Belastung der Keimlinge läßt sich durch intensives Erhitzen auf ca. 10^5 pro Gramm reduzieren. Ein dreiminütiges Eintauchen der Sprossen in kochendes Wasser (Blanchieren) führt zu einer Reduktion der Gesamtkeimzahl von $1,7 \times 10^6$ auf $1,4 \times 10^4$ pro Gramm [19]. Auf diese Art behandelte Keimlinge verlieren jedoch an Vitamin C und möglicherweise auch an anderen Nährstoffen.

Keimlinge

Erst bei fünfminütigen Eintauchen in Wasser mit einer Temperatur von 90 °C wird die Keimbelastung von 10^8 auf 10^3 pro Gramm reduziert [5]. Nach dieser milden Heißwasserbehandlung verbleiben z. B. in Weizenkeimlingen 81–98 % des ursprünglichen Vitamin-C-Gehalts [12].

Durch mehrfaches Waschen mit zwischengeschaltetem Abduschen lassen sich viele Mikroorganismen entfernen. Eine leichte Säuerung des Wassers mit z. B. Essig- oder Zitronensäure (pH-Wert von 4,4 bis 4,5) ist für zahlreiche Schimmelpilze und Hefen wachstumshemmend.

Auf jeden Fall sollte man die Sprossen vor dem Verzehr gründlich waschen, wenn möglich mit verdünntem Essig. Durch Spülen mit 1%iger Essigsäure (zweimal je 5 Minuten) kann die Gesamtkeimzahl unter aeroben Bedingungen um etwa zwei Zehnerpotenzen verringert werden. Die Enterobakterienzahl sinkt nach dieser Behandlung auf weniger als 10^5 Zellen pro Gramm. Zu etwas besseren Ergebnissen führt die Behandlung mit einprozentiger Milchsäure (Abb. 3.3). Durch höhere Säurekonzentrationen und längere Einwirkungszeiten läßt sich eine noch stärkere Keimzahlreduktion erreichen.

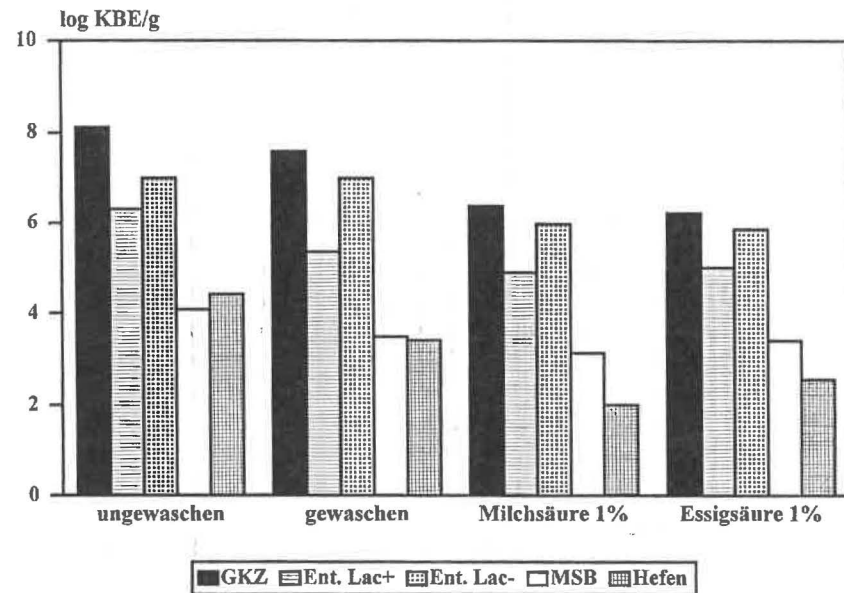


Abb. 3.3 Reduktion der Gesamtkeimzahl (GKZ), Enterobakterien-Lactose positiv (Ent.Lac+), Enterobakterien-Lactose negativ (Ent.Lac-), Milchsäurebakterien (MSB) und Hefen in abgepackten Mungbohnen sprossen durch Waschen mit sterilem, demineralisiertem Wasser, 1%iger Essigsäure bzw. 1%iger Milchsäure

Um keimarme Sprossen zu erhalten, können die Bohnen oder Samen noch vor dem Auskeimen mit Desinfektionsmittel behandelt werden. Die Methode ist in einigen Ländern, aber nicht in Deutschland, zugelassen. In Japan z. B. wurden die Bohnen von *Vigna radiata* Wilcz 30 min bei Zimmertemperatur in eine wässrige Natriumhypochlorit-Lösung, die 150–200 ppm freies Chlor enthielt, eingetaucht [25]. Nach dieser Behandlung wurden noch einige Bakterien nachgewiesen, z. B. *Enterobacter agglomerans*, *E. cloacae*, *E. sakazakii*, *Flavobacterium multivorum* und *Pseudomonas fluorescens*.

3.2.5 Lagerung

Keimlinge sollte man möglichst frisch verzehren. Sie lassen sich aber auch einige Tage im Kühlschrank aufbewahren. Während der Kühlung entsteht eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit, die das Wachstum von Bakterien und Pilzen fördert. Nach vier Tagen Lagerungszeit bei 10 °C steigt die Gesamtkeimzahl z. B. von Mungbohnen von 10^7 auf knapp 10^9 pro Gramm. Die Keimzahlen von Milchsäurebakterien und Hefen verändern sich nur unwesentlich. Bei der Lagerung verändern die Keimlinge auch ihren Geschmack. Für die Haltbarkeit der Keimlinge ist deshalb eine ununterbrochene Kühlkette (4–5 °C) vom Hersteller bis zum Verbraucher unbedingt erforderlich.

Literatur

- [1] AICHER, G.: Keime, Sprossen, Grünkraut – Bausteine zur Vollwerternährung. St. Georgen: Schnitzer Verlag, 1989.
- [2] ANDREWS, H. W.; MISLIVEC, P. B. and WILSON, C. R.; BRUCE, V. R.; POELMA, P. L.; GIBSON, R.; TRUCKSESS, M. W. and YOUNG, K.: Microbial hazards associated with bean sprouting. *Journal of Association of Analytical Chemistry*, **2** (1982) 241–248.
- [3] BALLANTYNE, A.; STARK, R. and SELMAN, J. D.: Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. *International Journal of Food Science and Technology*, **23** (1988) 267–274.
- [4] BEUCHAT, L. R. and BRACKETT, R. E.: Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. *Journal of Food Science*, **55** (1990) 755–758, 870.
- [5] BOMAR, M. T.: Mikrobielle Belastung von Keimlingen – am Beispiel von Speisekeimlingen aus Mungbohnen und Weizen. *Ernährungs-Umschau*, **34** (1987) 226–228.
- [6] BREER, C. und BAUMGARTNER, A.: Vorkommen und Verhalten von *Listeria monocytogenes* auf Salaten und Gemüsen sowie in frischgepressten Gemüsesäften. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, **43** (1992) 97–120.
- [7] CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C. and ABREU DA SILVA, A.: Factors affecting the growth of *Listeria monocytogenes* on minimally processed fresh endive. *Journal of Applied Bacteriology*, **78** (1995) 636–646.
- [8] CERNY, G.; ELSSEER, D.; HÖLLAENDER, J. und RÜTER, M.: Schutzgasverpackungen von frischen Mischsalaten. *ZfL*, **44** (1993) 21–25.
- [9] DOHMEN, B.: Ernährungsphysiologischer Wert von Keimlingen. Beilage zur *Ernährungs-Umschau*, **7** (1987) 29–32.
- [10] ECKER, C. und COLLET, P.: Mikrobiologisch bedingte Nitritbildung in Salat-Fertigpackungen. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, **39** (1988) 109–132.
- [11] GEIGES, O.; STÄHLIN, B. and BAUMANN, B.: The microbiological evaluation of prepared vegetables and sprouts. *Mitt. Geb. der Lebensm.-Unters. u. Hyg.*, **81** (1990) 684–721.

Literatur

- [12] HARMUTH-HOENE, A.-E.; BOGNAR, A. E.; KORNEIMANN, U. und DIEHL, J. F.: Der Einfluß der Keimung auf den Nährwert von Weizen, Mungbohnen und Kichererbsen. Zeitschr. f. Lebensm.-Unters. u. Forsch., **185** (1988) 86-393.
- [13] HARTUNG, M. und TEUFEL, P.; Bundesweite Erhebung der mikrobiologischen Beschaffenheit von vorzerkleinerten Salaten aus Folienbeuteln und Salatbars sowie von mitangebotenen Dressings im Jahre 1989. BGA-Institut für Veter.medizin des Bundesgesundheitsamtes
- [14] HILDEBRANDT, G.; BENEKE, B.; EROL, I. und MÜLLER, A.: Hygienischer Status von Rohkostsalaten verschiedener Angebotsformen. Arch. f. Lebensm.-hyg., **40** (1989) 49-72.
- [15] KING, A. D. JR.; MAGNUSON, J. A.; TÖRÖK, T. and GOODMAN, N.: Microbial flora and storage quality of partially processed lettuce. J.Food Sci., **56** (1991)459-461.
- [16] LANGE-ERNST, M.-E.: Die Sojabohne. München-Berlin: F.A. Herbig Verlag, 1987.
- [17] MAGNUSON, J. A.; KING, A. D. JR. and TÖRÖK, T.: Microflora of partially processed lettuce. Applied and Environmental Microbiology, **56** (1990) 3851-3854.
- [18] MARCHETTI, R.; CASADEI, M. A. and GUERZONI, M. E.: Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. Italian Journal of Food Science, **2** (1992) 97-108.
- [19] MARCY, G. und ADAM, W.: Sojasprossensalat als hygienisches Risiko. Archiv für Lebensmittelhygiene, **28** (1977) 197-198.
- [20] MAXCY, R. B.: Lettuce salad as a carrier of microorganisms of public health significance. Journal of Food Protection, **41** (1978) 435-438.
- [21] Mikrobiologische Richt- und Warnwerte für Mischsalate. Stellungnahme der Arbeitsgruppe der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie. Bundesgesundheitsblatt, **1** (1990) 6-10.
- [22] MORRIS, C. E. and LUCOTTE, T.: Dynamics and variability of bacterial population density on leaves of field-grown endive destined for ready-to-use processing. International Journal of Food Science and Technology, **28** (1993) 201-209.
- [23] NGUYEN-THE, C. and PRUNIER, J. P.: Involvement of pseudomonads in deterioration of „ready-to-use“ salads. International Journal of Food Science and Technology, **24** (1989) 47-58.
- [24] NÖCKER, R.-M.: Das große Buch der Sprossen und Keime. München: Wilhelm Heyne Verlag, 1987.
- [25] OKUDA, S.; AOKI, M.; KIKUNO, R.; NISHIMURA, T.; and NAGUMO, T.; Preparation of germ-free bean sprouts and identification of bacteria associated with their putrefaction. Journal of Antibacterial and Antifungal Agents, Japan; **22** (1994) 711-715.
- [26] PARK, C. E. and SANDERS, G. W.: Source of *Klebsiella pneumoniae* in alfalfa and mung bean sprouts and attempts to reduce its occurrence. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, **4/5** (1990) 189-192.
- [27] PATTERSON, J. E. and WOODBURN, M. J.: *Klebsiella* and other bacteria on alfalfa and bean sprouts at the retail level. Journal of Food Science, **45** (1980) 492-495.
- [28] PORTNOY, B. L.; GOEPFERT, J. M. and HARMON, S. M.: An outbreak of *Bacillus cereus* food poisoning resulting from contaminated vegetable sprouts. American Journal of Epidemiology, **103** (1973) 589-594.
- [29] SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; REDDY, N. R.; GOLL, D. E. and SALUNKHE, D. K.: Effects of germination on proteins, raffinose oligosaccharides, and antinutritional factors in the great northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Food Science, **48** (1983) 1796-1800.
- [30] SPLITTSTOESSER, D. F.; QUEALE, D. T. and ANDALORO, B. W.: The microbiology of vegetable sprouts during commercial production. Journal of Food Safety, **5** (1983) 79-86.
- [31] STEINBRUEGGE, E. G.; MAXCY, R. B. and LIEWEN, M. B.: Fate of *Listeria monocytogenes* on ready to serve lettuce. Journal of Food Protection, **51** (1988) 596-599.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Mikrobiologie der Lebensmittel. – Hamburg : Behr.

Lebensmittel pflanzlicher Herkunft / hrsg. von G. Müller
... – 1. Aufl. – 1997
ISBN 3-86022-246-5
NE: Müller, Gunther [Hrsg.]



Nur für persönlichen Gebrauch

© B. Behr's Verlag GmbH & Co., Averhoffstraße 10, 22085 Hamburg

1. Auflage 1997

Satz und Druck: Fischer Druck +
38300 Wolfenbüttel

Alle Rechte – auch der auszugsweisen Wiedergabe – vorbehalten. Autoren und Verlag haben das Werk mit Sorgfalt zusammengestellt. Für etwaige sachliche und drucktechnische Fehler kann jedoch keine Haftung übernommen werden.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden nicht besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann nicht geschlossen werden, daß es sich um einen freien Warennamen handelt.

MIKROBIOLOGIE DER LEBENSMITTEL
LEBENSMITTEL
PFLANZLICHER HERKUNFT

Herausgegeben von

G. Müller / W. Holzapfel / H. Weber

BEHR'S...VERLAG