Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

Untersuchung der mikrobiologischen Qualität und Verderbnisentwicklung geöffneter Gemüsekonserven unter haushaltsüblichen Lagerungs-bedingungen – am Beispiel von Mais und Kidneybohnen

Bachelorarbeit
im Studiengang Ökotrophologie

Vorgelegt von: Judy Song
Matrikelnummer: [redacted]

Hamburg
am 01.08.2026

Erstgutachterin: Prof. Dr. Katharina Riehn
Zweitgutachterin: Christina Krabbe, M. Sc.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis IV

Tabellenverzeichnis V

Abkürzungsverzeichnis VI

Zusammenfassung 1

Abstract 2

1 Einleitung 3

2 Theoretischer Hintergrund 4

2.1 Definition und Herstellung von Konserven 4

2.2 Lebensmittelverderb und Einflussfaktoren 5

2.3 Untersuchte mikrobiologische Parameter 6

2.3.1 Aerobe mesophile Keimzahl (Gesamtkeimzahl) 6

2.3.2 Hefen und Schimmelpilze 7

2.3.3 Enterobacteriaceae 8

2.4 Richt- und Warnwerte 9

3 Methodik 10

3.1 Material 10

3.1.1 Probenmaterial 10

3.1.2 Nährmedien 10

3.2 Versuchsaufbau 11

3.2.1 Definition der haushaltsüblichen Lagerungsbedingungen 11

3.2.2 Handhabung und Lagerung der Proben 13

3.2.3 Zeitlicher Ablauf der Untersuchung 13

3.3 Durchführung der Probenuntersuchung 14

3.3.1 Mikrobiologische Untersuchung 14

3.3.2 Sensorische Beurteilung der Proben 17

3.4 Vorgehen zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse 18

4 Ergebnisse 20

4.1 Mais unter verschiedenen Lagerungsbedingungen (M1–M3) 20

4.1.1 Vergleich der Ergebnisse von M1–M3 23
4.2 Kidneybohnen unter verschiedenen Lagerungsbedingungen (K1–K3) 24
4.2.1 Vergleich der Ergebnisse von K1–K3 27
4.3 Abgespülte Kidneybohnen unter verschiedenen Lagerungsbedingungen (K1S–K3S) 29
4.3.1 Vergleich der Ergebnisse von K1S–K3S 33
4.3.2 Vergleich abgespülter und nicht abgespülter Kidneybohnenproben 36
4.4 Vergleich der Mais- und Kidneybohnenproben 38
5 Diskussion 40
5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse 40
5.2 Ergebnisdiskussion 41
5.2.1 Mikrobiologische Entwicklung in Abhängigkeit der Lagerungsbedingungen 41
5.2.2 Einfluss des zusätzlichen Abspülens der Kidneybohnen 44
5.2.3 Zusammenhang zwischen mikrobieller Entwicklung und Sensorik 46
5.3 Praktische Relevanz der Untersuchungsergebnisse 47
5.4 Limitationen 50
6 Schlussfolgerungen 52
6.1 Fazit 52
6.2 Ausblick 52
Literaturverzeichnis 53
Anhang 56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der untersuchten Lagerungsbedingungen von Mais und Kidneybohnen 12

Abbildung 2: Entwicklung der Hefekeimzahlen von M1–M3 während der Lagerung..... 23

Abbildung 3: Entwicklung der Gesamtkeimzahlen von K1–K3 während der Lagerung..... 27

Abbildung 4: Entwicklung der Hefekeimzahlen von K1–K3 während der Lagerung..... 28

Abbildung 5: Entwicklung der Gesamtkeimzahlen von K1S–K3S während der Lagerung..... 33

Abbildung 6: Entwicklung der Hefekeimzahlen von K1S–K3S während der Lagerung..... 34

Abbildung 7: Entwicklung der Enterobacteriaceae-Keimzahlen von K1S-K3S während der Lagerung..... 35

Abbildung 8: Entwicklung der Hefekeimzahlen von abgespülten (K1S–K3S) und nicht abgespülten (K1–K3) Kidneybohnenproben während der Lagerung..... 36

Abbildung 9: Entwicklung der Hefekeimzahlen von Maisproben (M1–M3) und Kidneybohnenproben (K1–K3) während der Lagerung..... 38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: DGHM-Richt- und Warnwerte sowie Orientierungswerte zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Mais- und Kidneybohnenproben 18

Tabelle 2: Ermittelte Keimzahlen von Probe M1 (Mais, abgetropft, in offener Konservendose gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer 20

Tabelle 3: Ermittelte Keimzahlen von Probe M2 (Mais, abgetropft, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer..... 21

Tabelle 4: Ermittelte Keimzahlen von Probe M3 (Mais, abgetropft, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer..... 22

Tabelle 5: Ermittelte Keimzahlen von Probe K1 (Kidneybohnen, abgetropft, in offener Konservendose gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer..... 24

Tabelle 6: Ermittelte Keimzahlen von Probe K2 (Kidneybohnen, abgetropft, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer..... 25

Tabelle 7: Ermittelte Keimzahlen von Probe K3 (Kidneybohnen, abgetropft, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer..... 26

Tabelle 8: Ermittelte Keimzahlen von Probe K1S (Kidneybohnen, abgetropft und abgespült, in offener Konservendose gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer 30

Tabelle 9: Ermittelte Keimzahlen von Probe K2S (Kidneybohnen, abgetropft und abgespült, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer..... 31

Tabelle 10: Ermittelte Keimzahlen von Probe K3S (Kidneybohnen, abgetropft und abgespült, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer..... 32

Tabelle 11: Entwicklung der Gesamtkeimzahlen abgespülter (K1S–K3S) und nicht abgespülter Kidneybohnenproben (K1–K3) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer 37

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celcius
a_w-Wert	Wasseraktivität
DGHM	Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie
EG	Europäische Gemeinschaft
g	Gramm
GKZ	Gesamtkeimzahl
H/S	Hefen und Schimmelpilze
KbE/g	Koloniebildende Einheiten pro Gramm
kg	Kilogramm
KZ	Keimzahl
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
mL	Milliliter
MZ-Agar	Malzextrakt-Agar
PC-Agar	Plate Count-Agar
pH	potentia hydrogenii (Potenzial des Wasserstoffs)
VRBG-Agar	Violet Red Bile Glucose Agar
µL	Mikroliter

Zusammenfassung

Gemüsekonserven gehören zu den häufig verwendeten Konservenprodukten im Privathaushalt und sind ungeöffnet lange haltbar. Nach dem Öffnen weisen sie jedoch eine begrenzte Haltbarkeit auf und werden oftmals nicht vollständig aufgebraucht, sodass Reste bis zum weiteren Verzehr im Kühlschrank gelagert werden. Zur Haltbarkeit und Lagerung geöffneter Gemüsekonserven liegen bislang nur begrenzte wissenschaftliche Daten vor. Ziel der Arbeit war es daher, die mikrobiologische Qualität von Mais und Kidneybohnen aus geöffneten Konservendosen unter haushaltsüblichen Lagerungsbedingungen zu untersuchen. Hierzu wurden die Konserveninhalte entweder in der geöffneten Konservendose belassen oder in andere Lagerungsgefäße (Kunststoffbehälter, Porzellanschüssel) umgefüllt. Zusätzlich wurde bei den Kidneybohnen ein Abspülen vor der Lagerung untersucht. Die Proben wurden bis zu 16 Tage gekühlt gelagert, mittels des Tropfplattenverfahrens auf die aerobe mesophile Keimzahl, Hefen, Schimmelpilze und Enterobacteriaceae untersucht sowie sensorisch beurteilt. Am dritten Lagerungstag zeigten sämtliche Mais- und Kidneybohnenproben noch keine sensorischen oder mikrobiologischen Hinweise auf eine eingeschränkte Verzehrbarkeit. Mit zunehmender Lagerungsdauer wiesen die umgefüllten Proben höhere Hefekeimzahlen auf als die in der offenen Konservendose gelagerten Proben. Aufgrund teilweise gegenläufiger mikrobiologischer und sensorischer Ergebnisse ließ sich jedoch schlussendlich keine eindeutige Empfehlung zur Lagerungsweise aussprechen. Da Enterobacteriaceae ausschließlich in den abgespülten Kidneybohnenproben nachweisbar waren und diese gegenüber den nicht abgespülten Proben ein stärkeres mikrobielles Wachstum aufwiesen, erscheint ein Abspülen vor anschließender Kühllagerung nicht empfehlenswert. Insgesamt verdeutlichen die Untersuchungsergebnisse, dass sowohl die Handhabung nach dem Öffnen als auch die Lagerungsweise Einfluss auf die mikrobiologische Entwicklung geöffneter Gemüsekonserven haben können. Allerdings besteht weiterer Untersuchungsbedarf, um belastbare Empfehlungen für den sachgerechten Umgang mit geöffneten Gemüsekonserven ableiten zu können.

Abstract

Canned vegetables are widely used in private households and offer a long shelf life when unopened. After opening, however, their shelf life is limited, and leftovers are commonly stored under refrigeration until further consumption. To date, scientific data on the shelf life and proper storage of opened canned vegetables remains limited. The aim of this study was to investigate the microbiological quality of corn and kidney beans from opened cans under typical household storage conditions. Corn and kidney beans were either left in the opened can or transferred to alternative storage containers (plastic container, porcelain bowl). For kidney beans, the impact of rinsing prior to storage was also assessed. Samples were stored refrigerated for up to 16 days, examined for aerobic mesophilic plate count, yeasts, molds, and Enterobacteriaceae using the drop-plate method, and evaluated by sensory analysis. On the third day of storage, no sample showed any sensory or microbiological indications of impaired edibility. With increasing storage time, transferred samples exhibited higher yeast counts than those samples stored in the open can. However, due to partially inconsistent microbiological and sensory findings, no clear recommendation regarding the storage container could be derived. Enterobacteriaceae were detected exclusively in rinsed kidney bean samples, which also showed greater microbial growth compared to unrinsed samples, indicating that rinsing before refrigerated storage is not advisable. Overall, the results show that post-opening handling and storage practices can influence the microbial development of canned vegetables. However, further research is needed to establish evidence-based recommendations for opened canned vegetables.

1 Einleitung

Neben frischem Gemüse nehmen auch Gemüsekonserven eine wichtige Rolle in der täglichen Ernährung der Verbraucher ein. Nach Angaben der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) lag der Pro-Kopf-Verbrauch von Gemüsekonserven in Deutschland im Jahr 2024/25 bei rund 12,8 kg (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2026). Gemüsekonserven zeichnen sich insbesondere durch ihre lange Haltbarkeit, einfache Handhabung sowie schnelle Verfügbarkeit aus und sind daher ein fester Bestandteil vieler Haushaltsvorräte. Sie bieten Verbrauchern eine praktische Möglichkeit, Gemüseprodukte mit geringem Zubereitungsaufwand und ganzjähriger Verfügbarkeit in die tägliche Mahlzeitengestaltung zu integrieren (Rout et al., 2026).

Dabei stellen Konservendosen eine der gebräuchlichsten Verpackungsformen für Gemüsekonserven dar. Sie erlangen ihre lange Haltbarkeit durch ein thermisches Sterilisationsverfahren, welches eine vollständige Inaktivierung der vorhandenen Mikroflora gewährleistet (Vannini & Siroli, 2025). Durch das Öffnen der Konservendose wird dieser sterile Zustand jedoch aufgehoben, wodurch eine Rekontamination des Konserveninhalts möglich wird und Verderbsprozesse beschleunigt ablaufen. Infolgedessen ist die Haltbarkeit nach dem Öffnen im Vergleich zum ungeöffneten Zustand erheblich verkürzt.

Abhängig von der Größe der Konservendose und der benötigten Menge wird der Konserveninhalt häufig nicht vollständig aufgebraucht, sodass verbleibende Reste bis zur nächsten Mahlzeit aufbewahrt werden (Cruz et al., 2022). Dies stellt insbesondere in Single-Haushalten ein typisches Szenario dar, da dort im Vergleich zu Mehrpersonenhaushalten üblicherweise kleinere Mengen verzehrt werden. Erfolgt die anschließende Lagerung des verbleibenden Konserveninhalts nicht sachgerecht, kann dies nicht nur zu Lebensmittelverschwendung führen, sondern auch das Risiko erhöhen, dass Verbraucher Lebensmittel verzehren, deren Sicherheit nicht mehr gewährleistet ist (Cruz et al., 2022).

Während allgemeine Verderbsprozesse in Lebensmitteln sowie die Haltbarkeit bei verpackten Lebensmitteln bereits umfassend untersucht sind, mangelt es bislang an Erkenntnissen hinsichtlich der Haltbarkeit und sachgemäßen Lagerung von Lebensmitteln nach dem Öffnen der Verpackung. Insbesondere zur Haltbarkeit geöffneter Konserven liegen bisher kaum wissenschaftliche Untersuchungen vor. Vor diesem Hintergrund ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, die mikrobiologische Qualität sowie die Verderbnisentwicklung geöffneter Gemüsekonserven während der Lagerung zu untersuchen. Hierzu werden exemplarisch Mais und Kidneybohnen aus Konservendosen als Untersuchungsmaterial eingesetzt, die nach dem Öffnen unter verschiedenen haushaltsüblichen Bedingungen gelagert werden. Im Fokus der Untersuchung steht die mikrobielle Entwicklung der Proben unter den jeweiligen Lagerungsbedingungen im zeitlichen Verlauf. Die im Rahmen der Untersuchung

gewonnenen Erkenntnisse sollen schließlich dazu beitragen, Hinweise zur Haltbarkeit sowie zur sachgerechten Lagerung geöffneter Gemüsekonserven im Privathaushalt zu liefern.

Ausgehend von der Zielsetzung der Arbeit werden für die vorliegende Untersuchung folgende Hypothesen formuliert. Es wird angenommen, dass die mikrobiologische Belastung mit zunehmender Lagerdauer unter allen zu untersuchenden Lagerungsbedingungen ansteigt. Zudem werden messbare Unterschiede in der Keimzahlentwicklung zwischen den verschiedenen Lagerungsbedingungen erwartet, insbesondere zwischen der Aufbewahrung in der offenen Konservendose und der Lagerung in alternativen Behältnissen. Dabei wird vermutet, dass die Lagerung in der offenen Konservendose aufgrund der erhöhten Exposition gegenüber Umwelteinflüssen das mikrobielle Wachstum begünstigt und zu einer schnelleren Erreichung kritischer Keimzahlen führt, wodurch die mikrobiologische Unbedenklichkeit der Konserve früher eingeschränkt wird. Darüber hinaus wird erwartet, dass das zusätzliche Abspülen der Kidneybohnen die mikrobielle Entwicklung während der Lagerung beeinflusst und sich Unterschiede in der Keimzahlentwicklung zwischen abgespülten und nicht abgespülten Proben ergeben.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Definition und Herstellung von Konserven

Konserven sind Lebensmittel, die durch eine thermische Behandlung haltbar gemacht werden (Rout et al., 2026). In Abhängigkeit von der Intensität der thermischen Behandlung und der daraus resultierenden Lagerfähigkeit kann zwischen Voll- und Halbkonserven unterschieden werden. Halbkonserven, wie beispielsweise Wurst oder Fischspezialitäten in Dosen, werden im Rahmen einer schonenden Wärmebehandlung (Pasteurisation) auf Temperaturen von etwa 70 °C erhitzt. Da hitzeresistente Mikroorganismen hierbei nicht zuverlässig abgetötet werden, weisen Halbkonserven nur eine kurzfristige Lagerfähigkeit auf und müssen gekühlt gelagert werden. Vollkonserven, wie beispielsweise Thunfisch oder Gemüse in Dosen, weisen hingegen eine deutlich höhere Lagerstabilität auf. Sie werden durch eine Sterilisation bei Temperaturen von bis zu 130 °C haltbar gemacht und sind ungeöffnet langfristig lagerfähig, ohne dass eine Kühlung erforderlich ist (Gomm & Lobitz, 2013, S. 95). Die in dieser Arbeit untersuchten Konservendosen mit Mais und Kidneybohnen sind ebenfalls den Vollkonserven zuzuordnen.

Bei der Herstellung von Vollkonserven werden die Lebensmittel in hermetisch verschlossene Behältnisse abgefüllt und anschließend einem Sterilisationsverfahren unterzogen. Ziel dieser Wärmebehandlung ist die Abtötung beziehungsweise Inaktivierung pathogener sowie verderbniserregender Mikroorganismen (Vannini & Siroli, 2025; Vergara-Balderas, 2016). Gleichzeitig verhindert der luftdicht verschlossene Behälter eine erneute Kontamination mit Mikroorganismen aus der

Umgebung und trägt damit wesentlich zur langfristigen mikrobiologischen Stabilität des Produkts bei (Rout et al., 2026). Im Zusammenhang mit der thermischen Konservierung wird häufig der Begriff der kommerziellen Sterilität verwendet. Darunter ist der Zustand eines Lebensmittels zu verstehen, bei dem keine vermehrungsfähigen Mikroorganismen mehr vorhanden sind, die unter den vorgesehenen Lagerbedingungen wachsen könnten und dadurch den Verderb des Lebensmittels verursachen oder die Gesundheit der Verbraucher gefährden könnten. (Vergara-Balderas, 2016)

Im Rahmen der Konservenherstellung spielt der pH-Wert des Lebensmittels eine entscheidende Rolle bei der Bestimmung der Wärmebehandlungsintensität, welche erforderlich ist, um ein mikrobiologisch sicheres und stabiles Endprodukt zu gewährleisten. Dabei wird in der Konservenindustrie zwischen säurearmen Lebensmitteln mit einem pH-Wert über 4,6 und sauren Lebensmitteln mit einem pH-Wert von 4,6 oder darunter unterschieden. Säurearme Lebensmittel, zu denen unter anderem die meisten Gemüsesorten zählen, müssen einer intensiven thermischen Behandlung unterzogen werden und werden daher bei Temperaturen über 100 °C sterilisiert. Dies dient insbesondere der Inaktivierung hitzebeständiger Sporen von *Clostridium botulinum*. Bei sauren Lebensmitteln hingegen reicht aufgrund des niedrigen pH-Wertes häufig eine weniger intensive thermische Behandlung (Pasteurisierung) aus, da Sporen von C. *botulinum* bei einem pH-Wert von 4,6 oder darunter nicht auskeimen und sich nicht vermehren können. (Vannini & Siroli, 2025; Vergara-Balderas, 2016)

2.2 Lebensmittelverderb und Einflussfaktoren

Unter Lebensmittelverderb wird jede Veränderung eines Lebensmittels verstanden, die dazu führt, dass dieses für den menschlichen Verzehr ungeeignet oder für den Verbraucher nicht mehr akzeptabel wird. Häufig äußert sich der Verderb dabei durch Veränderungen der sensorischen Eigenschaften wie Aussehen, Geruch, Geschmack oder Textur (Rawat, 2015). Der Verderb von Lebensmitteln kann grundsätzlich auf unterschiedliche Ursachen zurückgeführt werden und entsprechend in mikrobiologisch, biochemisch, chemisch und physikalisch bedingte Verderbsarten eingeteilt werden. Dabei kommt im Haushalt jedoch dem durch Mikroorganismen verursachten Verderb von Lebensmitteln die größte Bedeutung zu. (Klingshirn & Prange, 2016, S. 257 f.)

Der mikrobiologische Verderb wird überwiegend durch Bakterien, Hefen und Schimmelpilze verursacht. Diese bauen die im Lebensmittel enthaltenen Nährstoffe ab und bilden dabei Stoffwechselprodukte, die zu charakteristischen sensorischen Veränderungen führen und die Qualität des Lebensmittels beeinträchtigen (Keweloh, 2014, S. 11). Das Wachstum von Mikroorganismen in Lebensmitteln muss dabei nicht zwangsläufig zu einer Gesundheitsgefährdung führen. Allerdings kann der Verderb eines Lebensmittels auch mit einer Vermehrung pathogener Mikroorganismen einhergehen, die Giftstoffe (Toxine) ausscheiden oder Lebensmittelinfektionen verursachen können. (Keweloh, 2014, S. 97; Rawat, 2015)

Das Wachstum von Mikroorganismen in Lebensmitteln wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, wobei zwischen intrinsischen und extrinsischen Faktoren differenziert wird. Die jeweiligen Wachstumsanforderungen unterscheiden sich dabei zwischen den einzelnen Mikroorganismen. Während intrinsische Faktoren die physikochemischen Eigenschaften eines Lebensmittels beschreiben, umfassen extrinsische Faktoren die Lagerbedingungen des Lebensmittels. Zu den intrinsischen Faktoren, auch Innenfaktoren genannt, zählen unter anderem der Nährstoffgehalt, der pH-Wert, die Wasseraktivität (a_w-Wert) und das Redoxpotenzial eines Lebensmittels (Klingshirn & Prange, 2016, S. 258 f.; Krämer & Prange, 2017, S. 131). Dabei ist der a_w-Wert ein Maß für das freie, ungebundene Wasser in einem Lebensmittel, das Mikroorganismen für ihr Wachstum zur Verfügung steht (Krämer & Prange, 2017, S. 140). Wesentlich beeinflusst werden die intrinsischen Faktoren von dem Herstellungsverfahren des Lebensmittels. Extrinsische Faktoren, auch als Außenfaktoren bezeichnet, umfassen hingegen vor allem die Temperatur, relative Luftfeuchte, Lichteinwirkung und Zusammensetzung der Gasatmosphäre. Die intrinsischen und extrinsischen Faktoren beeinflussen nicht nur die Art, sondern auch die Geschwindigkeit des Verderbs von Lebensmitteln und sind daher wesentlich für deren Haltbarkeitsdauer. (Klingshirn & Prange, 2016, S. 258 f.; Krämer & Prange, 2017, S. 131)

2.3 Untersuchte mikrobiologische Parameter

2.3.1 Aerobe mesophile Keimzahl (Gesamtkeimzahl)

Die aerobe mesophile Keimzahl, auch bekannt als Gesamtkeimzahl (GKZ), bezeichnet die Anzahl vermehrungsfähiger Mikroorganismen (Bakterien, Hefen und Schimmelpilze), die unter aeroben Bedingungen bei Temperaturen von etwa +30 °C bis +40 °C auf einem geeigneten Nährmedium Kolonien bilden können (BAV Institut, o.J.a).

Da die aeroben mesophile Keimzahl eine Vielzahl unterschiedlicher Mikroorganismen umfasst, lässt sich diesem Parameter keine bestimmte Herkunft zuordnen. Aerobe mesophile Keime kommen nahezu überall in der Umwelt vor, beispielsweise auf Pflanzen, in der Erde, im Wasser, in der Luft sowie auf Arbeitsoberflächen und -geräten. Daher sind sie auf fast allen Lebensmitteln natürlicherweise vorhanden, wobei sterilisierte Lebensmittel wie Vollkonserven eine Ausnahme bilden. Je nach Lebensmittel gilt dabei eine bestimmte Anzahl aerober mesophiler Keime als normal und unvermeidbar. (BAV Institut, o.J.a)

Eine erhöhte aerobe mesophile Keimzahl wird dabei häufig als Hygiene- und Verderbnisindikator angesehen und kann beispielsweise auf Kreuzkontaminationen, eine mangelnde Personalhygiene sowie auf eine unzureichende Kühlung oder Überlagerung von Lebensmitteln zurückzuführen sein (BAV Institut, o.J.a).

2.3.2 Hefen und Schimmelpilze

Hefen und Schimmelpilze sind in der Umwelt weit verbreitet. Sie kommen unter anderem im Erdboden, auf Pflanzen, in der Luft sowie im Wasser vor, und können daher durch verschiedene Eintragswege in Lebensmittel gelangen. Während Hefen und Schimmelpilze bei der Herstellung bestimmter Lebensmittel, beispielsweise von Backwaren, alkoholischen Getränken oder Schimmelkäse, gezielt eingesetzt werden, spielen sie in vielen Lebensmitteln auch eine zentrale Rolle als Verderbniserreger. (BAV Institut, 2022)

Hefen sind einzellig wachsende Pilze, die sich überwiegend durch Sprossung vermehren (Krämer & Prange, 2017, S.22). Viele lebensmittelrelevanten Hefen gehören zu den fakultativ anaeroben Mikroorganismen und sind in der Lage, sowohl in Gegenwart als auch bei Mangel an Sauerstoff, zu wachsen (Keweloh, 2014, S. 121). Unter anaeroben Bedingungen können Hefen ihren Stoffwechsel auf Gärung umstellen, wobei Ethanol und Kohlendioxid gebildet werden (Fiedler, 2017, S. 33). Gegenüber verschiedenen Umweltbedingungen weisen Hefen artspezifisch eine hohe Toleranz auf und können in einem weiten Temperaturbereich von 0 bis +45 °C wachsen (Krämer & Prange, 2017, S.23). Darüber hinaus sind sie in der Lage, in einem pH-Bereich von 1,5 bis 8,5 zu wachsen. Die meisten Hefearten können sich noch bis zu einem a_w-Wert von etwa 0,80 vermehren, während sie unterhalb dieses Wertes ihr Wachstum einstellen. Eine Ausnahme bilden jedoch osmophile beziehungsweise osmotolerante Hefearten, die bei noch niedrigeren a_w-Werten wachsen beziehungsweise diese tolerieren können und am Verderb zuckerreicher Lebensmittel beteiligt sein können (Fiedler, 2017, S. 35). Für den Menschen sind Hefen überwiegend nicht pathogen, sodass der Verzehr von durch Hefen verdorbenen Lebensmitteln nur in seltenen Ausnahmefällen zu Lebensmittelvergiftungen führt (Fiedler, 2017, S. 11). Je nach Lebensmittelgruppe werden bestimmte Hefezahlen in Lebensmitteln toleriert. Werden diese Werte überschritten, kann dies auf einen möglichen Verderb des Lebensmittels hindeuten. (BAV Institut, o.J.c)

Schimmelpilze sind filamentöse (fadenförmig wachsende) Pilze, die in Lebensmitteln neben den Hefen eine bedeutende Rolle als Verderbniserreger spielen. Sie wachsen in Form von Hyphen und bilden ein oft weitverzweigtes Myzel in Lebensmitteln (Keweloh, 2014, S. 51). Schimmelpilze sind aerob und benötigen Sauerstoff für ihr Wachstum, weshalb sie bevorzugt auf der Oberfläche von Lebensmitteln wachsen (Krämer & Prange, 2017, S. 21). Wie Hefen weisen Schimmelpilze gegenüber verschiedenen Umweltbedingungen eine vergleichsweise hohe Toleranz auf und können sich je nach Art in einem Temperaturbereich von 0 bis +60 °C sowie in einem pH-Bereich von 3,0 bis 7,0 vermehren. Zudem sind sie gegenüber einer Absenkung der Wasseraktivität besonders widerstandsfähig und können sich je nach Art noch bei a_w-Werten zwischen etwa 0,62 und 0,85 vermehren (BAV Institut, 2019). Darüber hinaus können einige Schimmelpilzarten giftige Mykotoxine wie beispielsweise Aflatoxine bilden, welche gesundheitsschädlich sein können (Keweloh, 2014, S. 100).

Hefen und Schimmelpilze weisen im Vergleich zu den meisten Bakterien eine höhere Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Umweltbedingungen auf und können auch bei niedrigen pH-Werten sowie geringer Wasseraktivität (a_w-Wert) sich noch vermehren (BAV Institut, 2019; BAV Institut, o.J.c). Zudem zählen viele Hefe- und Schimmelpilzarten zu den psychrotoleranten (kältetoleranten) Mikroorganismen und können daher auch bei Kühllagerung wachsen (Keweloh, 2014, S. 104).

2.3.3 Enterobacteriaceae

Die Familie der Enterobacteriaceae (Enterobakterien) setzt sich aus zahlreichen Gattungen gramnegativer Stäbchenbakterien zusammen (Suerbaum et al., 2020, S. 299). Sie sind in der Umwelt weit verbreitet und können im Erdboden, Wasser und auf Pflanzen nachgewiesen werden. Zudem kommen diese Bakterien natürlicherweise im Mikrobiom von Mensch und Tier vor (BAV Institut, o.J.b).

Bei den Enterobakterien wird zwischen fakultativ pathogenen und obligat pathogenen Gattungen unterschieden. Fakultativ pathogene Vertreter der Enterobacteriaceae, beispielsweise aus den Gattungen *Escherichia*, *Klebsiella* oder *Proteus*, gehören dabei zur physiologischen Darmmikrobiota und können unter bestimmten Bedingungen Infektionen verursachen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sie in normalerweise nicht besiedelte Körperregionen gelangen oder eine eingeschränkte Immunabwehr vorliegt. Davon zu unterscheiden sind die obligat pathogenen Gattungen wie *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia* sowie darmpathogene Stämme von *Escherichia coli (E. coli)*. Sie gehören nicht zur physiologischen Mikrobiota des Darms und können gastrointestinale sowie teilweise auch systemische Infektionen verursachen. (Suerbaum et al., 2020, S. 299)

Viele Enterobakterien zählen zu den mesophilen Mikroorganismen und vermehren sich optimal bei Temperaturen zwischen +30 °C und +37 °C. Die genauen Wachstumsgrenzen sind jedoch art- und stammspezifisch. Die minimale Vermehrungstemperatur liegt bei den meisten Enterobakterien bei etwa +7 °C, einzelne Arten können sich jedoch auch noch bei Temperaturen um 0 °C vermehren. Darüber hinaus bevorzugen Enterobakterien für das Wachstum pH-Werte zwischen 5,5 und 9,0 sowie eine hohe Wasseraktivität (a_w-Wert) von mindestens 0,95. Als fakultativ anaerobe Bakterien können sich Enterobacteriaceae sowohl in Anwesenheit als auch unter Ausschluss von Sauerstoff vermehren. (BAV Institut, o.J.b)

In der Lebensmittelmikrobiologie spielen Enterobakterien eine wichtige Rolle, da sie sowohl als Hygiene- als auch als Prozessindikatoren von Bedeutung sind. Erhöhte Keimzahlen von Enterobacteriaceae in Lebensmitteln können dabei auf Hygienemängel, Produktionsfehler, ungeeignete Lagerung oder nachträgliche Kontamination hinweisen. Einzelne Vertreter können zudem auf einen beginnenden Verderb hinweisen oder als Krankheitserreger von Bedeutung sein. (BAV Institut, o.J.b)

2.4 Richt- und Warnwerte

Die Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 legt mikrobiologische Kriterien für ausgewählte Lebensmittelgruppen fest, die für Lebensmittelunternehmer innerhalb der Europäischen Union verbindlich sind. Hierzu zählen beispielsweise Säuglingsnahrung, Milcherzeugnisse, Fleischerzeugnisse, Fischereierzeugnisse sowie Eiprodukte (Krämer & Prange, 2017, S. 366). Für zahlreiche weitere Lebensmittelgruppen, für die bisher keine entsprechenden gesetzlichen Vorgaben bestehen, veröffentlicht die Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) mikrobiologische Richt- und Warnwerte. Diese sind als Empfehlung hinsichtlich der hygienisch-mikrobiologischen Beschaffenheit eines Lebensmittels oder einer Lebensmittelgruppe zu verstehen und rechtlich nicht bindend. (Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM e.V.), 2025)

Richtwerte (Guidance Values) geben eine Orientierung, welche produktspezifischen Mikroorganismengehalte bei Einhaltung einer guten Hygiene- und Herstellungspraxis als akzeptabel anzusehen sind. Wird der Richtwert eingehalten, gilt ein Lebensmittel aus mikrobiologischer Sicht grundsätzlich als unauffällig. Eine Überschreitung des Richtwertes kann hingegen auf Schwachstellen in der Hygiene- und Herstellungspraxis hinweisen. (Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM e.V.), 2025)

Warnwerte (Critical Values) geben hingegen Mikroorganismengehalte an, deren Überschreitung darauf hindeutet, dass die Grundsätze einer guten Hygiene- und Herstellungspraxis verletzt wurden oder beispielsweise die Haltbarkeit eines Lebensmittels zu lange bemessen wurde. Bei einer Überschreitung von Warnwerten für pathogene Mikroorganismen kann eine Gesundheitsgefährdung der Verbraucher nicht ausgeschlossen werden. Werden Richtwerte für Verderbsorganismen überschritten, für die keine Warnwerte festgelegt wurden, sollten zur Beurteilung zusätzlich weitere Kriterien, insbesondere sensorische Auffälligkeiten, berücksichtigt werden. (Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM e.V.), 2025)

Die in dieser Arbeit zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Mais und Kidneybohnen herangezogenen DGHM-Richt- und Warnwerte werden im Kapitel 3.4 der Methodik näher vorgestellt.

3 Methodik

In diesem Kapitel wird die Methodik der mikrobiologischen Untersuchung von Mais und Kidneybohnen aus geöffneten Konservendosen beschrieben. Zunächst wird das im Rahmen der Untersuchung verwendete Material aufgeführt, bevor eine detaillierte Beschreibung des Versuchsaufbaus folgt. Anschließend werden die Durchführung der Probenuntersuchung sowie das Vorgehen zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse erläutert.

3.1 Material

Im Folgenden werden das untersuchte Probenmaterial sowie die verwendeten Nährmedien aufgeführt. Eine Auflistung der für die Untersuchung benötigten Arbeitsgeräte und Kleinmaterialien kann dem Anhang F entnommen werden.

3.1.1 Probenmaterial

Für die Untersuchung wurden Mais und Kidneybohnen aus Konservendosen der EDEKA-Eigenmarke „Gut & Günstig“ verwendet. Als Ausgangsmenge dienten eine Mais-Konservendose (Abtropfgewicht laut Produktetikett: 285 g) und zwei Kidneybohnen-Konservendosen (Abtropfgewicht laut Produktetikett: jeweils 255 g) mit identischem Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) sowie gleicher Chargennummer. Dieser Umfang gewährleistete, dass eine ausreichende Materialmenge für sämtliche geplanten Analysen zur Verfügung stand. Alle Konservendosen wurden wenige Tage vor dem Öffnen gekauft, um vergleichbare Ausgangsbedingungen für die Untersuchung sicherzustellen. Vor ihrer Verwendung wurden die Konservendosen zudem auf sichtbare Beschädigungen, Undichtigkeiten oder Aufblähungen kontrolliert und bis zum Öffnungszeitpunkt bei Raumtemperatur gelagert.

3.1.2 Nährmedien

Zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl (GKZ) wurde ein nicht selektiver Plate Count-Agar (PC-Agar) eingesetzt, während für die quantitative Bestimmung von Hefen und Schimmelpilzen ein Malzextrakt-Agar (MZ-Agar) Anwendung fand. Der Nachweis von Enterobacteriaceae erfolgte hingegen mithilfe eines Violet Red Bile Glucose Agars (VRBG-Agar), der als selektives Nährmedium dient. Sämtliche Nährmedien sowie das für die Herstellung der Verdünnungsreihen benötigte Peptonwasser wurden vor Untersuchungsbeginn gemäß den jeweiligen Herstellerangaben hergestellt. Im Anhang E sind die verwendeten Nährmedien sowie das Peptonwasser unter Angabe der jeweiligen Hersteller und Artikelnummern aufgeführt.

3.2 Versuchsaufbau

3.2.1 Definition der haushaltsüblichen Lagerungsbedingungen

Nach Anbruch der Konservendosen wurden Mais und Kidneybohnen unter verschiedenen haushaltsüblichen Bedingungen gelagert. Da das Verbraucherverhalten im Umgang mit geöffneten Lebensmitteln eine hohe Variabilität aufweist und nicht einheitlich definiert werden kann, wurde im Rahmen der Untersuchung eine Auswahl üblicher Lagerungsweisen für geöffnete Konservendosen im Privathaushalt berücksichtigt. Dazu gehören die Lagerung in der geöffneten Konservendose sowie die Lagerung nach dem Umfüllen in einem verschließbaren Kunststoffbehälter oder einer abgedeckten Porzellanschüssel.

Für Mais und Kidneybohnen wurden jeweils die folgenden drei Lagerungsbedingungen (1–3) definiert. Zur einheitlichen Probenkennzeichnung erhielten die Maisproben die Bezeichnung „M“ und die Kidneybohnenproben die Bezeichnung „K“. Die daraus abgeleiteten Probenkürzel (Probenbezeichnung + Lagerungsbedingung) werden im weiteren Verlauf der Arbeit durchgängig verwendet.

- *1: Lagerung in der geöffneten (offenen) Konservendose (M1, K1)*
  Nachdem die Konservendose geöffnet und die darin enthaltene Konservenflüssigkeit (auch als Lake bezeichnet) abgegossen wurde, verblieben Mais bzw. Kidneybohnen in der Konservendose, welche anschließend im Kühlschrank gelagert wurde. Der Dosendeckel wurde dabei vollständig entfernt, sodass die Lagerung offen ohne eine Abdeckung erfolgte. Diese Vorgehensweise wurde bewusst gewählt, um eine Variabilität der Proben infolge unterschiedlicher Öffnungsgrade des Deckels zu vermeiden und zugleich eine Lagerungsbedingung mit erhöhter Exposition gegenüber äußeren Umwelteinflüssen zu realisieren.

- *2: Lagerung in einem geschlossenen Kunststoffbehälter (M2, K2)*
  Mais bzw. Kidneybohnen wurden nach dem Abgießen der Konservenflüssigkeit aus der geöffneten Konservendose in einen für Lebensmittel geeigneten Kunststoffbehälter umgefüllt. Dieser wurde mit dem zugehörigen Deckel dicht verschlossen und im Kühlschrank gelagert.

- *3: Lagerung in einer abgedeckten Porzellanschüssel (M3, K3)*
  Mais bzw. Kidneybohnen wurden nach dem Abgießen der Konservenflüssigkeit aus der geöffneten Konservendose in eine für Lebensmittel geeignete Porzellanschüssel überführt. Anschließend wurde die Schüssel mit Frischhaltefolie abgedeckt und im Kühlschrank gelagert. Um ein Verrutschen der Folie während der Lagerung zu vermeiden, wurde diese mithilfe eines Gummibands auf der Schüssel fixiert. Ein Wechsel der Frischhaltefolie erfolgte während der gesamten Lagerungszeit ausschließlich bei sichtbarer Beschädigung.

Darüber hinaus wurde bei den Kidneybohnen untersucht, inwiefern sich ein zusätzliches Abspülen mit Wasser auf die mikrobiologische Qualität während der Lagerung auswirkt. Hintergrund hierfür ist, dass Kidneybohnen aus Konservendosen aufgrund der dickflüssigen Lake häufig vor dem Verzehr oder der Weiterverarbeitung im Privathaushalt abgespült werden. Für den Mais wurde hingegen ausschließlich der Einfluss des Lagerungsgefäßes betrachtet, da hier üblicherweise lediglich die Konservenflüssigkeit abgegossen wird und kein zusätzliches Abspülen mit Wasser erfolgt.

- *S: Zusätzliches Abspülen der Kidneybohnen mit Wasser (K1S, K2S, K3S)*:
  Nach dem Abgießen der Lake wurden die Kidneybohnen in ein Sieb überführt, für 20 Sekunden unter kaltem Leitungswasser abgespült und anschließend kurz im Sieb abtropfen gelassen, um überschüssiges Wasser zu entfernen. Die darauffolgende Lagerung der Kidneybohnen erfolgte unverändert unter den drei zuvor definierten Lagerungsbedingungen (1–3) im Kühlschrank. Daraus ergeben sich drei zusätzliche Versuchsbedingungen (K1S–K3S), die ebenfalls untersucht wurden. Der Zusatz „S“ im Probenkürzel kennzeichnet dabei das Abspülen der Kidneybohnen, während nicht abgespülte Proben ohne entsprechende Kennzeichnung verbleiben.

Die folgende Abbildung stellt die definierten Lagerungsbedingungen schematisch dar und dient der anschaulichen Übersicht. Dabei sind die Lagerungsbedingungen nach Lebensmittel (M für Mais, K für Kidneybohnen), Behandlung (Abgießen der Lake, S für zusätzliches Abspülen) sowie Lagerungsbehältnis (1 für offene Konservendose, 2 für geschlossenen Kunststoffbehälter, 3 für abgedeckte Porzellanschüssel) differenziert und entsprechend gekennzeichnet.

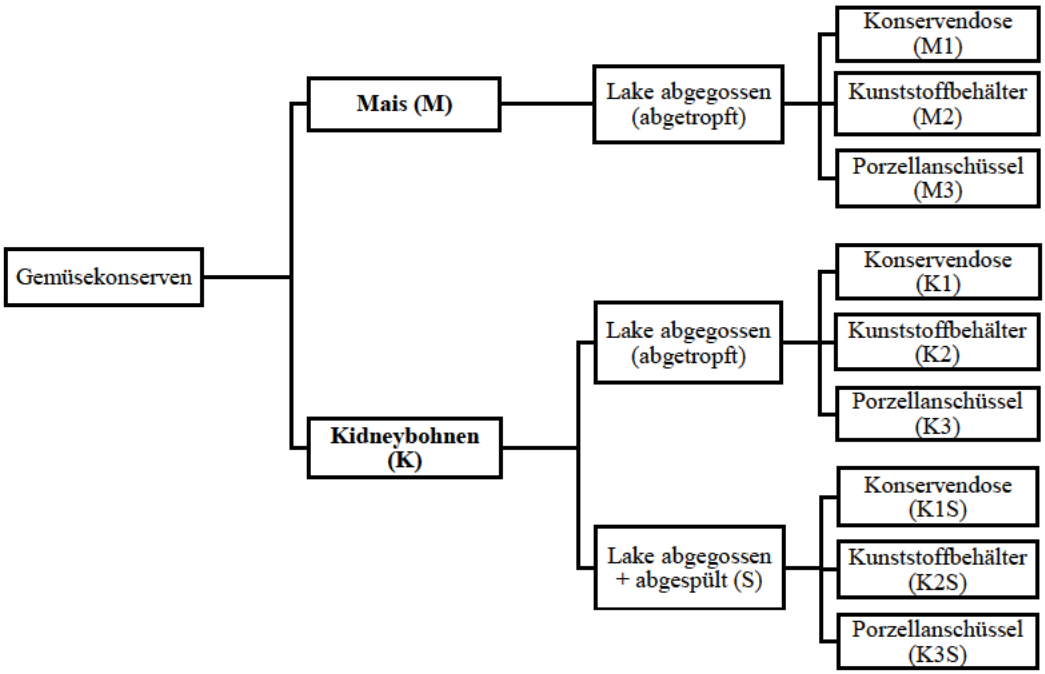


Abbildung 1: Schematische Darstellung der untersuchten Lagerungsbedingungen von Mais und Kidneybohnen

3.2.2 Handhabung und Lagerung der Proben

Die Konservendosen wurden bereits drei Tage vor Analysenbeginn im Privathaushalt geöffnet (t_0: entspricht dem Zeitpunkt unmittelbar nach dem Öffnen) und gemäß den definierten Bedingungen gehandhabt und gelagert, um reale Haushaltsbedingungen abzubilden. Beim Umfüllen von Mais und Kidneybohnen aus den Konservendosen in andere Behältnisse wurden identische Kunststoffbehälter und Porzellanschüsseln verwendet. Zudem erfolgte eine einheitliche Reinigung der benötigten Utensilien (Besteck, Kunststoffbehälter, Porzellanschüsseln, Sieb zum Abspülen) unter Anwendung desselben Spülmaschinenprogramms (65 °C, Programmdauer: 1 Stunde). Dadurch sollten möglichst vergleichbare Ausgangsbedingungen für alle Proben gewährleistet werden.

Bis zum Analysenbeginn wurden die Proben im Haushaltskühlschrank bei 4 °C gelagert, da diese Temperatur bereits vor Versuchsbeginn im Privathaushalt gegeben war. Anschließend wurden die Proben in die Laborumgebung überführt, wo sie während des gesamten Untersuchungszeitraums bei 6 °C im Kühlschrank weitergelagert wurden. Die Wahl der Temperatur orientierte sich dabei an der durchschnittlichen Kühlschranktemperatur in Privathaushalten von 6,6 °C, die im Rahmen einer bundesweiten Erhebung des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) und des Max Rubner-Instituts (MRI) ermittelt wurde (Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), 2024). Der im Labor verwendete Kühlschrank ermöglichte somit eine Annäherung an typische Kühlbedingungen in Privathaushalten.

Zur Gewährleistung einheitlicher Kühlbedingungen wurden alle Proben sowohl im Haushaltskühlschrank als auch im Labor-Kühlschrank im gleichen Fach gelagert, da innerhalb eines Kühlschranks unterschiedliche Temperaturzonen vorzufinden sind (Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), 2024). Zusätzlich erfolgte der Transport der Proben zum Labor in einer Kühltasche mit Kühlakkus, um eine möglichst durchgehende Kühlung der Proben sicherzustellen.

3.2.3 Zeitlicher Ablauf der Untersuchung

Für die Untersuchung waren folgende Zeitpunkte vorgesehen:

- Tag 0 (t_0): Öffnungszeitpunkt der Konservendosen
- Tag 3 (t_3): 3 Tage nach t_0
- Tag 5 (t_5): 5 Tage nach t_0
- Tag 9 (t_9): 9 Tage nach t_0
- Tag 12 (t_{12}): 12 Tage nach t_0
- Tag 16 (t_{16}): 16 Tage nach t_0
- Tag 19 (t_{19}): 19 Tage nach t_0

Dabei bezeichnet t die Zeit in Tagen nach dem Öffnen der Konservendosen. Der Zeitpunkt t_0 entspricht dem Öffnungszeitpunkt der Konservendosen und kennzeichnet den Beginn der Lagerung sowie den erstmaligen Umgang mit den Proben. Eine Probenahme erfolgte zu diesem Zeitpunkt nicht. Die erste Probenahme erfolgte 3 Tage nach dem Öffnen der Konservendosen, zum Zeitpunkt t_3. Dieser zeitliche Versatz wurde bewusst gewählt, da bei intakten, sterilisierten Vollkonserven unmittelbar nach dem Öffnen von sehr geringen beziehungsweise unterhalb der methodischen Nachweisgrenze liegenden Keimzahlen auszugehen ist.

Die mikrobiologischen Analysen erfolgten planmäßig in Abständen von jeweils 3 bis 4 Tagen. Lediglich zwischen den Analysezeitpunkten t_3 und t_5 ergab sich ein kürzerer zeitlicher Abstand, welcher im Rahmen der Versuchsplanung nicht vermeidbar war. Der Versuchszeitraum war ursprünglich auf insgesamt 19 Tage (t_0 bis t_{19}) ausgelegt, wurde jedoch in der praktischen Durchführung vorzeitig beendet. Grund hierfür war, dass sich ab Tag 16 (t_{16}) sowie teilweise auch bereits zuvor auffällige mikrobiologische Ergebnisse zeigten und ein fortgeschrittener Verderb der Proben festgestellt wurde. Daher wurde nach Zeitpunkt t_{16} keine weitere mikrobiologische Analyse mehr durchgeführt.

3.3 Durchführung der Probenuntersuchung

Im Rahmen der Probenuntersuchung wurden die Proben mikrobiologisch untersucht und sensorisch beurteilt. Die nachfolgenden Unterkapitel beschreiben die jeweilige methodische Vorgehensweise.

3.3.1 Mikrobiologische Untersuchung

Vor Beginn der Untersuchung wurden das für die Probenahme verwendete Besteck sowie die mit Peptonwasser befüllten Röhrchen in einem Autoklaven sterilisiert, um eine mögliche Kontamination der Proben zu verhindern. Anschließend erfolgte die mikrobiologische Untersuchung mithilfe des Tropfplattenverfahrens in Anlehnung an die DIN 10164-2:2019 zur quantitativen Bestimmung der Keimzahlen. Hierbei wurden Mais- und Kidneybohnenproben auf die GKZ (PC-Agar), auf Hefen und Schimmelpilze (MZ-Agar) sowie auf Enterobacteriaceae (VRBG-Agar) untersucht.

Zur Durchführung der mikrobiologischen Analysen wurden Verdünnungsreihen in Anlehnung an die DIN EN ISO 6887-1:2017 hergestellt, wobei folgende methodische Anpassungen erfolgten. Abweichend von der Norm wurden von jeder Probe 5 g anstelle von 10 g eingewogen und die Verdünnungsröhrchen mit jeweils 45 mL anstelle von 90 mL Peptonlösung befüllt. Entsprechend wurden pro Verdünnungsschritt 500 µL (0,5 mL) anstelle von 1000 µL (1 mL) übertragen. Zudem wurde für jede Probe lediglich eine Verdünnungsreihe hergestellt, deren einzelne Verdünnungsstufen jeweils einmal auf PC-, MZ- und VRBG-Agar ausplattiert wurden. Die mikrobiologischen Analysen wurden somit als Einfachbestimmungen durchgeführt. Dieses Vorgehen erfolgte aus Gründen des Zeit- und Kostenaufwands sowie unter der Berücksichtigung des Nachhaltigkeitsaspekts, indem der Verbrauch

an Nährmedien und weiteren Materialien reduziert wurde. Auch die Wahl des Tropfplattenverfahrens anstelle des Spatelverfahrens ist dadurch begründet.

Unmittelbar nach der Entnahme der Proben aus dem Kühlschrank wurde deren Oberflächentemperatur mittels eines Infrarot-Thermometers erfasst und dokumentiert, um als orientierende Kontrolle der Probentemperatur zum jeweiligen Entnahmezeitpunkt zu dienen. Anschließend verblieben die Proben für einen Zeitraum von ca. 10 Minuten bei Raumtemperatur, bevor sie wieder in den Kühlschrank zurückgestellt wurden. Die gemessenen Oberflächentemperaturen der Proben sind dem Anhang D zu entnehmen. Dieses Vorgehen diente der Simulation haushaltsüblicher Handhabungssituationen, bei denen Lebensmittel während der Entnahme und Weiterverarbeitung kurzzeitig außerhalb des Kühlschranks verweilen.

Im Folgenden wird die chronologische Durchführung der mikrobiologischen Analysen dargestellt. Zum besseren Verständnis wird dabei ausschließlich auf eine Probe Bezug genommen. Die weiteren Proben wurden analog zu diesem Vorgehen behandelt.

1. Desinfektion der Arbeitsfläche:
   Vor Beginn der Untersuchung wurde die Arbeitsfläche mit Isopropanol desinfiziert.

2. Vortrocknen der Agarplatten:
   Die benötigten Agarplatten wurden vor der Beimpfung für ca. 30 Minuten bei 37 °C im Brutschrank vorgetrocknet.

3. Einwiegen der Probe und Hinzugabe von Peptonwasser:
   Vor dem Einwiegen wurde die Probe mithilfe sterilen Bestecks vorsichtig durchmischt, um eine möglichst repräsentative Probenahme zu gewährleisten. Anschließend wurden ca. 5 g der Probe unter Verwendung sterilen Bestecks in einen sterilen Stomacherbeutel eingewogen. Darauffolgend erfolgte die Hinzugabe von 45 mL Peptonlösung, sodass eine 1:10-Verdünnung (hier als 10^{-1} bezeichnet) entstand. Aufgrund der stückigen Beschaffenheit von Mais und Kidneybohnen wurde die tatsächlich eingewogene Probenmasse erfasst und das Volumen der zugegebenen Peptonlösung entsprechend angepasst, um ein möglichst konstantes Verdünnungsverhältnis von 1:10 sicherzustellen.

4. Homogenisieren (Vermischen) der Probe:
   Der Stomacherbeutel wurde in den Stomacher gegeben und für 60 Sekunden homogenisiert, um eine gleichmäßige Verteilung der Probe in der Peptonlösung zu gewährleisten.

5. Beschriften der Röhrchen:

Für die Verdünnungsreihe wurden Röhrchen mit jeweils 4,5 mL Peptonlösung von 10^{-2} (für eine 1:100 Verdünnung) bis 10^{-6} (für eine $1:10^6$ Verdünnung) beschriftet.

6. Herstellung der Verdünnungsreihe:
   Mit einer Kolbenhubpipette wurden 500 µL (0,5 mL) der 10^{-1} Verdünnung (aus dem Stomacherbeutel) in das Röhrchen für die 10^{-2} Verdünnung pipettiert und anschließend mit Hilfe eines Vortexters durchgemischt. Dieser Vorgang wurde fortgeführt, indem jeweils 500 µL jeder Verdünnungsstufe in die nächsthöhere Verdünnungsstufe überführt wurden und anschließend die Röhrchen jeweils durchmischt wurden, bis die Verdünnungsstufe 10^{-6} erreicht wurde. Dabei wurde für jeden Verdünnungsschritt jeweils eine neue sterile Pipettenspitze verwendet.

7. Beschriften der Agarplatten:
   Die Agarplatten (MZ-Agar, PC-Agar, VRBG-Agar) wurden seitlich mit dem Probenkürzel sowie den Verdünnungsstufen 10^{-1} bis 10^{-6} beschriftet. Zudem wurden die Unterseiten der Agarplatten in jeweils sechs gleich große Segmente für die einzelnen Verdünnungsstufen geteilt.

8. Beimpfen der Agarplatten:
   Vor jedem Beimpfungsvorgang wurden die Röhrchen jeweils erneut mithilfe des Vortexters homogenisiert. Die Beimpfung der Agarplatten begann jeweils mit der höchsten Verdünnungsstufe 10^{-6} in absteigender Reihenfolge bis zur Ausgangsverdünnung, sodass für eine Verdünnungsreihe nur eine Pipettenspitze verwendet wurde. Mithilfe einer Kolbenhubpipette wurden jeweils 50 µL (0,05 mL) von jeder Verdünnungsstufe auf die entsprechenden Segmente der Agarplatten pipettiert. Daraufhin wurden die Agarplatten mit aufgelegtem Deckel für ca. 30 Minuten bei Raumtemperatur antrocknen gelassen.

9. Inkubationszeit der Agarplatten:
   Die Agarplatten wurden mit nach unten gerichtetem Deckel für ca. 48 Stunden im Brutschrank bebrütet. Dabei erfolgte die Inkubation der Malzextrakt-Agarplatten bei 30 °C, die der PC-Agarplatten sowie der VRBG-Agarplatten bei 37 °C.

10. Auszählung der Kolonien (Auswertung der Agarplatten):
    Nach der Bebrütungsdauer wurden die gewachsenen Kolonien auf den einzelnen Agarplatten ausgezählt und die erfassten Koloniezahlen tabellarisch dokumentiert (siehe Anhang A). Dabei wurden eindeutig voneinander abgrenzbare Kolonien einzeln erfasst. Stark zusammengewachsene Kolonien, bei denen keine eindeutige Auszählung möglich war, wurden als > 100 Kolonien dokumentiert und nicht für die Berechnung der Keimzahlen herangezogen.

11. Berechnung der Keimzahlen:
    Die Keimzahlen wurden mithilfe der folgenden Formeln (a) und (b) als koloniebildende Einheiten pro Gramm Probe (KbE/g) in Microsoft Excel berechnet. Die berechneten Keimzahlen sind im Anhang B tabellarisch aufgeführt.

    Formel (a):

    $KZ = c * v * 10^x$

    Dabei gilt:

    KZ = Keimzahl (in KbE/g)

    c = Berechnete Koloniezahl der ausgewerteten Verdünnungsstufen

    v = 20 (Volumenkorrekturfaktor für ein ausplattiertes Volumen von 0,05 ml des Tropfplattenverfahrens)

    x = Niedrigste auswertbare Verdünnungsstufe (≥ 1 Kolonie und ≤ 100 Kolonien)

    Formel (b):

    $$c = \frac{\sum c}{n1 * 1 + n2 * 0{,}1}$$

    Dabei gilt:

    c = Berechnete Koloniezahl der ausgewerteten Verdünnungsstufen

    $\sum$ c = Summe aller gezählten Kolonien der ausgewerteten Verdünnungsstufen

    $n1$ = Anzahl der Agarplatten mit der niedrigsten Verdünnungsstufe (hier 1, da jeweils nur eine Platte beimpft wurde)

    $n2$ = Anzahl der Agarplatten mit der nächsthöheren Verdünnungsstufe (hier 1, da jeweils nur eine Platte beimpft wurde; bei nur einer auswertbaren Verdünnungsstufe wird n2 = 0 gesetzt)

3.3.2 Sensorische Beurteilung der Proben

Ergänzend zur mikrobiologischen Untersuchung wurden die Mais- und Kidneybohnenproben an jedem Analysetag unmittelbar nach der Entnahme aus dem Kühlschrank sensorisch hinsichtlich Optik, Geruch und Geschmack beurteilt. Ziel dieses Vorgehens war die Erfassung sensorischer Veränderungen der Proben über die gesamte Lagerungsdauer, um Hinweise zur Einschätzung der Verzehrbarkeit aus Verbrauchersicht zu gewinnen.

Eine geschmackliche Prüfung der Proben wurde ausschließlich durchgeführt, sofern hinsichtlich Optik und/oder Geruch keine Hinweise auf einen beginnenden oder fortgeschrittenen Verderb vorlagen und keine auffälligen mikrobiologischen Ergebnisse festgestellt wurden. Hierdurch sollte das Risiko einer potenziellen gesundheitlichen Gefährdung für die untersuchende Person minimiert werden.

Sämtliche während des Lagerungszeitraums beobachteten sensorischen Veränderungen und Auffälligkeiten der Proben wurden tabellarisch dokumentiert und den Kategorien Optik, Geruch und Geschmack zugeordnet (siehe Anhang C).

3.4 Vorgehen zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die ermittelten Keimzahlen der Mais- und Kidneybohnenproben wurden über die gesamte Lagerungsdauer hinweg analysiert und miteinander verglichen, um den Einfluss der verschiedenen Lagerungsbedingungen auf die mikrobiologische Entwicklung der Proben zu beurteilen. Ergänzend wurden die sensorischen Beurteilungen der Proben berücksichtigt, um mögliche Zusammenhänge zwischen der mikrobiologischen Entwicklung und den sensorischen Veränderungen während der Lagerung aufzuzeigen.

Zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität der Mais- und Kidneybohnenproben wurden die Richt- und Warnwerte der DGHM für hitzebehandelte, verzehrfertige Speisen/Gerichte herangezogen (siehe Tabelle 1). Dabei wurden in der Tabelle ausschließlich die für die untersuchten mikrobiologischen Parameter relevanten Werte berücksichtigt. Zur Beurteilung der Gesamtkeimzahl (GKZ) wurde der entsprechende DGHM-Richtwert für die aerobe mesophile Keimzahl verwendet.

Tabelle 1: DGHM-Richt- und Warnwerte sowie Orientierungswerte zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Mais- und Kidneybohnenproben

	Richtwert (KbE/g)	**Warnwert (KbE/g)**
Aerobe mesophile Keimzahl	1×10^6	–
Enterobacteriaceae	5×10^2	5×10^3
Hefen*	1×10^5	–
Schimmelpilze*	1×10^3	–

Eigene Darstellung nach: Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM), 2017

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm
*: Allgemeiner Orientierungswert zur mikrobiologischen Beurteilung, abgeleitet aus DGHM-Werten für andere Lebensmittelkategorien

Für Hefen und Schimmelpilze sind in der herangezogenen Lebensmittelkategorie der DGHM „hitzebehandelte, verzehrfertige Speisen/Gerichte“ jedoch keine spezifischen Werte festgelegt. Daher wurden hier allgemeine Orientierungswerte zur Beurteilung herangezogen, die sich überwiegend an Richtwerten aus anderen Lebensmittelkategorien der DGHM orientieren, in denen Hefen bzw. Schimmelpilze berücksichtigt werden. Dabei wurden für Hefen ein Orientierungswert von $1{,}0 \times 10^5$ KbE/g und für Schimmelpilze ein Orientierungswert von $1{,}0 \times 10^3$ KbE/g berücksichtigt (siehe

Tabelle 1). Diesen Werten kann jedoch nicht die gleiche Bedeutung wie den entsprechenden DGHM-Werten zugeschrieben werden.

Die ermittelten Keimzahlen der Proben wurden mit den entsprechenden DGHM-Werten verglichen, um Überschreitungen von Richt- bzw. Warnwerten im Verlauf der Lagerung zu erfassen. Eine tabellarische Übersicht der Keimzahlen sowie deren Einordnung anhand der DGHM-Richt- und Warnwerte ist in Anhang B dargestellt.

4 Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse basieren auf der mikrobiologischen Untersuchung von Mais und Kidneybohnen aus geöffneten Konservendosen, die unter verschiedenen haushaltsüblichen Bedingungen gelagert wurden. Dabei wurden die Proben mithilfe des Tropfplattenverfahrens auf die Gesamtkeimzahl (PC-Agar), Hefen und Schimmelpilze (MZ-Agar) sowie Enterobacteriaceae (VRBG-Agar) untersucht. Zusätzlich zu den mikrobiologischen Ergebnissen werden in diesem Kapitel die beobachteten sensorischen Veränderungen der Proben während der Lagerung beschrieben.

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung konnten auf dem verwendeten MZ-Agar ausschließlich Hefekolonien erfasst werden, während Schimmelpilzkolonien in keiner der untersuchten Proben oberhalb der methodischen Nachweisgrenze nachgewiesen wurden. Daher werden Schimmelpilze in den folgenden Darstellungen der mikrobiologischen Ergebnisse nicht gesondert aufgeführt. Gegen Ende der Lagerungsdauer wurde bei mehreren Proben eine makroskopisch sichtbare Schimmelbildung beobachtet.

4.1 Mais unter verschiedenen Lagerungsbedingungen (M1–M3)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Maisproben (M1–M3) dargestellt. Dabei werden die einzelnen Proben hinsichtlich ihrer Keimzahlentwicklung und der beobachteten sensorischen Veränderungen über den gesamten Lagerungszeitraum beschrieben. Abschließend werden die Ergebnisse der Proben vergleichend gegenübergestellt.

Probe M1:

Die Probe M1 umfasst abgetropften Mais, der nach dem Abgießen der Lake in der offenen Konservendose verblieb und darin gelagert wurde. Die mikrobiologischen Ergebnisse, bestehend aus den ermittelten Keimzahlen der Parameter Gesamtkeimzahl (GKZ), Hefen sowie Enterobacteriaceae, sind in Tabelle 2 dargestellt und werden im Folgenden erläutert.

Tabelle 2: Ermittelte Keimzahlen von Probe M1 (Mais, abgetropft, in offener Konservendose gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$< 2{,}0 \times 10^2$	$1{,}1 \times 10^3$	$< 2{,}0 \times 10^2$
16	–	–	–

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

–: Keine mikrobiologische Analyse durchgeführt; Probe aufgrund des sensorischen Zustands entsorgt

Die Gesamtkeimzahl (GKZ) lag während des gesamten Lagerungszeitraums unterhalb der Nachweisgrenze von $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g. Auch Enterobacteriaceae konnten in der Probe M1 nicht oberhalb der methodischen Nachweisgrenze nachgewiesen werden. Hefen wurden ausschließlich an Tag 12 mit einer Keimzahl von $1{,}1 \times 10^3$ KBE/g nachgewiesen.

Sensorisch zeigte die in der offenen Konservendose gelagerte Maisprobe zunächst keine Auffälligkeiten hinsichtlich Aussehen, Geruch und Geschmack. An Tag 5 wurden erste Veränderungen in Form einer grau-gelben Verfärbung der Maiskörner sowie einer Abnahme des charakteristischen Maisgeruchs festgestellt. Im weiteren Verlauf der Lagerung wurde an Tag 9 zusätzlich eine Abnahme des charakteristischen süßlichen Maisgeschmacks wahrgenommen. An Tag 12 der Lagerung erschien die Oberfläche der Maiskörner glanzlos und trocken. Zudem wurde erstmals ein leicht muffig-modriger Geruch festgestellt. Zum Ende der Lagerung (Tag 16) war an mehreren Stellen der Probenoberfläche Schimmelbildung sichtbar, die sich überwiegend als weißer, flaumiger Belag mit einzelnen dunkelgrün gefärbten Stellen zeigte. Zudem wies die Probe einen stark modrigen Geruch auf. Aufgrund der ausgeprägten Verderbserscheinungen zu diesem Zeitpunkt wurde die Probe nicht weiter mikrobiologisch untersucht und entsorgt.

Probe M2:

Bei der Probe M2 handelt es sich um abgetropften Mais aus der geöffneten Konservendose, welcher in einem geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert wurde. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung von Probe M2 über den gesamten Lagerungszeitraum.

Tabelle 3: Ermittelte Keimzahlen von Probe M2 (Mais, abgetropft, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$9{,}1 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$< 2{,}0 \times 10^2$	$1{,}1 \times 10^4$	$< 2{,}0 \times 10^2$
16	$< 2{,}0 \times 10^2$	$8{,}9 \times 10^5$	$< 2{,}0 \times 10^2$

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

Während der gesamten Lagerungsdauer von Probe M2 blieben sowohl die Gesamtkeimzahl (GKZ) als auch die Keimzahl von Enterobacteriaceae unterhalb der Nachweisgrenze ($< 2{,}0 \times 10^2$ KbE/g). Hefen waren bis einschließlich Tag 5 nicht nachweisbar. An Tag 9 wurde mit einer Keimzahl von $9{,}1 \times 10^2$ KbE/g erstmalig Hefewachstum nachgewiesen. Im weiteren Verlauf der Lagerung nahm die Hefekeimzahl weiter zu und erreichte schließlich an Tag 16 mit $8{,}9 \times 10^5$ KbE/g den höchsten Wert.

Sensorisch waren bei der im Kunststoffbehälter gelagerten Maisprobe bis einschließlich Tag 9 keine wahrnehmbaren Veränderungen hinsichtlich Aussehen, Geruch und Geschmack festzustellen. An Tag 12 der Lagerung wurde erstmals eine Abnahme der Geschmacksintensität sowie ein leicht modriger Geschmack wahrgenommen. Zum Ende der Lagerung (Tag 16) zeigten sich schließlich deutliche sensorische Auffälligkeiten mit einem beginnenden Schimmelbefall einzelner Maiskörner (weißer bis dunkelgrüner Belag), einer leicht schmierigen Textur sowie einem stark modrigen Geruch. Da die Schimmelbildung zu diesem Zeitpunkt lediglich vereinzelt auftrat, wurde die Probe nochmals mikrobiologisch untersucht und im Anschluss an die Analyse entsorgt.

Probe M3:

Die Probe M3 umfasst abgetropften Mais aus der geöffneten Konservendose, welcher in einer mit Frischhaltefolie abgedeckten Porzellanschüssel gelagert wurde. Die mikrobiologischen Ergebnisse von Probe M3 sind der Tabelle 4 zu entnehmen und werden im Folgenden erläutert.

Tabelle 4: Ermittelte Keimzahlen von Probe M3 (Mais, abgetropft, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$< 2{,}0 \times 10^2$	$6{,}0 \times 10^4$	$< 2{,}0 \times 10^2$
16	–	–	–

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

–: Keine mikrobiologische Analyse durchgeführt; Probe aufgrund des sensorischen Zustands entsorgt

Die Gesamtkeimzahl (GKZ) lag während der Lagerung durchgehend unterhalb der Nachweisgrenze von $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g. Ebenso konnten in der Probe M3 keine Enterobacteriaceae nachgewiesen werden. Hefen waren bis einschließlich Tag 5 der Lagerung nicht nachweisbar. An Tag 9 wurde erstmals eine Hefekeimzahl in Höhe der Nachweisgrenze ($2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) ermittelt, die bis Tag 12 auf einen Wert von $6{,}0 \times 10^4$ KbE/g anstieg.

Sensorisch zeigte die in der abgedeckten Porzellanschüssel gelagerte Maisprobe bis einschließlich Tag 9 keine auffälligen Veränderungen. An Tag 12 wurde eine Abnahme der Farbintensität der Maiskörner sowie eine leicht grau-gelbe Verfärbung festgestellt. Zusätzlich wurde eine verminderte Geschmacksintensität festgestellt, die von einer leicht muffig-modrigen Note begleitet wurde. Nach 16 Tagen Lagerung war schließlich an mehreren Stellen der Probenoberfläche ein weißer, flaumiger Schimmelbewuchs sichtbar. Zudem wurde ein stark modriger Geruch festgestellt. Aufgrund dieses sensorischen Zustands wurde die Probe entsorgt und nicht weiter mikrobiologisch untersucht.

4.1.1 Vergleich der Ergebnisse von M1–M3

Zur besseren Vergleichbarkeit der Lagerungsbedingungen vom Mais werden die mikrobiologischen Entwicklungen der Proben M1–M3 nachfolgend grafisch gegenübergestellt. Da für die Gesamtkeimzahl (GKZ) sowie Enterobacteriaceae während der gesamten Lagerungsdauer in allen drei Maisproben ausschließlich Werte unterhalb der methodischen Nachweisgrenze ermittelt wurden, wird in der folgenden Abbildung nur die Entwicklung der Hefekeimzahlen dargestellt. Diese wurden anhand des in Kapitel 3.4 aufgeführten Orientierungswertes für Hefen eingeordnet. Ergänzend erfolgt eine vergleichende Betrachtung der sensorischen Veränderungen der Proben.

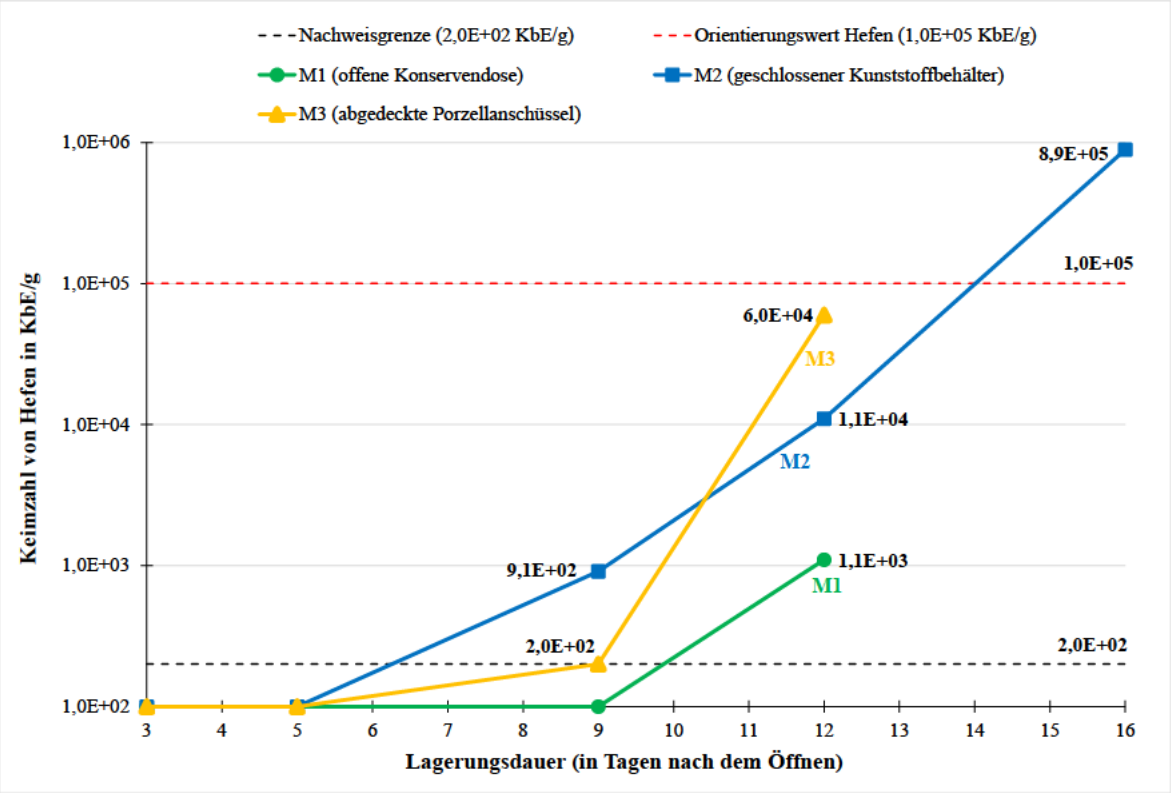


Abbildung 2: Entwicklung der Hefekeimzahlen von M1–M3 während der Lagerung
Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze ($1{,}0 \times 10^2$ KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

Wie Abbildung 2 zeigt, verlief die Entwicklung der Hefekeimzahlen bei den Maisproben M1–M3 je nach Lagerungsbedingung unterschiedlich stark. Insgesamt zeigte Probe M1 während der Lagerung das geringste Hefewachstum. In dieser Probe wurden Hefen erstmalig an Tag 12 mit einer Keimzahl von $1{,}1 \times 10^3$ KbE/g nachgewiesen, während in den Proben M2 und M3 bereits an Tag 9 Keimzahlen oberhalb bzw. im Bereich der Nachweisgrenze ermittelt wurden. An Tag 12 der Lagerung wiesen die Proben M2 ($1{,}1 \times 10^4$ KbE/g) und M3 ($6{,}0 \times 10^4$ KbE/g) höhere Hefekeimzahlen auf als Probe M1, wobei Probe M3 die höchste Hefekeimzahl aufwies. An Tag 16 erreichte Probe M2 eine Hefekeimzahl von $8{,}9 \times 10^5$ KbE/g und überschritt damit den Orientierungswert für Hefen ($1{,}0 \times 10^5$ KbE/g).

Ein direkter Vergleich mit den Proben M1 und M3 war zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht mehr möglich, da diese bereits entsorgt wurden.

Die in der offenen Konservendose gelagerte Probe (M1) zeigte bereits an Tag 5 erste sensorische Veränderungen und wies damit die frühesten wahrnehmbaren Auffälligkeiten unter den drei untersuchten Maisproben auf. Bei den Proben M2 und M3 wurden sensorische Auffälligkeiten hingegen erst ab Tag 12 beobachtet. Während beide Proben ähnliche geschmackliche Veränderungen zeigten, blieb insbesondere das Aussehen der im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagerten Probe (M2) über die Lagerungsdauer vergleichsweise länger stabil. Zum Ende der Lagerung (Tag 16) wurden bei allen Proben deutliche Verderbserscheinungen in Form von sichtbarer Schimmelbildung festgestellt. Während bei den Proben M1 und M3 bereits Schimmel an mehreren Stellen der Probenoberfläche festgestellt wurde, trat dieser bei Probe M2 lediglich vereinzelt auf.

4.2 Kidneybohnen unter verschiedenen Lagerungsbedingungen (K1–K3)

Im Folgenden werden die mikrobiologischen Ergebnisse und sensorischen Beobachtungen der Kidneybohnenproben (K1–K3) beschrieben und anschließend gegenübergestellt.

Probe K1:

Die Probe K1 umfasst abgetropfte Kidneybohnen, die nach dem Abgießen der Lake in der offenen Konservendose verblieben und darin gelagert wurden. Die ermittelten Keimzahlen von Probe K1 sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Ermittelte Keimzahlen von Probe K1 (Kidneybohnen, abgetropft, in offener Konservendose gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
16	$< 2{,}0 \times 10^2$	$2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

Die Gesamtkeimzahl (GKZ) sowie die Keimzahl von Enterobacteriaceae lagen während des gesamten Lagerungszeitraums unterhalb der methodischen Nachweisgrenze. Hefen konnten bis einschließlich Tag 12 nicht nachgewiesen werden. Erst an Tag 16 der Lagerung wurde eine Hefekeimzahl in Höhe der Nachweisgrenze ($2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) ermittelt.

Bei den Kidneybohnen, die in der offenen Konservendose gelagert wurden, waren erste sensorische Veränderungen an Tag 5 festzustellen. Zu diesem Zeitpunkt wurde eine Abnahme der Farbintensität beobachtet, wodurch die Bohnen blasser und weniger kräftig dunkelrot wirkten als zu Beginn der Lagerung. An Tag 9 zeigte sich zusätzlich eine leichte Austrocknung der Bohnenoberfläche, welche am folgenden Analysetag (Tag 12) nicht mehr festzustellen war. Gleichzeitig wurde an Tag 12 erstmals ein leicht muffiger Geruch wahrgenommen. Zum Ende der Lagerung (Tag 16) zeigten sich deutliche sensorische Veränderungen in Form eines milchig-schleimigen Belags auf der Bohnenoberfläche sowie eines stärker ausgeprägten muffigen Geruchs.

Probe K2:

Bei der Probe K2 handelt es sich um abgetropfte Kidneybohnen, die aus der geöffneten Konservendose in einen Kunststoffbehälter umgefüllt und dort geschlossen gelagert wurden. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung von Probe K2.

Tabelle 6: Ermittelte Keimzahlen von Probe K2 (Kidneybohnen, abgetropft, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$8{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$1{,}8 \times 10^3$	$1{,}3 \times 10^4$	$< 2{,}0 \times 10^2$
16	$3{,}8 \times 10^4$	$2{,}9 \times 10^5$	$< 2{,}0 \times 10^2$

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

Die Gesamtkeimzahl (GKZ) blieb bis einschließlich Tag 9 unterhalb der methodischen Nachweisgrenze. An Tag 12 wurde erstmals eine GKZ von $1{,}8 \times 10^3$ KbE/g nachgewiesen, die bis zum letzten Analysetag auf $3{,}8 \times 10^4$ KbE/g anstieg. Ein erstes Hefewachstum in Probe K2 wurde bereits an Tag 5 festgestellt und mit einer Keimzahl in Höhe der Nachweisgrenze ($2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) erfasst. Im weiteren Verlauf der Lagerung zeigte sich ein kontinuierlicher Anstieg der Hefekeimzahl, die schließlich an Tag 16 mit $2{,}9 \times 10^5$ KbE/g ihren höchsten Wert erreichte. Enterobacteriaceae wurden hingegen während des gesamten Lagerungszeitraums nicht nachgewiesen.

Sensorisch zeigten die Kidneybohnen, die im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert wurden, bis einschließlich Tag 12 keine auffälligen Veränderungen. Erst zum Ende der Lagerung (Tag 16) wurde ein beginnender Schimmelbewuchs auf einzelnen Bohnen festgestellt, der weiß und flaumig erschien. Gleichzeitig war eine sichtbare Feuchtigkeitsansammlung im Behälter zu beobachten. Die Probe wies zudem eine feucht-schmierige Textur sowie einen deutlich modrigen Geruch auf. Da sich der

Schimmelbewuchs zu diesem Zeitpunkt lediglich auf einzelne Bohnen beschränkte, wurde die Probe nochmals mikrobiologisch untersucht und im Anschluss entsorgt.

Probe K3:

Die Probe K3 umfasst abgetropfte Kidneybohnen aus der geöffneten Konservendose, die in einer mit Frischhaltefolie abgedeckten Porzellanschüssel gelagert wurden. Die mikrobiologischen Ergebnisse von Probe K3 sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 7: Ermittelte Keimzahlen von Probe K3 (Kidneybohnen, abgetropft, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$1{,}6 \times 10^3$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$1{,}1 \times 10^5$	$1{,}2 \times 10^5$	$< 2{,}0 \times 10^2$
16	–	–	–

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

–: Keine mikrobiologische Analyse durchgeführt; Probe aufgrund des sensorischen Zustands entsorgt

Die Gesamtkeimzahl (GKZ) lag bis einschließlich Tag 9 unterhalb der Nachweisgrenze von $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g. Erst an Tag 12 war ein deutlicher Anstieg der GKZ auf einen Wert von $1{,}1 \times 10^5$ KbE/g festzustellen. Hefen waren bis einschließlich Tag 5 nicht nachweisbar in Probe K3. An Tag 9 wurde erstmals eine Hefekeimzahl von $1{,}6 \times 10^3$ KbE/g festgestellt, die im weiteren Verlauf der Lagerung weiter anstieg, bis an Tag 12 ein Wert in Höhe von $1{,}2 \times 10^5$ KbE/g erreicht wurde. Enterobacteriaceae waren hingegen während des gesamten Lagerungszeitraums nicht nachweisbar.

Die Kidneybohnen, die in der abgedeckten Porzellanschüssel gelagert wurden, zeigten bis einschließlich Tag 9 keine auffälligen Veränderungen hinsichtlich Aussehen, Geruch oder Geschmack. An Tag 12 wurde erstmals ein leicht muffig-modriger Geschmack der Kidneybohnen wahrgenommen. Zum Ende der Lagerung (Tag 16) waren schließlich deutlich ausgeprägte Verderbserscheinungen festzustellen, darunter ein weißer, flaumiger Schimmelbewuchs auf mehreren Kidneybohnen, eine feuchtschmierige Textur sowie ein stark modriger Geruch. Aufgrund des sensorischen Zustandes zu diesem Zeitpunkt wurde die Probe entsorgt und nicht weiter mikrobiologisch untersucht.

4.2.1 Vergleich der Ergebnisse von K1–K3

Im Folgenden werden die Kidneybohnenproben K1–K3 hinsichtlich ihrer mikrobiologischen Entwicklungen während der Lagerung miteinander verglichen. Die Entwicklung der Gesamtkeimzahlen ist in Abbildung 3, die der Hefekeimzahlen in Abbildung 4 dargestellt. Da Enterobacteriaceae in keiner der drei Proben während der gesamten Lagerungszeit nachgewiesen wurden, erfolgt keine grafische Darstellung dieses mikrobiologischen Parameters.

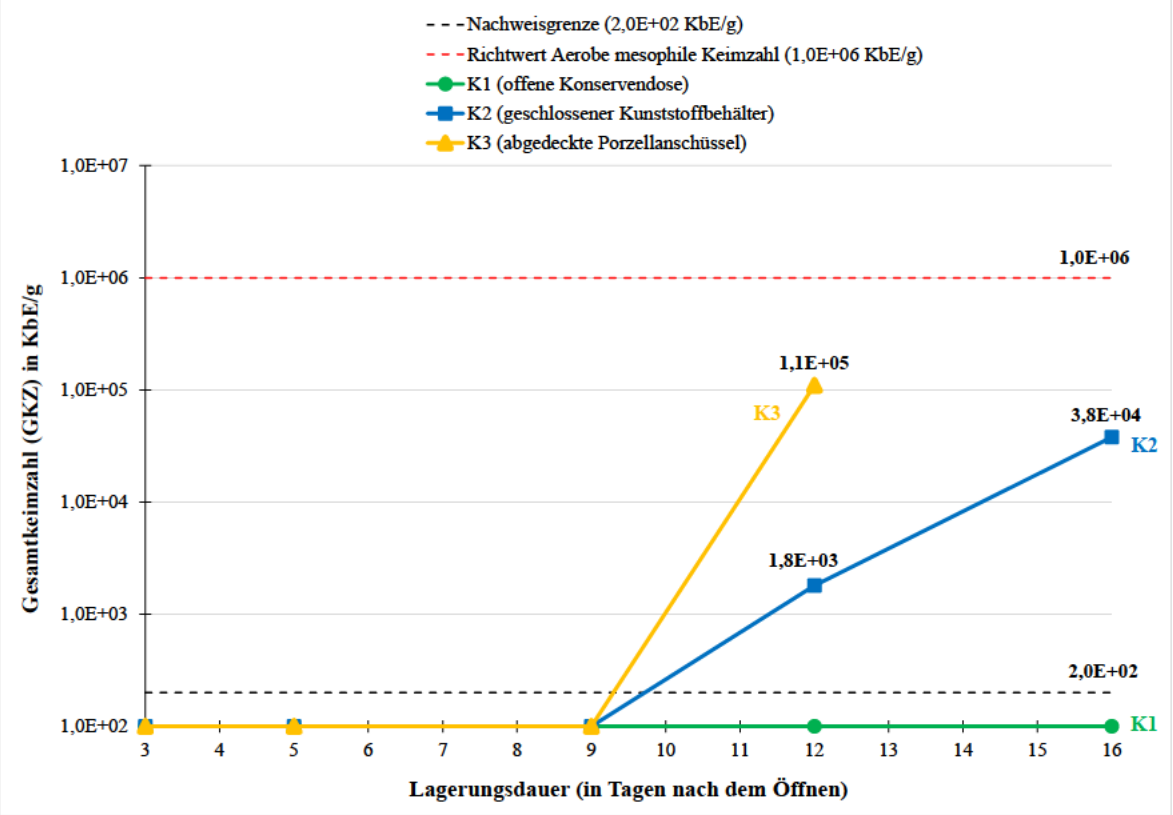


Abbildung 3: Entwicklung der Gesamtkeimzahlen von K1–K3 während der Lagerung
Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze ($1{,}0 \times 10^2$ KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

Wie in Abbildung 3 dargestellt, zeigen die Proben K1–K3 deutliche Unterschiede hinsichtlich der Entwicklung der Gesamtkeimzahl (GKZ) im Verlauf der Lagerung. Während die in der offenen Konservendose gelagerte Probe (K1) über die gesamte Lagerungsdauer keine quantifizierbaren Veränderungen der GKZ aufwies, wurden bei den Proben K2 und K3 an Tag 12 erstmals erhöhte Gesamtkeimzahlen nachgewiesen. Bei der im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagerten Probe (K2) stieg die GKZ bis Tag 16 auf $3{,}8 \times 10^4$ KbE/g an. Probe K3, die in der abgedeckten Porzellanschüssel gelagert wurde, wies hingegen bereits an Tag 12 eine GKZ von $1{,}1 \times 10^5$ KbE/g auf. Der DGHM-Richtwert für die aerobe mesophile Keimzahl von $1{,}0 \times 10^6$ KbE/g wurde jedoch trotz der beobachteten Keimzahlanstiege in keiner der beiden Proben während der Lagerungsdauer überschritten.

Abbildung 4 veranschaulicht die Entwicklung der Hefekeimzahlen der Kidneybohnenproben K1–K3 über die gesamte Lagerungsdauer.

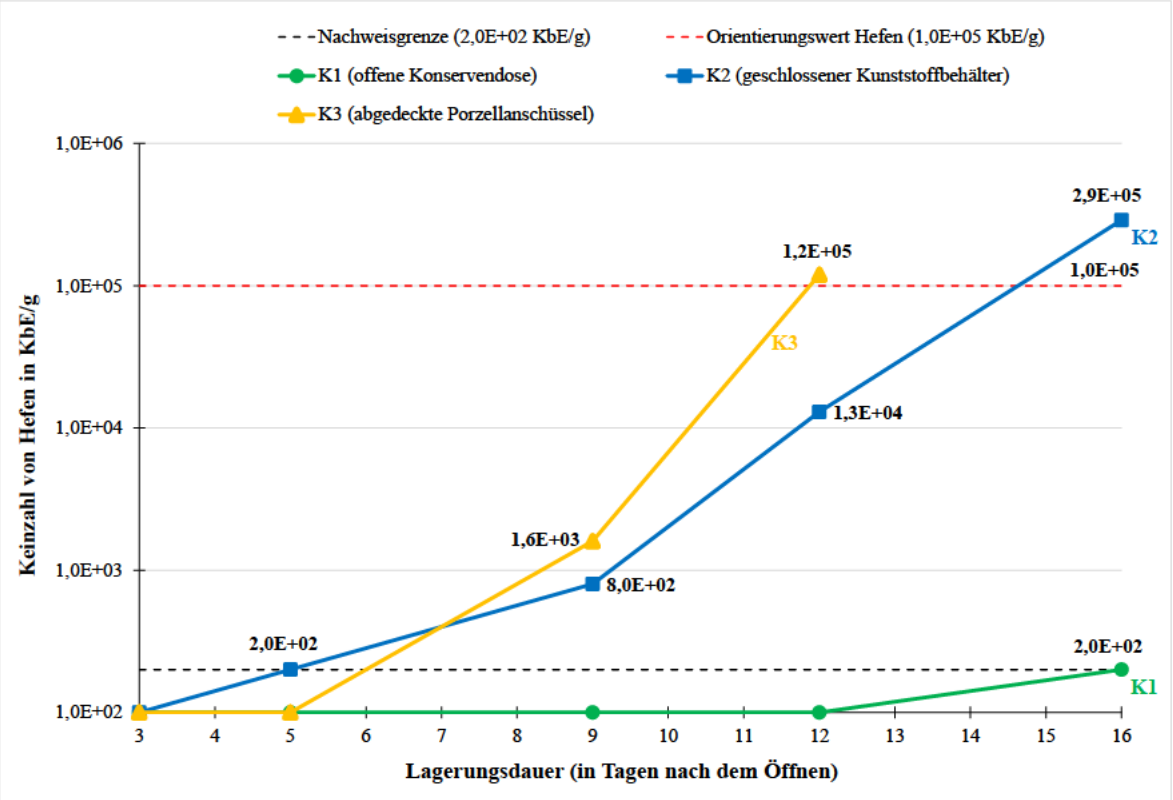


Abbildung 4: Entwicklung der Hefekeimzahlen von K1–K3 während der Lagerung
Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze ($1{,}0 \times 10^2$ KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

In Probe K1 konnten bis einschließlich Tag 12 keine Hefen nachgewiesen werden. Erst zum Ende der Lagerung (Tag 16) wurde mit $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g ein Wert in Höhe der Nachweisgrenze ermittelt. Demgegenüber zeigten die Proben K2 und K3 eine frühere sowie stärkere Zunahme der Hefekeimzahlen im Verlauf der Lagerung. Während in Probe K2 an Tag 5 erstmals eine Hefekeimzahl in Höhe der Nachweisgrenze ermittelt wurde, konnten in Probe K3 an Tag 9 erstmals Hefen oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesen werden. Zu diesem Zeitpunkt lag die Hefekeimzahl von Probe K3 mit $1{,}6 \times 10^3$ KbE/g bereits über dem Wert von Probe K2 ($8{,}0 \times 10^2$ KbE/g). Im weiteren Verlauf nahm die Hefekeimzahl in beiden Proben weiter zu, wobei die Entwicklung bei Probe K3 stärker ausgeprägt war. An Tag 12 lag die Hefekeimzahl von Probe K3 mit $1{,}2 \times 10^5$ KbE/g um etwa eine Zehnerpotenz über der von Probe K2, wodurch der Orientierungswert für Hefen von $1{,}0 \times 10^5$ KbE/g überschritten wurde. In Probe K2 erfolgte die Überschreitung dieses Wertes hingegen erst an Tag 16 der Lagerung.

Auch hinsichtlich des zeitlichen Auftretens sensorischer Veränderungen zeigten die Kidneybohnenproben K1–K3 Unterschiede. Probe K1, die in der offenen Konservendose gelagert wurde, wies an Tag 5 erste sensorische Auffälligkeiten in Form einer verminderten Farbintensität der Kidneybohnen auf, während die Proben K2 und K3 zunächst weitgehend sensorisch unauffällig blieben. Probe K2, die im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert wurde, zeigte bis einschließlich Tag 12 keine auffälligen Veränderungen und blieb insbesondere hinsichtlich der ursprünglichen Farbintensität der Kidneybohnen am stabilsten. Bei der in der abgedeckten Porzellanschüssel gelagerten Probe K3 wurde hingegen an Tag 12 erstmals ein leicht muffig-modriger Geschmack wahrgenommen. Zum Ende der Lagerungsdauer (Tag 16) zeigten schließlich alle Proben deutliche Verderbserscheinungen. Während Probe K1 einen milchig-schleimigen Belag sowie muffigen Geruch aufwies, wurden bei den Proben K2 und K3 Schimmelbildung und stark modrige Gerüche festgestellt. Dabei war die Schimmelbildung bei Probe K3 stärker ausgeprägt als bei Probe K2.

4.3 Abgespülte Kidneybohnen unter verschiedenen Lagerungsbedingungen (K1S–K3S)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Probenreihe K1S–K3S dargestellt. Dabei handelt es sich um Kidneybohnen aus der geöffneten Konservendose, die nach dem Abgießen der Konservenflüssigkeit (Lake) zusätzlich mit Wasser abgespült und anschließend unter denselben Lagerungsbedingungen wie die vorherigen Probenreihen gelagert wurden. Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss des Abspülens auf die mikrobiologische Entwicklung der Kidneybohnen während der Lagerung zu erfassen.

Zunächst werden die mikrobiologischen Ergebnisse und sensorischen Beobachtungen der einzelnen Proben beschrieben. Anschließend erfolgt ein Vergleich der abgespülten Proben K1S–K3S hinsichtlich ihrer Keimzahlentwicklung im Verlauf der Lagerung. Darüber hinaus werden die abgespülten Kidneybohnenproben (K1S–K3S) den nicht abgespülten Kidneybohnenproben (K1–K3) gegenübergestellt.

Probe K1S:

Bei der Probe K1S handelt es sich um Kidneybohnen, die nach dem Abgießen der Lake zusätzlich mit Wasser abgespült und anschließend in der offenen Konservendose gelagert wurden. Die für diese Probe ermittelten Keimzahlen der Parameter Gesamtkeimzahl (GKZ), Hefen und Enterobacteriaceae sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 8: Ermittelte Keimzahlen von Probe K1S (Kidneybohnen, abgetropft und abgespült, in offener Konservendose gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$2{,}7 \times 10^3$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$9{,}4 \times 10^8$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$< 2{,}0 \times 10^2$	$> 2{,}0 \times 10^9$***	$2{,}0 \times 10^2$
16	–	–	–

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

***: Keine quantitative Hefebestimmung möglich (Koloniezahl > 100 auf höchster Verdünnungsstufe)

–: Keine mikrobiologische Analyse durchgeführt; Probe aufgrund des sensorischen Zustands entsorgt

Die Probe K1S zeigte im Verlauf der Lagerung eine stark ausgeprägte Zunahme der Hefekeimzahl, während die Gesamtkeimzahl (GKZ) über den gesamten Untersuchungszeitraum unterhalb der methodischen Nachweisgrenze blieb. Enterobacteriaceae waren bis einschließlich Tag 9 nicht nachweisbar und wurden erstmals an Tag 12 der Lagerung mit einer Keimzahl in Höhe der Nachweisgrenze ($2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) nachgewiesen. Ein erstes Hefewachstum war in Probe K1S bereits an Tag 5 mit einer Keimzahl von $2{,}7 \times 10^3$ KbE/g feststellbar. Bis Tag 9 stieg die Hefekeimzahl sprunghaft an und erreichte einen Wert von $9{,}4 \times 10^8$ KbE/g. An Tag 12 war aufgrund des stark ausgeprägten Hefewachstums keine quantitative Bestimmung der Hefen mehr möglich, da die Koloniezahl selbst auf der höchsten Verdünnungsstufe außerhalb des auswertbaren Bereichs (≥ 1 und ≤ 100 Kolonien) lag. Ausgehend von der maximal auswertbaren Koloniezahl (100 Kolonien) konnte für diesen Zeitpunkt lediglich eine Hefekeimzahl von $> 2{,}0 \times 10^9$ KbE/g abgeschätzt werden.

Sensorisch zeigte die Probe K1S an Tag 5 der Lagerung erste Veränderungen in Form einer verminderten Farbintensität, wobei die Kidneybohnen an der Oberfläche blasser und weniger dunkelrot als zu Beginn der Lagerung wirkten. An Tag 9 wurden zusätzlich eine leichte Austrocknung der Oberfläche sowie ein muffig-hefiger Geruch wahrgenommen. Zum Ende der Lagerung (Tag 12) zeigten sich deutliche Verderbserscheinungen. Die Bohnen wirkten dunkel verfärbt und wiesen einen milchig-schleimigen Belag auf der Oberfläche auf. Zudem wurde ein stark muffiger Geruch festgestellt. Aufgrund des fortgeschrittenen Verderbs wurde die Probe nach Abschluss der Analyse an Tag 12 entsorgt.

Probe K2S:

Die Probe K2S umfasst Kidneybohnen, die nach dem Abgießen der Lake zusätzlich mit Wasser abgespült und anschließend in einem geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert wurden. Die mikrobiologischen Ergebnisse der Probe sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Ermittelte Keimzahlen von Probe K2S (Kidneybohnen, abgetropft und abgespült, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$2{,}0 \times 10^4$	$1{,}2 \times 10^3$
12	$2{,}0 \times 10^4$	$2{,}9 \times 10^5$	$2{,}6 \times 10^4$
16	–	–	–

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

–: Keine mikrobiologische Analyse durchgeführt; Probe aufgrund des sensorischen Zustands entsorgt

Die Gesamtkeimzahl (GKZ) blieb in Probe K2S bis einschließlich Tag 9 unterhalb der methodischen Nachweisgrenze. An Tag 12 wurde erstmals eine GKZ oberhalb der Nachweisgrenze von $2{,}0 \times 10^4$ KbE/g ermittelt. Im Vergleich dazu zeigten sowohl die Hefekeimzahl als auch die Enterobacteriaceae-Keimzahl eine frühere Zunahme während der Lagerung. An Tag 9 wurde erstmals eine Hefekeimzahl von $2{,}0 \times 10^4$ KbE/g ermittelt, die bis Tag 12 auf $2{,}9 \times 10^5$ KbE/g anstieg. Auch Enterobacteriaceae wurden erstmals an Tag 9 mit einer Keimzahl von $1{,}2 \times 10^3$ KbE/g nachgewiesen. Bis Tag 12 stieg die Keimzahl auf einen Maximalwert von $2{,}6 \times 10^4$ KbE/g an.

Sensorisch zeigte die Probe K2S bis einschließlich Tag 5 keine auffälligen Veränderungen. An Tag 9 wurden erstmals eine milchig-schmierige Oberfläche sowie ein muffig-fauliger Geruch festgestellt. Bis zum Ende der Lagerung (Tag 12) verstärkten sich diese Veränderungen zu einem milchig-schleimigen Belag auf den Bohnen und einem stark muffig-fauligen Geruch. Aufgrund dieses sensorischen Zustandes wurde die Probe nach Abschluss der Untersuchung an Tag 12 entsorgt.

Probe K3S:

Bei der Probe K3S handelt es sich um Kidneybohnen, die nach dem Abgießen der Lake zusätzlich mit Wasser abgespült und anschließend in einer mit Frischhaltefolie abgedeckten Porzellanschüssel gelagert wurden. Die mikrobiologischen Ergebnisse der Probe sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Ermittelte Keimzahlen von Probe K3S (Kidneybohnen, abgetropft und abgespült, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	GKZ (in KbE/g)	Hefen (in KbE/g)	Enterobacteriaceae (in KbE/g)
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$2{,}2 \times 10^3$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$4{,}0 \times 10^2$	$1{,}3 \times 10^8$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$5{,}3 \times 10^3$	$1{,}5 \times 10^9$	$2{,}0 \times 10^2$
16	$1{,}1 \times 10^4$	$9{,}3 \times 10^8$	$< 2{,}0 \times 10^2$

KbE/g: Koloniebildende Einheiten pro Gramm

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

Im Verlauf der Lagerung zeigte die Probe K3 ein stark ausgeprägtes Hefewachstum. An Tag 5 wurden erstmalig Hefen mit einer Keimzahl von $2{,}2 \times 10^3$ KBE/g nachgewiesen. Anschließend kam es zu einem starken Anstieg der Hefekeimzahl, die an Tag 12 mit $1{,}5 \times 10^9$ KbE/g ihren Maximalwert erreichte. Auch am letzten Analysetag (Tag 16) wurde mit einem Wert von $9{,}3 \times 10^8$ KbE/g weiterhin eine hohe Hefekeimzahl ermittelt. Die Gesamtkeimzahl (GKZ) lag dagegen bis einschließlich Tag 5 der Lagerung unterhalb der methodischen Nachweisgrenze. An Tag 9 wurde erstmals eine GKZ oberhalb der Nachweisgrenze von $4{,}0 \times 10^2$ KBE/g ermittelt, die bis Tag 16 auf $1{,}1 \times 10^4$ KbE/g anstieg. Die Enterobacteriaceae-Keimzahl lag während des gesamten Lagerungszeitraums überwiegend unterhalb der Nachweisgrenze. Lediglich an Tag 12 wurde ein Wert in Höhe der Nachweisgrenze ($2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) ermittelt.

Sensorisch zeigte die Probe K3S bis einschließlich Tag 5 keine auffälligen Veränderungen. Ab Tag 9 wurden erstmals eine milchige, leicht schmierige Oberfläche der Bohnen sowie ein muffig-fauliger Geruch wahrgenommen. Diese sensorischen Veränderungen blieben bis Tag 12 weitgehend unverändert bestehen. Zum Ende der Lagerung (Tag 16) zeigten die Kidneybohnen jedoch deutliche Verderbserscheinungen in Form einer dunklen Verfärbung, eines milchig-schleimigen Belags sowie eines stark muffig-fauligen Geruchs.

4.3.1 Vergleich der Ergebnisse von K1S–K3S

Im Folgenden werden die abgespülten Kidneybohnenproben K1S–K3S hinsichtlich ihrer mikrobiologischen und sensorischen Veränderungen während der Lagerung miteinander verglichen. Die Entwicklungen der Gesamtkeimzahl (GKZ), der Hefekeimzahl sowie der Enterobacteriaceae-Keimzahl sind in den Abbildungen 5–7 graphisch dargestellt. Die Einordnung der Keimzahlen erfolgte dabei anhand der in Kapitel 3.4 aufgeführten DGHM-Richt- und Warnwerte für verzehrfertige Speisen/Gerichte sowie des Orientierungswertes für Hefen (siehe Tabelle 1).

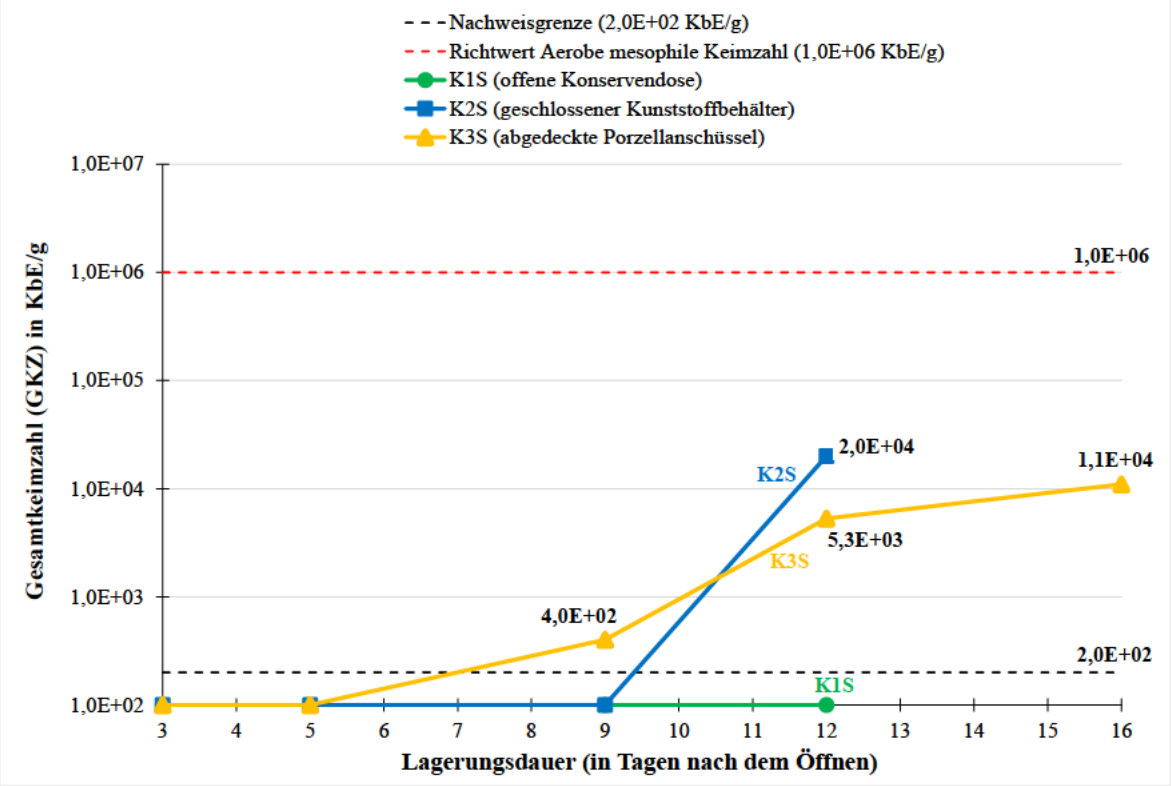


Abbildung 5: Entwicklung der Gesamtkeimzahlen von K1S–K3S während der Lagerung

Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze ($1{,}0 \times 10^2$ KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

Wie Abbildung 5 zeigt, verlief die Entwicklung der Gesamtkeimzahl (GKZ) bei den Proben K1S–K3S je nach Lagerungsbedingung unterschiedlich. In Probe K1S blieb die GKZ während des gesamten Lagerungszeitraums (bis einschließlich Tag 12) unterhalb der Nachweisgrenze von $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g. Demgegenüber wurden in Probe K3S an Tag 9 und in Probe K2S an Tag 12 der Lagerung erstmals Gesamtkeimzahlen oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesen. Während die GKZ in Probe K3S bis Tag 16 auf einen Höchstwert von $1{,}1 \times 10^4$ KbE/g anstieg, lag die GKZ in Probe K2S bereits an Tag 12 mit $2{,}0 \times 10^4$ KbE/g höher. Der DGHM-Richtwert für die aerobe mesophile Keimzahl ($1{,}0 \times 10^6$ KbE/g) wurde jedoch in keiner der Proben während der gesamten Lagerungsdauer überschritten.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Hefekeimzahlen in den abgespülten Kidneybohnenproben K1S–K3S während der gesamten Lagerungsdauer.

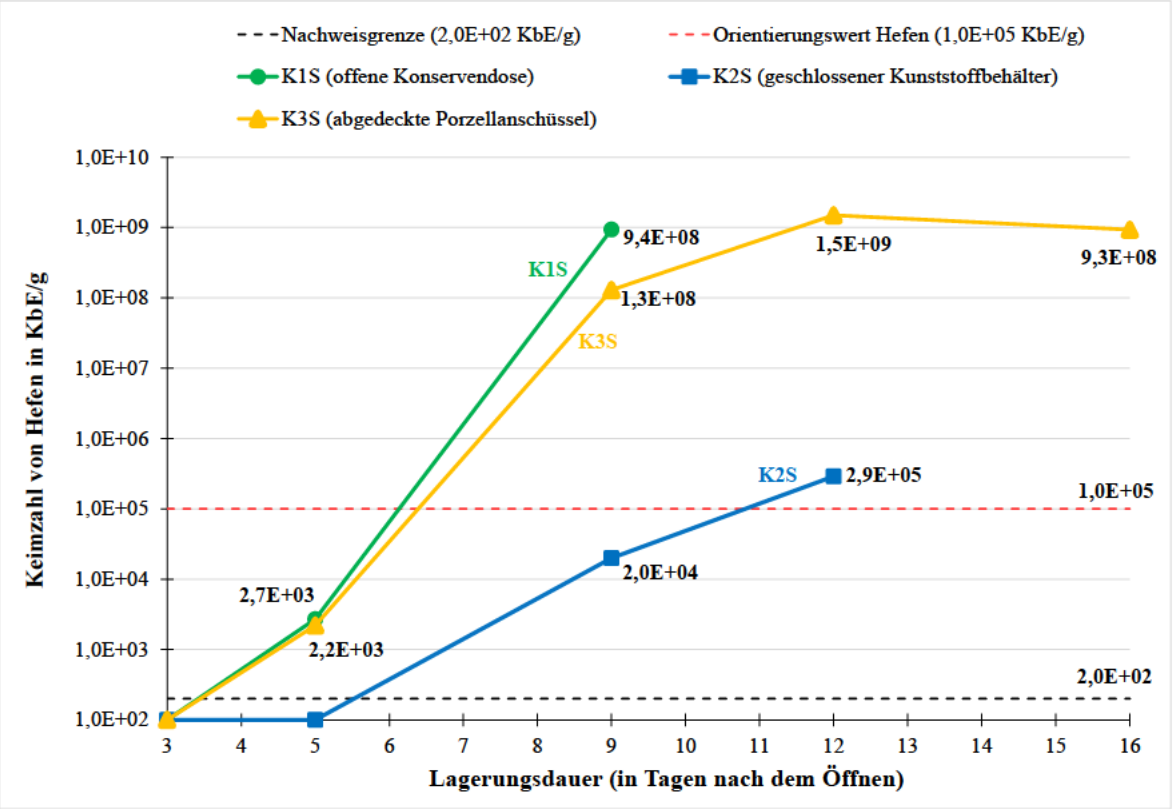


Abbildung 6: Entwicklung der Hefekeimzahlen von K1S–K3S während der Lagerung

Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< 2,0 × 10^2 KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze (1,0 × 10^2 KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

Die Hefekeimzahlen nahmen in allen abgespülten Kidneybohnenproben mit zunehmender Lagerungsdauer deutlich zu. Besonders ausgeprägt verlief die Entwicklung bei den Proben K1S und K3S, in denen an Tag 5 der Lagerung erstmalig Hefen nachgewiesen wurden. In Probe K1S stieg die Hefekeimzahl bis Tag 9 auf 9,4 × 10^8 KbE/g an. Aufgrund des stark ausgeprägten Hefewachstums konnte an Tag 12 jedoch keine Hefekeimzahl im methodisch auswertbaren Bereich mehr ermittelt werden. In Probe K3S erreichte die Hefekeimzahl an Tag 12 mit 1,5 × 10^9 KbE/g ihren Höchstwert während der Lagerung. Auch zum Ende der Lagerung (Tag 16) wies Probe K3S weiterhin eine hohe Hefekeimzahl auf. Im Vergleich dazu verlief die Entwicklung der Hefekeimzahl bei Probe K2S weniger stark ausgeprägt. Hier wurden Hefen erstmals an Tag 9 mit einer Keimzahl von 2,0 × 10^4 KbE/g nachgewiesen, die bis Tag 12 auf einen Wert von 2,9 × 10^5 KbE/g anstieg. Der Orientierungswert für Hefen (1,0 × 10^5 KbE/g) wurde in allen drei Proben während der Lagerungsdauer überschritten. Während dies bei Probe K2S erst an Tag 12 der Lagerung der Fall war, wurde der Orientierungswert in den Proben K1S und K3S bereits an Tag 9 um mehrere Größenordnungen überschritten.

Abbildung 7 veranschaulicht die Entwicklung der Enterobacteriaceae-Keimzahlen in den abgespülten Kidneybohnenproben K1S–K3S während der Lagerung.

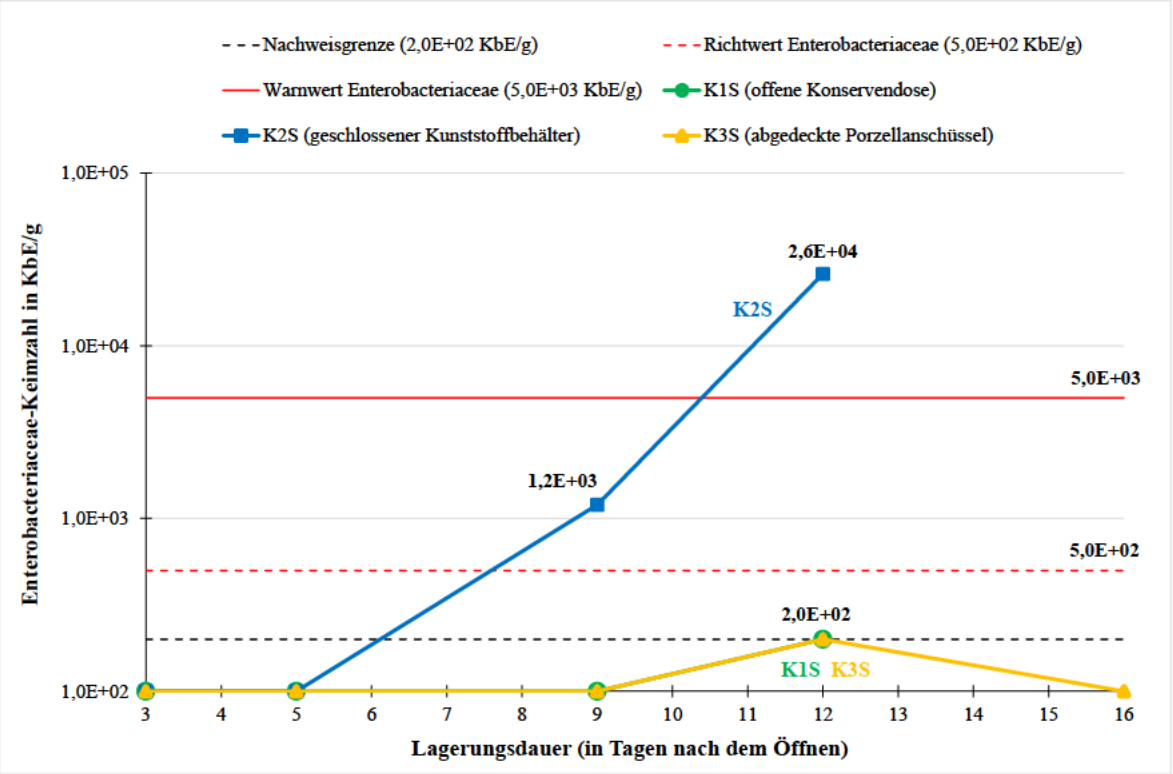


Abbildung 7: Entwicklung der Enterobacteriaceae-Keimzahlen von K1S-K3S während der Lagerung
Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze ($1{,}0 \times 10^2$ KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

Im Verlauf der Lagerung zeigte ausschließlich Probe K2S, die im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert wurde, eine deutliche Zunahme der Enterobacteriaceae-Keimzahl. Die an Tag 9 ermittelte Keimzahl überschritt den DGHM-Richtwert für Enterobacteriaceae ($5{,}0 \times 10^2$ KbE/g) und lag an Tag 12 mit $2{,}6 \times 10^4$ KbE/g auch über dem entsprechenden Warnwert der DGHM ($5{,}0 \times 10^3$ KbE/g). Im Gegensatz dazu blieben die Enterobacteriaceae-Keimzahlen in den Proben K1S und K3S während fast der gesamten Lagerungsdauer unterhalb der Nachweisgrenze. Lediglich an Tag 12 wurde in beiden Proben jeweils eine Keimzahl in Höhe der Nachweisgrenze von $2{,}0 \times 10^2$ KbE/g ermittelt.

Auch sensorisch zeigten sich Unterschiede zwischen den abgespülten Kidneybohnenproben. Bei Probe K1S war bereits an Tag 5 eine erste sensorische Veränderung in Form einer verminderten Farbintensität festzustellen, während die Proben K2S und K3S zunächst sensorisch unauffällig blieben. An Tag 9 wiesen alle drei Proben deutliche sensorische Veränderungen in Form muffig-fauliger Gerüche und schleimiger Oberflächenveränderungen auf, wobei der Geruch bei Probe K2S am stärksten ausgeprägt war. Aufgrund der stärker ausgeprägten Verderbserscheinungen wurden die Proben K1S und K2S bereits an Tag 12 entsorgt, während Probe K3S bis Tag 16 gelagert wurde.

4.3.2 Vergleich abgespülter und nicht abgespülter Kidneybohnenproben

Im Folgenden werden die abgespülten Kidneybohnenproben (K1S–K3S) den entsprechenden nicht abgespülten Proben (K1–K3) hinsichtlich ihrer Keimzahlentwicklung im Verlauf der Lagerung gegenübergestellt. Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Hefekeimzahlen der abgespülten und nicht abgespülten Kidneybohnenproben im Vergleich.

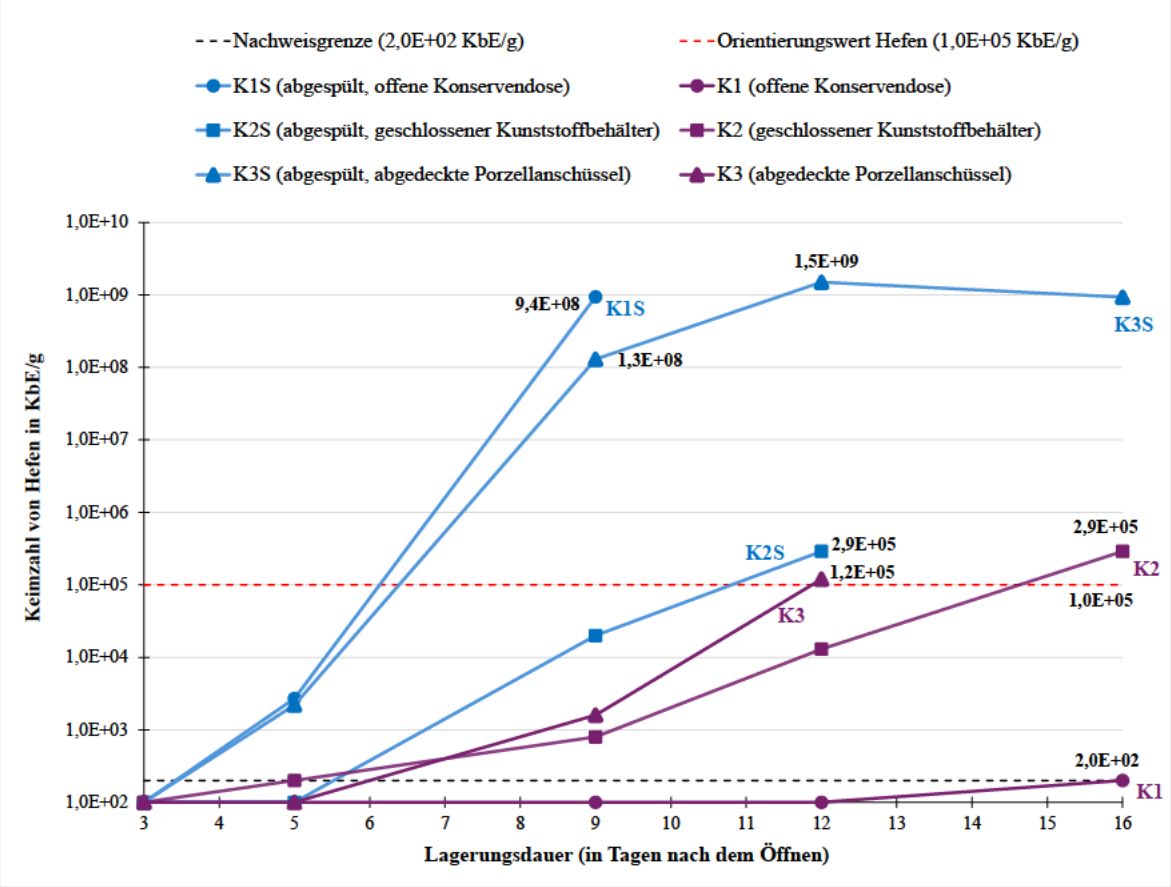


Abbildung 8: Entwicklung der Hefekeimzahlen von abgespülten (K1S–K3S) und nicht abgespülten (K1–K3) Kidneybohnenproben während der Lagerung

Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< 2,0 × 10² KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze (1,0 × 10² KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

Insgesamt zeigten die abgespülten Kidneybohnenproben (K1S–K3S) während der Lagerung ein früher einsetzendes und stärker ausgeprägtes Hefewachstum als die nicht abgespülten Proben (K1–K3). Während in den abgespülten Proben K1S und K3S bereits an Tag 5 Hefekeimzahlen oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt wurden und diese im weiteren Verlauf auf Werte im Bereich von 10^8 bis 10^9 KbE/g anstiegen, zeigte sich bei den entsprechenden nicht abgespülten Proben K1 und K3 ein verzögertes und deutlich geringeres Hefewachstum. In Probe K1 wurde erstmals an Tag 16 eine Hefekeimzahl in Höhe der Nachweisgrenze (2,0 × 10² KbE/g) ermittelt und in Probe K3 waren Hefen erstmals an Tag 9 nachweisbar. Der Orientierungswert für Hefen (1,0 × 10^5 KbE/g) wurde in den abgespülten Kidneybohnenproben K1S und K3S bereits an Tag 9 um mehrere Größenordnungen

überschritten, während dieser Wert in der nicht abgespülten Probe K3 erst an Tag 12 knapp überschritten wurde. Bei den Proben K2S und K2 fiel der Unterschied in der Keimzahlentwicklung geringer aus. Dennoch war bei der abgespülten Probe K2S eine stärkere Zunahme der Hefekeimzahl zu beobachten, sodass der Orientierungswert für Hefen bereits an Tag 12 überschritten wurde, während dies bei Probe K2 erst an Tag 16 der Fall war.

Enterobacteriaceae wurden ausschließlich in den abgespülten Kidneybohnenproben (K1S–K3S) nachgewiesen, während in den nicht abgespülten Proben (K1–K3) die Enterobacteriaceae-Keimzahlen während des gesamten Lagerungszeitraums unterhalb der methodischen Nachweisgrenze lagen. Im Gegensatz dazu waren hinsichtlich der Entwicklung der Gesamtkeimzahl (GKZ) keine eindeutigen Unterschiede zwischen den abgespülten und nicht abgespülten Kidneybohnenproben feststellbar (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Entwicklung der Gesamtkeimzahlen abgespülter (K1S–K3S) und nicht abgespülter Kidneybohnenproben (K1–K3) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Lagerungsdauer (in Tagen)*	Offene Konservendose		Geschlossener Kunststoffbehälter		Abgedeckte Porzellanschüssel	
	K1S	K1	K2S	K2	K3S	K3
3	$< 2{,}0 \times 10^2$**	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
5	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
9	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$4{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$
12	$< 2{,}0 \times 10^2$	$< 2{,}0 \times 10^2$	$2{,}0 \times 10^4$	$1{,}8 \times 10^3$	$5{,}3 \times 10^3$	$1{,}1 \times 10^5$
16	–	$< 2{,}0 \times 10^2$	–	$3{,}8 \times 10^4$	$1{,}1 \times 10^4$	–

Anmerkung: Alle Keimzahlen sind in KbE/g (koloniebildende Einheiten pro Gramm) angegeben.

*: Lagerungsdauer (in Tagen) bezieht sich auf die Zeit nach dem Öffnen der Konservendose (t_0)

**: Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze für das Tropfplattenverfahren ($< 2{,}0 \times 10^2$)

–: Keine mikrobiologische Analyse durchgeführt; Probe aufgrund des sensorischen Zustands entsorgt

Bei den Proben K1S und K1, die in der offenen Konservendose gelagert wurden, zeigten sich keine Unterschiede in der GKZ, da die ermittelten Werte beider Proben während des gesamten Lagerungszeitraums unterhalb der methodischen Nachweisgrenze lagen. Bei der Lagerung im geschlossenen Kunststoffbehälter hingegen wies die abgespülte Probe K2S an Tag 12 eine GKZ von $2{,}0 \times 10^4$ KbE/g auf und lag damit um etwa eine Zehnerpotenz über der nicht abgespülten Probe K2 ($1{,}8 \times 10^3$ KbE/g). Bei der Lagerung in der abgedeckten Porzellanschüssel wurde für die abgespülte Probe K3S an Tag 9 erstmals eine GKZ oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt ($4{,}0 \times 10^2$ KbE/g), die bis zum Ende der Lagerung auf einen Maximalwert von $1{,}1 \times 10^4$ KbE/g anstieg. Die nicht abgespülte Probe K3 wies hingegen bereits an Tag 12 eine höhere GKZ von $1{,}1 \times 10^5$ KbE/g auf. Ein Vergleich der Gesamtkeimzahlen an Tag 16 war aufgrund fehlender Vergleichsproben nicht mehr möglich. Unabhängig von den beobachteten Entwicklungen der GKZ, wurde der DGHM-Richtwert für die aerobe mesophile Keimzahl ($1{,}0 \times 10^6$ KbE/g) während der gesamten Lagerungsdauer weder von den abgespülten noch von den nicht abgespülten Kidneybohnenproben überschritten.

Sensorisch zeigten die abgespülten Kidneybohnenproben (K1S–K3S) insgesamt früher einsetzende und stärker ausgeprägte Verderbserscheinungen als die nicht abgespülten Proben (K1–K3). Während bei den abgespülten Proben bereits ab Tag 9 deutliche Auffälligkeiten wie muffig-faulige Gerüche und schleimige Oberflächenveränderungen festgestellt wurden, blieben die nicht abgespülten Proben bis Tag 12 weitgehend sensorisch unauffällig oder zeigten nur geringfügige sensorische Veränderungen. Zum Ende der Lagerung (Tag 16) war bei den nicht abgespülten Proben K2 und K3 insbesondere Schimmelbildung zu beobachten, während Probe K1 ähnlich wie die abgespülten Proben einen muffigen Geruch und einen milchig-schleimigen Oberflächenbelag aufwies.

4.4 Vergleich der Mais- und Kidneybohnenproben

Im Vergleich der mikrobiologischen Entwicklungen der Maisproben (M1–M3) und der nicht abgespülten Kidneybohnenproben (K1–K3) zeigten sich während der Lagerung sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede. Hinsichtlich der Hefekeimzahlen waren in beiden Lebensmittelgruppen vergleichbare Entwicklungen in Abhängigkeit von den jeweiligen Lagerungsbedingungen zu beobachten (siehe Abbildung 9).

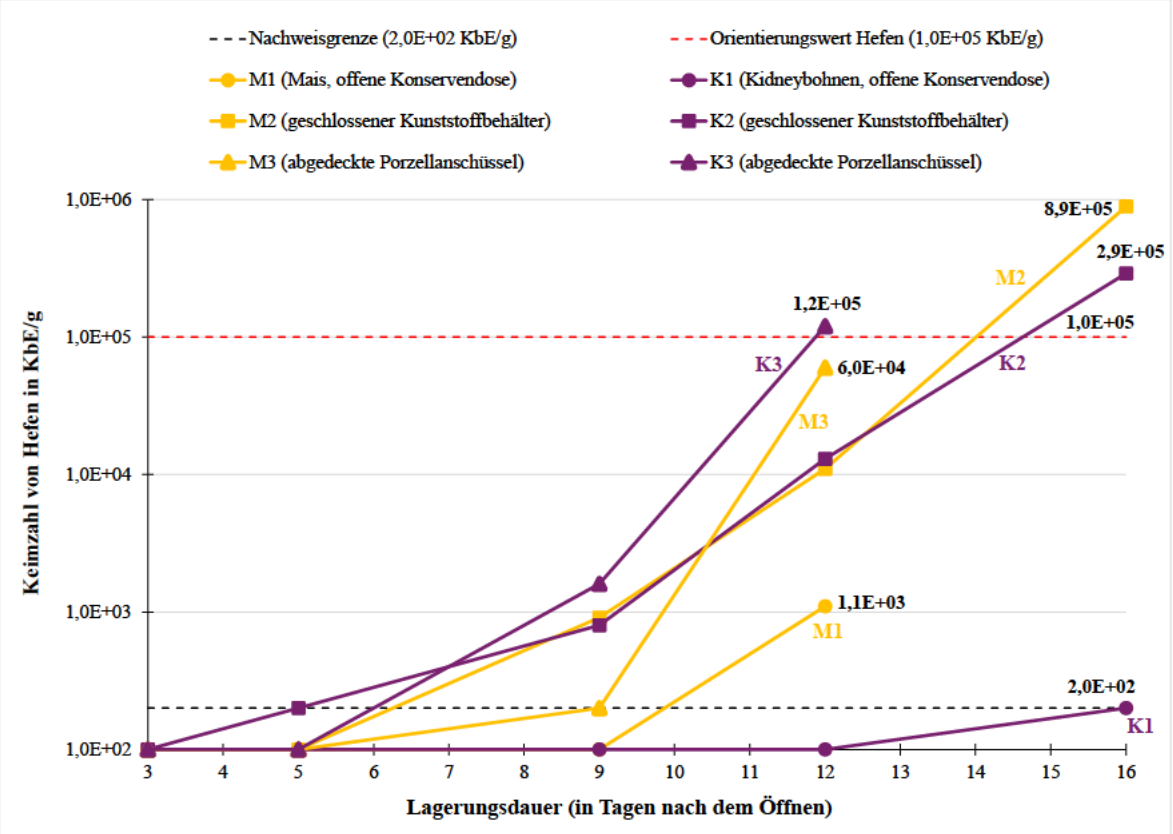


Abbildung 9: Entwicklung der Hefekeimzahlen von Maisproben (M1–M3) und Kidneybohnenproben (K1–K3) während der Lagerung

Anmerkung: Zur grafischen Darstellung wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (< 2,0 × 10² KbE/g) mit dem halben Wert der Nachweisgrenze (1,0 × 10² KbE/g) dargestellt. Hierbei handelt es sich nicht um gemessene Werte.

Im Verlauf der Lagerung zeigte sich insbesondere bei den Mais- und Kidneybohnenproben, die im geschlossenen Kunststoffbehälter (M2, K2) sowie in der abgedeckten Porzellanschüssel (M3, K3) gelagert wurden, ein deutlicher Anstieg der Hefekeimzahlen. Demgegenüber wurden bei den Proben aus der geöffneten Konservendose (M1, K1) nur geringe Hefekeimzahlen zum jeweiligen Lagerungsende nachgewiesen, wobei Probe M1 an Tag 12 mit $1{,}1 \times 10^3$ KbE/g eine höhere Keimzahl aufwies als Probe K1 an Tag 16 ($2{,}0 \times 10^2$ KbE/g). Die höheren Hefekeimzahlen der umgefüllten Mais- und Kidneybohnenproben gingen auch mit einer Überschreitung des Orientierungswertes für Hefen ($1{,}0 \times 10^5$ KbE/g) einher. Dieser wurde von den Kidneybohnenproben K3 und K2 an Tag 12 beziehungsweise Tag 16 der Lagerung überschritten, während unter den Maisproben lediglich Probe M2 den Orientierungswert an Tag 16 überschritt.

Im Gegensatz zu den vergleichbaren Entwicklungen der Hefekeimzahlen zeigten sich hinsichtlich der Gesamtkeimzahl (GKZ) Unterschiede zwischen den Mais- und Kidneybohnenproben. Während die GKZ in allen Maisproben während des gesamten Untersuchungszeitraums unterhalb der Nachweisgrenze lag, wurde in den Kidneybohnenproben K2 und K3 zum Ende der Lagerung ein Anstieg der GKZ festgestellt. Enterobacteriaceae konnten hingegen weder in den Maisproben (M1–M3) noch in den nicht abgespülten Kidneybohnenproben (K1–K3) über die gesamte Lagerungsdauer nachgewiesen werden.

Hinsichtlich der sensorischen Veränderungen während der Lagerung zeigten sich vergleichbare Entwicklungen zwischen den beiden Lebensmittelgruppen in Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen. Sowohl die Maisprobe M1 als auch die Kidneybohnenprobe K1, die jeweils in der offenen Konservendose gelagert wurden, wiesen bereits ab Tag 5 erste sensorische Veränderungen auf. Die in andere Behältnisse umgefüllten Proben zeigten hingegen erst im weiteren Verlauf der Lagerung deutliche sensorische Auffälligkeiten. Zum Ende der Lagerung wurden bei den Maisproben insbesondere Schimmelbildung und modrige Gerüche als Verderbserscheinungen festgestellt. Bei den Kidneybohnenproben K2 und K3 waren ähnliche sensorische Auffälligkeiten zu beobachten.

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die im Rahmen der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse diskutiert und eingeordnet. Im Mittelpunkt steht dabei der Einfluss der unterschiedlichen Lagerungsbedingungen auf die mikrobiologische Entwicklung der Mais- und Kidneybohnenproben. Dabei werden die beobachteten Entwicklungen unter Berücksichtigung möglicher Einflussfaktoren interpretiert und mögliche Ursachen für die festgestellten Unterschiede zwischen den Proben diskutiert. Darüber hinaus werden die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Haltbarkeit und sachgerechte Lagerung geöffneter Gemüsekonserven im Privathaushalt eingeordnet. Abschließend werden die Limitationen der vorliegenden Arbeit sowie mögliche Ansätze für weiterführende Untersuchungen aufgezeigt.

5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung weisen darauf hin, dass die Lagerungsbedingungen von Mais und Kidneybohnen aus geöffneten Konservendosen einen Einfluss auf deren mikrobiologische Entwicklung während der Lagerung hatten. Insgesamt nahmen insbesondere die Hefekeimzahlen im Verlauf der Lagerung deutlich zu, während die Gesamtkeimzahlen nur moderat anstiegen und Enterobacteriaceae lediglich vereinzelt beziehungsweise überwiegend nicht oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesen wurden.

Die Hypothese, dass die mikrobiologische Belastung der Proben mit zunehmender Lagerdauer unter allen untersuchten Lagerungsbedingungen ansteigt, wird durch die Ergebnisse teilweise gestützt. Zwar wurden im Verlauf der Lagerung Veränderungen der untersuchten mikrobiologischen Parameter (GKZ, Hefen, Enterobacteriaceae) festgestellt, diese waren jedoch in Abhängigkeit von der Lagerungsbedingung unterschiedlich stark ausgeprägt. Die Ergebnisse sprechen daher für eine lagerungsabhängige Keimzahlentwicklung. Sowohl bei den Maisproben (M1–M3) als auch bei den nicht abgespülten Kidneybohnenproben (K1–K3) wurden die ausgeprägtesten Veränderungen der untersuchten mikrobiologischen Parameter während der Lagerung im geschlossenen Kunststoffbehälter und in der abgedeckten Porzellanschüssel beobachtet. Dabei waren die Keimzahlanstiege in der Porzellanschüssel jedoch insgesamt etwas stärker ausgeprägt. Demgegenüber zeigte die Lagerung in der offenen Konservendose, mit Ausnahme der abgespülten Kidneybohnenprobe K1S, insgesamt die geringsten mikrobiologischen Veränderungen. Dementsprechend kann die Vermutung, dass diese Lagerungsweise das mikrobielle Wachstum begünstigt und zu einer früheren Erreichung kritischer Keimzahlen führt, für die untersuchten Proben insgesamt nicht bestätigt werden.

Auch hinsichtlich der sensorisch wahrnehmbaren Veränderungen zeigten sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Lagerungsbedingungen von Mais und Kidneybohnen. Unter den nicht

abgespülten Proben waren bei der Lagerung in der offenen Konservendose vergleichsweise früh erste sensorische Auffälligkeiten zu beobachten, während die im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagerten Proben insgesamt die höchste sensorische Stabilität während der Lagerung aufwiesen.

Im Vergleich zu den nicht abgespülten Kidneybohnenproben zeigten die abgespülten Proben eine deutlich stärkere mikrobielle Entwicklung während der Lagerung, die sich insbesondere in einem früher einsetzenden und stärkeren Hefewachstum sowie ausgeprägteren sensorischen Verderbserscheinungen äußerte. Zudem wurden Enterobacteriaceae ausschließlich in den abgespülten Kidneybohnenproben oberhalb der Nachweisgrenze gemessen. Dabei wurde die höchste Enterobacteriaceae-Belastung bei der im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagerten Probe K2S nachgewiesen, bei der im Verlauf der Lagerung sowohl der DGHM-Richt- als auch der Warnwert überschritten wurden. Insgesamt stützen die Ergebnisse damit die Hypothese, dass das Abspülen der Kidneybohnen die mikrobielle Entwicklung während der Lagerung beeinflusst und verändert.

Mais und nicht abgespülte Kidneybohnen zeigten insgesamt vergleichbare Entwicklungen in Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen. Ein wesentlicher Unterschied war jedoch hinsichtlich der Entwicklung der Gesamtkeimzahl (GKZ) zu beobachten, die in den Maisproben über die gesamte Lagerungsdauer unterhalb der Nachweisgrenze blieb, während in einzelnen Kidneybohnenproben im späteren Verlauf der Lagerung ein Anstieg oberhalb der Nachweisgrenze festgestellt werden konnte.

5.2 Ergebnisdiskussion

5.2.1 Mikrobiologische Entwicklung in Abhängigkeit der Lagerungsbedingungen

Vor der Betrachtung der einzelnen Lagerungsbedingungen werden zunächst zwei mögliche Einflussfaktoren eingeordnet, die im Zusammenhang mit der mikrobiologischen Entwicklung der untersuchten Proben während der Lagerung stehen könnten. Ausgehend von den Ergebnissen sind dabei insbesondere die Ausgangskeimbelastung und die Kühllagerung zu berücksichtigen.

Da Gemüsekonserven im Rahmen der Herstellung in der Regel einer kommerziellen Sterilisation unterzogen werden, ist unmittelbar nach dem Öffnen von einer sehr geringen beziehungsweise nicht nachweisbaren Anfangskeimbelastung auszugehen. Grundsätzlich gilt, dass Mikroorganismen bei einer niedrigen Anfangskeimzahl mehr Zeit benötigen, um höhere Keimzahlen zu erreichen, welche schließlich zum Verderb eines Lebensmittels führen (Klingshirn & Prange, 2016, S. 259; Krämer & Prange, 2017, S. 131). Dies könnte erklären, weshalb in sämtlichen untersuchten Proben nach drei Tagen Lagerung (zum Zeitpunkt t_3) noch keine Keimzahlen oberhalb der Nachweisgrenze festgestellt wurden. Da zum Zeitpunkt t_0, unmittelbar nach dem Öffnen der Konservendosen, keine mikrobiologische Untersuchung erfolgte, kann die tatsächliche Ausgangskeimbelastung der untersuchten

Proben jedoch nicht abschließend beurteilt werden. Neben der Ausgangskeimbelastung stellt die Temperatur einen der wichtigsten Einflussfaktoren für das Wachstum von Mikroorganismen in Lebensmitteln dar. Durch die Kühllagerung wird die Vermehrung vieler Mikroorganismen deutlich verlangsamt (Kindermann & Prange, 2016, S. 132). Dies spiegelt sich insgesamt auch in den Untersuchungsergebnissen wider, da deutliche Keimzahlanstiege, insbesondere bei den Hefen, überwiegend erst im späteren Verlauf der Lagerung, ab Tag 9 beziehungsweise Tag 12, festgestellt wurden. Eine Ausnahme bildeten lediglich die abgespülten Kidneybohnenproben, bei denen mikrobiologische Veränderungen bereits früher nachweisbar waren.

Bei der Interpretation der mikrobiologischen Entwicklung der Proben ist zudem zu berücksichtigen, dass sich während des Lagerungszeitraums Unterschiede in den gemessenen Oberflächentemperaturen zeigten (siehe Anhang D). Einzelne Proben wiesen dabei im Vergleich zu den übrigen Proben wiederholt leicht erhöhte Temperaturwerte auf. Ein bestimmter Zusammenhang zwischen den beobachteten Temperaturunterschieden und der Keimzahlentwicklung lässt sich anhand der vorliegenden Daten jedoch nicht ableiten, da gleichzeitig weitere Einflussfaktoren die mikrobielle Entwicklung beeinflusst haben können. Zusätzlich wurden ab Tag 9 der Lagerung (Zeitpunkt t_9) die Probentemperaturen nach einer 10-minütigen Standzeit bei Raumtemperatur dokumentiert (siehe Anhang D). Da diese Messungen erst im späteren Verlauf der Lagerung und lediglich ergänzend erfasst wurden, kann auch hier ein Einfluss kurzzeitiger Temperaturerhöhungen der Proben auf deren mikrobielle Entwicklung weder bestätigt noch ausgeschlossen werden.

Trotz der zunächst unauffälligen mikrobiologischen Befunde zu Beginn der Lagerung, zeigten die meisten Mais- und Kidneybohnenproben im weiteren Verlauf deutliche Veränderungen der mikrobiologischen Parameter. Diese wurden überwiegend durch das Wachstum von Hefen geprägt, während die GKZ lediglich moderat anstieg und Enterobacteriaceae über die gesamte Lagerungsdauer überwiegend nicht oberhalb der methodischen Nachweisgrenze nachgewiesen wurden. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Lagerungsbedingungen der Proben spiegelten sich dabei vor allem in der Entwicklung der Hefekeimzahlen wider.

Entgegen der ursprünglichen Erwartung war bei der Lagerung in der offenen Konservendose das geringste mikrobielle Wachstum zu beobachten. Hiervon ausgenommen ist lediglich die abgespülte Kidneybohnenprobe K1S. Eine deutlich stärkere mikrobielle Entwicklung zeigte sich hingegen bei den nicht abgespülten Proben, die im geschlossenen Kunststoffbehälter und in der abgedeckten Porzellanschüssel gelagert wurden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass bei der geschlossenen beziehungsweise abgedeckten Lagerung aufgrund der eingeschränkten Wasserverdunstung weniger Feuchtigkeit entweichen konnte als bei der offenen Lagerung in der Konservendose. Dadurch dürften sowohl die Probenoberfläche als auch die Umgebung im Lagerungsgefäß länger feucht geblieben sein, wodurch den Mikroorganismen möglicherweise über einen längeren Zeitraum

ausreichend freies Wasser zur Verfügung stand. Dies könnte zu der stärkeren mikrobielle Entwicklung der Proben im geschlossenen Kunststoffbehälter sowie in der abgedeckten Porzellanschüssel beigetragen haben, da Mikroorganismen für ihr Wachstum auf frei verfügbares Wasser angewiesen sind (Krämer & Prange, 2017, S. 140). Im Gegensatz dazu dürfte es bei der Lagerung in der offenen Konservendose infolge der stärkeren Wasserverdunstung zu einer Austrocknung der Probenoberfläche gekommen sein, die sich auch sensorisch bemerkbar machte. Der damit verbundene Wasserentzug könnte das Wachstum von Mikroorganismen verlangsamt haben (Krämer & Prange, 2017, S. 140) und somit zumindest teilweise die vergleichsweise geringere mikrobielle Entwicklung in der offenen Konservendose erklären. Da die Wasseraktivität der Proben jedoch nicht bestimmt wurde, kann dieser Zusammenhang anhand der vorliegenden Daten nicht abschließend belegt werden.

Neben den unterschiedlichen Feuchtigkeitsverhältnissen der Lagerungsbedingungen ist zu berücksichtigen, dass es beim Umfüllen von Mais und Kidneybohnen in andere Lagerungsgefäße (Kunststoffbehälter, Porzellanschüssel) zu einer nachträglichen Kontamination gekommen sein könnte, die ebenfalls zu den beobachteten Unterschieden zwischen den Lagerungsbedingungen der Proben beigetragen haben könnte. Während die Konservendosen im Rahmen des Herstellungsprozesses einer Sterilisation unterzogen wurden, können nach dem Öffnen durch den Kontakt mit der Umgebung erneut Mikroorganismen in das Lebensmittel eingetragen werden. Dies ist insbesondere für die umgefüllten Proben von Bedeutung, da sie im Vergleich zu den in der Konservendose belassenen Proben einem zusätzlichen Umfüllvorgang ausgesetzt waren. Dabei kamen Mais und Kidneybohnen nicht nur mit dem verwendeten Besteck zur Entnahme, sondern auch mit den jeweiligen Lagerungsgefäßen (Kunststoffbehälter, Porzellanschüssel) in Kontakt. Dadurch ergab sich gegenüber der Lagerung in der ursprünglichen Konservendose eine weitere potenzielle Eintragsquelle für Mikroorganismen. Obwohl sämtliche verwendete Utensilien vor Versuchsbeginn in der Spülmaschine gereinigt wurden, lässt sich ein Eintrag von Mikroorganismen nicht vollständig ausschließen, da sowohl nach der Reinigung als auch während der weiteren Handhabung eine erneute Kontamination über Hände, Oberflächen oder Luftpartikel jederzeit möglich ist.

Wie bereits zuvor erwähnt, wurde die mikrobiologische Entwicklung der Proben während der Lagerung im Wesentlichen durch die Zunahme der Hefekeimzahlen geprägt. Hefen waren zudem in allen untersuchten Proben die zuerst nachweisbaren Mikroorganismen. Die Dominanz der Hefen könnte sich dabei durch ihre hohe Anpassungsfähigkeit an verschiedene Umweltbedingungen erklären lassen. Hefen gelten im Allgemeinen als wenig anspruchsvolle Mikroorganismen und können sich auf unterschiedlichen organischen Substraten ansiedeln (Fiedler, 2017, S. 33). Ihre hohe Säuretoleranz ermöglicht es ihnen außerdem, sich in einem schwach sauren Milieu gegenüber anderen Mikroorganismen durchzusetzen (Keweloh, 2014, S. 114). Da Gemüsekonserven in der Regel zu den leicht sauren Lebensmitteln gehören (Vergara-Balderas, 2016), könnte der leicht saure pH-Wert von Mais

und Kidneybohnen das Hefewachstum begünstigt und dazu beigetragen haben, dass Hefen die beobachtete mikrobiologische Entwicklung der Proben maßgeblich prägten. Zudem sind Hefen meist psychrotroph, sodass sie sich auch bei Kühlschranktemperaturen vermehren können (Krämer & Prange, 2017, S. 145). Diese Eigenschaft könnte ebenfalls dazu beigetragen haben, dass Hefen trotz der insgesamt verlangsamten mikrobiellen Entwicklung unter Kühllagerung als erste Mikroorganismen in den Proben nachweisbar waren.

Neben den untersuchten Lagerungsbedingungen deuten die Unterschiede zwischen den Mais- und Kidneybohnenproben, insbesondere hinsichtlich der Gesamtkeimzahlentwicklung, darauf hin, dass auch produktspezifische Eigenschaften von Lebensmitteln deren mikrobiologische Entwicklung während der Lagerung beeinflussen können. Unterschiede in der Lebensmittelmatrix, beispielsweise hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung, des pH-Werts oder der Wasseraktivität (a_w-Wert), können das Wachstum von Mikroorganismen beeinflussen und somit zu unterschiedlichen Verderbsverläufen beitragen. Dabei beeinflussen die in Lebensmitteln enthaltenen Nährstoffe, welche Arten von Mikroorganismen sich in diesen vermehren können (Mafe et al., 2024). Ob beziehungsweise in welchem Ausmaß produktspezifische Eigenschaften zu den beobachteten Unterschieden zwischen Mais und Kidneybohnen beigetragen haben, lässt sich anhand der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht beurteilen.

Darüber hinaus wurde untersucht, wie sich ein zusätzliches Abspülen der Kidneybohnen auf deren mikrobiologische Qualität während der Lagerung auswirkt. Da sich hierbei eigenständige Auffälligkeiten ergaben, wird dieser Aspekt im folgenden Abschnitt gesondert diskutiert.

5.2.2 Einfluss des zusätzlichen Abspülens der Kidneybohnen

Das zusätzliche Abspülen der Kidneybohnen ging im Vergleich zu den nicht abgespülten Proben mit einem deutlich stärkeren mikrobiellen Wachstum während der Lagerung einher. Dies zeigte sich insbesondere durch ein früher einsetzendes und stärker ausgeprägtes Hefewachstum sowie den ausschließlichen Nachweis von Enterobacteriaceae in den abgespülten Proben.

Eine mögliche Ursache für die stärkere mikrobielle Entwicklung könnte eine sekundäre Kontamination infolge des zusätzlichen Abspülens nach dem Öffnen der Konservendose sein. Während des Spülvorgangs kamen die Kidneybohnen mit dem verwendeten Sieb in Kontakt und waren zudem über einen längeren Zeitraum den Umgebungsbedingungen ausgesetzt, wodurch ein Eintrag von Mikroorganismen begünstigt worden sein könnte. Auch ein mikrobieller Eintrag über das zum Abspülen verwendete Leitungswasser oder den anschließenden Umfüllprozess in die jeweiligen Lagerungsgefäße lässt sich nicht ausschließen. Insgesamt ergaben sich somit mehrere Möglichkeiten für eine Kontamination, die zu der stärkeren mikrobiellen Entwicklung der abgespülten Kidneybohnen

beigetragen haben könnten. Der ausschließliche Nachweis von Enterobacteriaceae in den abgespülten Proben stützt zudem die Annahme, dass der Abspülvorgang eine zusätzliche Kontaminationsquelle darstellen könnte.

Neben einer möglichen Kontamination durch Umgebungseinflüsse könnte das Abspülen auch die Oberflächenbeschaffenheit der Kidneybohnen verändert haben. Durch den Spülvorgang verblieb vermutlich freies Wasser auf der Oberfläche, wodurch eine erhöhte Oberflächenfeuchte entstand. Diese könnte das mikrobielle Wachstum begünstigt haben, da eine erhöhte Feuchtigkeit im Allgemeinen günstige Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen schaffen kann (Mafe et al., 2024). Insbesondere Bakterien benötigen in der Regel einen hohen a_w-Wert für ihr Wachstum, weshalb sie bevorzugt in feuchten und wasserreichen Lebensmitteln vorkommen (Keweloh, 2014, S. 109). Dabei reagieren gramnegative Bakterien wie die Enterobacteriaceae besonders empfindlich auf eine Absenkung des a_w-Werts (Krämer & Prange, 2017, S. 141). Vor diesem Hintergrund könnte das durch das Abspülen entstandene feuchte Milieu an der Probenoberfläche das Wachstum der Enterobacteriaceae begünstigt haben. Besonders auffällig war in diesem Zusammenhang die im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagerte Probe K2S, bei der das Wachstum der Enterobacteriaceae am stärksten ausgeprägt war. Hier könnte die geschlossene Lagerung zusätzlich dazu beigetragen haben, dass die durch den Abspülvorgang erhöhte Oberflächenfeuchte weitgehend erhalten blieb und dadurch günstigere Bedingungen für die Vermehrung von Enterobacteriaceae vorlagen. Die während der Lagerung beobachtete Feuchtigkeitsansammlung im Kunststoffbehälter der Probe K2S stützt diese Annahme zusätzlich, da sie auf ein besonders feuchtes Milieu innerhalb des Lagerungsgefäßes hindeutet. Demgegenüber konnten in den abgespülten Proben K1S (offene Konservendose) und K3S (abgedeckte Porzellanschüssel) lediglich einmalig während der Lagerung Enterobacteriaceae in Höhe der Nachweisgrenze nachgewiesen werden. Dies deutet darauf hin, dass neben dem Abspülen der Kidneybohnen auch die jeweilige Lagerungsumgebung einen Einfluss auf das Wachstum der Enterobacteriaceae hatte.

Als weiterer Einflussfaktor ist zu berücksichtigen, dass durch das Abspülen der Kidneybohnen die anhaftende Konservenflüssigkeit (Salzlake) weitgehend entfernt wurde. Salz kann dabei in Lebensmitteln konservierend wirken, indem es die Wasseraktivität (a_w-Wert) senkt und dadurch hemmend auf das Wachstum bestimmter Mikroorganismen wirken kann (Henney et al., 2010). Folglich kann nicht ausgeschlossen werden, dass mit der Entfernung der Salzlake auch eine potenziell wachstumshemmenden Wirkung entfiel, wodurch das mikrobielle Wachstum in den abgespülten Kidneybohnen begünstigt worden sein könnte.

Die zuvor diskutierten möglichen Einflussfaktoren könnten somit erklären, weshalb sich die mikrobiologisch akzeptable Lagerdauer der abgespülten Kidneybohnen im Vergleich zu den nicht abgespülten Kidneybohnen deutlich verkürzte.

5.2.3 Zusammenhang zwischen mikrobieller Entwicklung und Sensorik

Bei den meisten Proben traten sensorische Veränderungen im Verlauf der Lagerung gemeinsam mit einer zunehmenden mikrobiellen Belastung auf. Deutlich erhöhte Keimzahlen waren im Allgemeinen erst dann nachweisbar, wenn bereits sensorisch wahrnehmbare Verderbserscheinungen zu beobachten waren. Besonders ausgeprägte sensorische Veränderungen zeigten dabei diejenigen Proben, in denen auch ein starkes Hefewachstum nachgewiesen wurde. Dies traf insbesondere auf die abgespülten Kidneybohnenproben (K1S–K3S) zu, bei denen im Verlauf der Lagerung deutliche Verderbserscheinungen in Form muffiger Geruchsveränderungen und schleimiger Beläge beobachtet wurden. In diesem Zusammenhang zeigte sich, dass eine Überschreitung des Orientierungswertes für Hefen in den untersuchten Proben mit deutlichen sensorischen Auffälligkeiten einherging. Da Hefen während der Lagerung frühzeitig nachweisbar waren und in den meisten Proben eine deutliche Zunahme zeigten, dürften sie zu den beobachteten Verderbserscheinungen beigetragen haben.

Ein abweichendes Verhalten zeigte die Probe K2, welche im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert wurde. Während der Lagerung blieb sie bis einschließlich Tag 12 sensorisch weitgehend unauffällig, obwohl bereits ein beginnendes mikrobielles Wachstum nachgewiesen werden konnte. Trotz der nachweisbaren Keimzahlentwicklung wurden zu diesem Zeitpunkt keine relevanten Orientierungs- oder Richtwerte überschritten und es waren keine sensorischen Auffälligkeiten wahrnehmbar, sodass bis dahin keine Hinweise auf einen Verderb der Probe vorlagen. Dies verdeutlicht, dass eine beginnende mikrobielle Entwicklung sensorisch wahrnehmbaren Veränderungen vorausgehen kann. Eine abschließende Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit der Probe zu diesem Zeitpunkt war anhand der erhobenen mikrobiologischen Parameter jedoch nicht möglich, da keine gesonderte Untersuchung auf pathogene Keime oder Toxine erfolgte.

Eine Besonderheit stellten die in der offenen Konservendose gelagerten Proben M1 und K1 dar. Bei diesen Proben traten vergleichsweise früh sensorische Auffälligkeiten auf, während erst zum Ende der Lagerungsdauer Keimzahlen oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesen werden konnte. Die beobachteten Veränderungen könnten daher zumindest teilweise auf physikalische und chemische Prozesse infolge der offenen Lagerung zurückzuführen sein. So könnte beispielsweise die beobachtete Austrocknung der Probenoberfläche durch den kontinuierlichen Feuchtigkeitsverlust infolge des direkten Kontakts mit der Umgebungsluft entstanden sein. Zudem können durch die Exposition gegenüber Luftsauerstoff Oxidationsprozesse begünstigt werden, die zu Veränderungen von Farbe, Aroma und Textur in Lebensmitteln führen (Mafe et al., 2024). Dies könnte die bei den Proben M1 und K1 beobachteten Farbveränderungen sowie die Abnahme der Geschmacks- und Aromaintensität während der Lagerung erklären.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass zwischen der mikrobiologischen Entwicklung und den sensorischen Veränderungen der untersuchten Mais- und Kidneybohnenproben ein enger Zusammenhang bestand, dieser jedoch nicht immer eindeutig war. Während sensorische Veränderungen häufig mit einer zunehmenden mikrobiellen Belastung einhergingen, verdeutlichen einzelne Ausnahmen, dass mikrobiologische und sensorische Veränderungen nicht immer parallel verlaufen. Mikrobiologische Veränderungen können dabei bereits vor sensorisch wahrnehmbaren Auffälligkeiten auftreten, während sensorische Veränderungen nicht zwangsläufig auf eine ausgeprägte mikrobielle Entwicklung zurückzuführen sein müssen. Dennoch kommt der sensorischen Beurteilung insbesondere im privaten Haushalt eine zentrale Bedeutung zu, da sie für Verbraucher in der Regel die einzige praktikable Möglichkeit darstellt, die Qualität und Verzehrbarkeit von Lebensmitteln nach dem Öffnen zu beurteilen (Cruz et al., 2022). Eine sensorisch unauffällige Beschaffenheit des Lebensmittels lässt dabei jedoch nicht zwangsläufig auf eine mikrobiologische Sicherheit schließen.

5.3 Praktische Relevanz der Untersuchungsergebnisse

Während der Hersteller die Haltbarkeit ungeöffneter Konservendosen bis zum MHD gewährleistet, wird durch das Öffnen der Konservendose das geschlossene System aufgehoben, wodurch das Lebensmittel unmittelbar äußeren Einflüssen ausgesetzt ist. Infolgedessen können Mikroorganismen durch den Kontakt mit der Umgebung in das Lebensmittel eingetragen werden, und zugleich können sich die sensorischen Eigenschaften des Lebensmittels verändern (Gomm & Lobitz, 2013, S. 35). Dadurch stellt sich für Verbraucher die Frage, wie geöffnete Konservendosen sachgerecht zu lagern sind und wie lange sie nach dem Öffnen noch als verzehrbar einzustufen sind. Vor diesem Hintergrund besitzen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung eine unmittelbare praktische Relevanz für den Umgang mit geöffneten Gemüsekonserven im Privathaushalt.

Unabhängig von der gewählten Lagerungsweise zeigte sich während der Kühllagerung eine insgesamt verzögerte mikrobielle Entwicklung der Proben, welche mit der wachstumshemmenden Wirkung niedriger Temperaturen vereinbar ist (Kindermann & Prange, 2016, S. 132). Ein eigenständiger Effekt der Kühllagerung konnte jedoch aufgrund einer fehlenden ungekühlten Kontrollgruppe nicht untersucht werden.

Neben der Kühllagerung kann auch die Handhabung geöffneter Konservendosen die mikrobiologische Qualität der Lebensmittel während der Lagerung beeinflussen. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass zusätzliche Handhabungsschritte im Rahmen des Umfüllprozesses eine Gelegenheit für einen Eintrag von zusätzlichen Mikroorganismen darstellen und sich hierbei potenzielle Kontaminationsquellen ergeben. Vor diesem Hintergrund sollte beim Umfüllen des Inhalts aus geöffneten Konservendosen auf einen möglichst hygienischen Umgang geachtet werden. Dies umfasst die Verwendung sauberen Bestecks für die Entnahme des Lebensmittels sowie

sauberer Lagerungsgefäße, um den möglichen Eintrag von Mikroorganismen in das Lebensmittel so gering wie möglich zu halten (Gomm & Lobitz, 2013, S. 35).

Da jeder zusätzliche Handhabungsschritt mit einem potenziellen Kontaminationsrisiko verbunden ist, ist auch das zusätzliche Abspülen der Kidneybohnen vor einer anschließenden Kühllagerung kritisch zu betrachten. Auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse erscheint dieses Vorgehen nicht empfehlenswert, da die abgespülten Proben im Vergleich zu den nicht abgespülten Proben eine früher einsetzende und deutlich stärkere mikrobielle Entwicklung zeigten. Außerdem wurden ausschließlich in den abgespülten Kidneybohnen Enterobacteriaceae nachgewiesen. Da die Familie der Enterobacteriaceae auch pathogene Vertreter umfasst (Suerbaum et al., 2020, S. 299), ist eine entsprechende Überschreitung der herangezogenen DGHM-Richt- und Warnwerte kritisch zu bewerten, da dies auf eine auffällige hygienisch-mikrobiologische Beschaffenheit der Probe hinweist. Eine Überschreitung des DGHM-Warnwertes für Enterobacteriaceae wurde bei der im Kunststoffbehälter gelagerten Kidneybohnenprobe K2S zum Ende der Lagerung festgestellt, sodass hier eine Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Da jedoch keine Identifizierung der nachgewiesenen Enterobacteriaceae erfolgte und somit nicht beurteilt werden kann, ob die Probe tatsächlich durch pathogene Erreger belastet war, lässt sich keine konkrete Gesundheitsgefährdung ableiten.

Hinsichtlich der Wahl des Lagerungsgefäßes für den Inhalt geöffneter Gemüsekonserven lässt sich auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse keine eindeutige Empfehlung ableiten. Zwar war bei der Lagerung in der offenen Konservendose entgegen der ursprünglichen Erwartung die geringste mikrobielle Entwicklung der Proben festzustellen, gleichzeitig traten hier jedoch die frühesten sensorisch wahrnehmbaren Veränderungen auf. Demgegenüber blieben die im Kunststoffbehälter sowie in der Porzellanschüssel gelagerten Proben sensorisch länger unauffällig, zeigten jedoch eine deutlich stärkere mikrobielle Entwicklung während der Lagerung. Die längere sensorische Unauffälligkeit dieser Mais- und Kidneybohnenproben könnte dabei darauf zurückzuführen sein, dass diese Lagerungsgefäße Lebensmittel vor Austrocknung sowie Farb-, Aroma- und Geschmacksveränderungen schützen können (Gomm & Lobitz, 2013, S. 22). Bei der Lagerung in der abgedeckten Porzellanschüssel zeigte sich im Vergleich zur Lagerung im geschlossenen Kunststoffbehälter insgesamt eine etwas stärker ausgeprägte mikrobielle Entwicklung. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse lässt sich jedoch nicht abschließend beurteilen, ob der Kunststoffbehälter der Porzellanschüssel als Lagerungsgefäß für geöffnete Gemüsekonserven vorzuziehen ist.

Bei der Lagerung in der geöffneten Konservendose sind neben den vorliegenden mikrobiologischen Ergebnissen auch mögliche Stoffübergänge aus dem Dosenmaterial in das Lebensmittel zu berücksichtigen. Untersuchungen weisen darauf hin, dass zwischen der Lagerungsdauer nach dem Öffnen und der Migration von Metallen aus Konservendosen ein Zusammenhang besteht (Petropoulos et al.,

2018). Vor dem Hintergrund möglicher Stoffübergänge wird im Allgemeinen empfohlen, den Inhalt geöffneter Konservendosen in ein anderes Gefäß, beispielsweise aus Porzellan oder Kunststoff, umzufüllen und dort zu lagern (Gomm & Lobitz, 2013, S. 95; Verbraucherzentrale, 2025). Da dieser mögliche Einflussfaktor im Rahmen der Arbeit jedoch nicht untersucht wurde, kann nicht abschließend beurteilt werden, welche Bedeutung ihm für die Bewertung der Lagerung in der geöffneten Konservendose zukommt.

Während der ersten drei Lagerungstage wiesen sämtliche Mais- und Kidneybohnenproben keine sensorische Auffälligkeiten auf. Zudem lagen die am dritten Lagerungstag ermittelten Keimzahlen für alle untersuchten mikrobiologischen Parameter (GKZ, Hefen und Schimmelpilze, Enterobacteriaceae) in den Proben unterhalb der methodischen Nachweisgrenze. Auf Grundlage dieser Ergebnisse ergaben sich zu diesem Zeitpunkt keine Hinweise auf eine eingeschränkte Verzehrbarkeit der Mais- und Kidneybohnenproben. Eine allgemeingültige Aussage zur Haltbarkeit geöffneter Gemüsekonserven lässt sich daraus jedoch nicht ableiten, da sich die Ergebnisse ausschließlich auf die untersuchten Lebensmittel und die gewählten Lagerungsbedingungen beziehen.

Darüber hinaus kommt den Herstellerangaben auf Konservendosen eine wichtige Bedeutung zu, da sie Hinweise für den sachgerechten Umgang mit geöffneten Lebensmitteln geben. Für die im Rahmen der Untersuchung verwendeten Konservendosen mit Mais und Kidneybohnen (Gut & Günstig) wird angegeben, dass der Restinhalt der Dose in ein geeignetes Gefäß umgefüllt, im Kühlschrank gelagert und alsbald aufgebraucht werden soll. Während der Hersteller damit konkrete Hinweise zur Lagerung gibt, bleibt der empfohlene Verzehrzeitraum nach dem Öffnen durch die Formulierung „alsbald“ jedoch unbestimmt. Solche allgemeinen Formulierungen lassen Verbrauchern einen erheblichen Interpretationsspielraum und können die Einschätzung erschweren, wie lange ein geöffnetes Lebensmittel noch sicher verzehrt werden kann. Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass Lebensmittel vorsorglich entsorgt werden, obwohl sie unter Umständen noch verzehrbar wären (Verbraucherzentrale Baden-Württemberg, 2025). Vor diesem Hintergrund stellen möglichst konkrete Herstellerangaben zum empfohlenen Verzehrzeitraum nach dem Öffnen von Konservendosen eine wichtige Orientierung dar. Sie könnten Verbrauchern sowohl die Planung des weiteren Verzehrs als auch die Einschätzung der Verzehrbarkeit erleichtern (Cruz et al., 2022). Gleichzeitig können klare Hinweise zur Lagerung des Inhalts geöffneter Konservendosen dazu beitragen, Unsicherheiten im Umgang mit geöffneten Lebensmitteln zu reduzieren.

5.4 Limitationen

Eine zentrale Limitation der vorliegenden Untersuchung stellt der begrenzte Stichprobenumfang dar. Es wurden lediglich eine Dose Mais sowie zwei Dosen Kidneybohnen eines einzelnen Herstellers als Ausgangsmaterial verwendet und darauf basierend insgesamt neun Proben unter verschiedenen Lagerungsbedingungen als Einfachbestimmungen untersucht. Aufgrund dieser begrenzten Probenanzahl ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt. Insbesondere können produktspezifische Unterschiede zwischen verschiedenen Herstellern und auch innerhalb verschiedener Konserven-Chargen nicht ausgeschlossen werden, sodass die Ergebnisse nur bedingt auf vergleichbare Konservenprodukte übertragbar sind. Zudem beschränkt sich die Untersuchung auf zwei Gemüsesorten aus Konservendosen, weshalb Aussagen zur Haltbarkeit anderer Gemüsekonserven nicht unmittelbar abgeleitet werden können. Insgesamt liefern die Untersuchungsergebnisse damit zwar relevante Hinweise zur mikrobiologischen Entwicklung unter den untersuchten Bedingungen, erlauben aufgrund des Versuchsdesigns jedoch keine repräsentativen oder allgemeingültigen Aussagen für die gesamte Produktgruppe der Gemüsekonserven. Für zukünftige Untersuchungen wäre daher ein deutlich breiteres Spektrum an Proben sinnvoll, um eine repräsentativere Stichprobe zu erhalten. Dabei sollten sowohl verschiedene Hersteller als auch unterschiedliche Gemüsekonserven berücksichtigt werden, um belastbarere Aussagen zur mikrobiologischen Qualität und Haltbarkeit geöffneter Gemüsekonserven treffen zu können.

Eine weitere wesentliche Limitation betrifft die eingeschränkte Übertragbarkeit der Ergebnisse auf reale Haushaltsbedingungen. Zwar wurde im Rahmen der Untersuchung eine möglichst haushaltsnahe Lagerung angestrebt, jedoch sind hierbei mehrere Einschränkungen zu berücksichtigen. Die Lagerung der Proben erfolgte ab Beginn der mikrobiologischen Analysen im Kühlschrank des Labors, der sich hinsichtlich Umgebung und Nutzung in mehreren Aspekten von einem typischen Haushaltskühlschrank unterscheidet. Während im Privathaushalt in der Regel eine Vielzahl unterschiedlicher Lebensmittel gemeinsam im Kühlschrank aufbewahrt wird und dadurch ein potenziell höheres Risiko für Kreuzkontaminationen besteht, erfolgt im Labor-Kühlschrank ausschließlich die Lagerung von Nährmedien und zu untersuchenden Proben, sodass dort vergleichsweise kontrollierte Bedingungen herrschen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass ein Labor-Kühlschrank im Vergleich zu einem Haushaltskühlschrank in der Regel deutlich seltener geöffnet wird, wodurch geringere Temperaturschwankungen zu erwarten sind. Im Privathaushalt können hingegen durch das häufige Öffnen der Kühlschranktür sowie unterschiedliche Nutzungsbedingungen stärkere Temperaturschwankungen auftreten, welche die mikrobiologische Entwicklung der gelagerten Lebensmittel beeinflussen können. Darüber hinaus unterliegen Kühlschranktemperaturen in Privathaushalten einer hohen Variabilität, sodass die im Rahmen dieser Untersuchung gewählten Temperaturen von 4 °C und 6 °C nur einen begrenzten Ausschnitt der tatsächlichen Temperaturspanne abbilden können.

Auch das Verbraucherverhalten im Umgang mit geöffneten Lebensmitteln kann sehr unterschiedlich sein und die Haltbarkeitsdauer beeinflussen. Da eine vollständige Abbildung aller möglichen Handhabungs- und Lagerungspraktiken im Haushalt nicht realisierbar ist, wurde im Rahmen dieser Untersuchung eine Auswahl von Lagerungsbedingungen berücksichtigt, die im Privathaushalt üblicherweise vorkommen können. Für weiterführende Untersuchungen wäre es daher sinnvoll, verschiedene reale Haushaltsumgebungen zu berücksichtigen, um die Übertragbarkeit und Aussagekraft der Ergebnisse hinsichtlich der Lagerung geöffneter Gemüsekonserven im Privathaushalt zu erhöhen.

Eine weitere Einschränkung der Untersuchung betrifft die Erfassung der Probentemperaturen während der Lagerungszeit, die ausschließlich über Oberflächenmessungen mittels eines Infrarot-Oberflächenthermometers erfolgte. Dadurch lassen sich die tatsächlichen Temperaturverhältnisse innerhalb der Proben nicht sicher beurteilen, da sich die Probenoberfläche nach der Entnahme aus dem Kühlschrank schneller erwärmt als das Probeninnere. Zudem können bei der Verwendung eines Infrarot-Oberflächenthermometers methodenbedingte Messunsicherheiten nicht vollständig ausgeschlossen werden. Außerdem erfolgte keine kontinuierliche Erfassung der Temperaturverläufe der Proben während des gesamten Lagerungszeitraums, da die Probentemperaturen lediglich an den einzelnen Analysentagen erfasst wurden. Ein möglicher Einfluss der während der Untersuchung erfassten Temperaturunterschiede auf die mikrobiologische Entwicklung der Proben lässt sich anhand der vorliegenden Daten daher nicht eindeutig beurteilen.

Hinsichtlich der mikrobiologischen Analysen ist zu berücksichtigen, dass sämtliche Proben ausschließlich als Einfachbestimmungen untersucht wurden. Dadurch fehlen jeweils zweite Vergleichswerte zur Überprüfung der Ergebnisse, sodass zufällige Fehler bei der Durchführung der Analysen unbemerkt bleiben können. Hierzu zählen beispielsweise Pipettierfehler, Abweichungen bei der Herstellung der Verdünnungsreihen oder mögliche Kontaminationen. Dadurch kann die Reliabilität der Untersuchungsergebnisse eingeschränkt sein, sodass die Ergebnisse vor dem Hintergrund dieser methodischen Limitation interpretiert werden sollten. Für zukünftige Untersuchungen wäre daher die Durchführung von Doppelbestimmungen sinnvoll, um die Zuverlässigkeit der Ergebnisse weiter zu erhöhen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die herangezogenen DGHM-Richt- und Warnwerte lediglich zur orientierenden Einordnung der Untersuchungsergebnisse dienten, da sie nicht spezifisch für die untersuchten Gemüsekonserven gelten.

Abschließend ist zu berücksichtigen, dass die sensorische Beurteilung der Proben während der Lagerung ausschließlich durch die untersuchende Person erfolgte. Da sensorische Wahrnehmungen grundsätzlich subjektiv sind, können individuelle Unterschiede bei der Beurteilung von Aussehen, Geruch und Geschmack die Einschätzung der sensorischen Qualität und damit der Verzehrbarkeit beeinflussen. Daher könnte die Einbeziehung mehrerer Prüfpersonen in zukünftigen Untersuchungen zu einer aussagekräftigeren und belastbareren sensorischen Beurteilung beitragen.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Fazit

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass geöffnete Gemüsekonserven während der Lagerung mikrobiologischen Veränderungen unterliegen, wobei diese sowohl durch die Handhabung nach dem Öffnen als auch durch die gewählte Lagerungsweise beeinflusst werden können. Im Rahmen der Untersuchung waren am dritten Lagerungstag sämtliche Mais- und Kidneybohnenproben sowohl sensorisch als auch hinsichtlich der untersuchten mikrobiologischen Parameter unauffällig. Eine abschließende Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit kann daraus allerdings nicht abgeleitet werden. Im weiteren Lagerungsverlauf nahmen insbesondere die Hefekeimzahlen in den Proben zu, wobei sich deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Lagerungsbedingungen zeigten. Hinsichtlich der Wahl des Lagerungsgefäßes für Mais und Kidneybohnen aus geöffneten Konservendosen ließ sich auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse jedoch keine eindeutige Empfehlung ableiten. Dennoch weisen die Untersuchungsergebnisse darauf hin, dass unabhängig von der gewählten Lagerungsweise einer durchgängigen Kühllagerung und einer hygienischen Handhabung geöffneter Gemüsekonserven eine besondere Bedeutung zukommt.

6.2 Ausblick

Die Haltbarkeit geöffneter Lebensmittel wurde im Vergleich zur Haltbarkeit originalverpackter Lebensmittel bislang nur begrenzt wissenschaftlich untersucht. Auch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung verdeutlichen, dass hinsichtlich der Haltbarkeit und sachgerechten Lagerung geöffneter Gemüsekonserven im Privathaushalt weiterhin erheblicher Forschungsbedarf besteht. Die Untersuchung konnte zwar am Beispiel von Mais und Kidneybohnen erste Erkenntnisse zur mikrobiologischen Entwicklung geöffneter Gemüsekonserven unter definierten Lagerungsbedingungen liefern. Weitere Untersuchungen mit einem größeren Probenumfang und unter Berücksichtigung produktspezifischer Einflussfaktoren sind jedoch notwendig, um die Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Lagerungsbedingungen und der mikrobiologischen Entwicklung umfassender analysieren zu können. Dadurch könnte eine Grundlage für die Ableitung fundierter Empfehlungen zum Umgang mit geöffneten Gemüsekonserven geschaffen werden. Darüber hinaus kommt eindeutigen Herstellerangaben auf Konservendosen zum empfohlenen Verzehrzeitraum sowie zur Lagerung nach dem Öffnen eine besondere Bedeutung zu, da sie Verbraucher bei einem sachgerechten Umgang mit geöffneten Konserven unterstützen können.

Literaturverzeichnis

BAV Institut. (2019, Oktober 22). *Welche Bedeutung haben Schimmelpilze in Lebensmitteln? Steckbrief zu „Schimmelpilzen“*. BAV Institut. Von https://www.bav-institut.de/de/news/welche-bedeutung-haben-schimmelpilze-in-lebensmitteln abgerufen am 04.07.2026

BAV Institut. (2022, Juni 20). *Hefen und Schimmelpilze in Lebensmitteln – auch Express-Untersuchungen möglich*. BAV Institut. Von https://www.bav-institut.de/de/news/hefen-und-schimmelpilze-in-lebensmitteln-auch-express-untersuchungen-moeglich abgerufen am 04.07.2026

BAV Institut. (o.J.a). *FAQs: Steckbrief aerobe mesophile Keimzahl*. BAV Institut. Von https://www.bav-institut.de/de/faqs/steckbrief-aerobe-mesophile-keimzahl abgerufen am 23.07.2026

BAV Institut. (o.J.b). *FAQs: Steckbrief zu Enterobakterien*. BAV Institut. Von https://www.bav-institut.de/de/faqs/steckbrief-zu-enterobakterien abgerufen am 03.07.2026

BAV Institut. (o.J.c). *FAQs: Steckbrief zu Hefen*. BAV Institut. Von https://www.bav-institut.de/de/faqs/steckbrief-zu-hefen abgerufen am 20.07.2026

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). (2026). *Obst, Gemüse, Zitrusfrüchte, Schalen- und Trockenobst*. BMEL-Statistik. Von https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung/versorgungsbilanzen/obst-gemuese-zitrusfruechte-schalen-und-trockenobst abgerufen am 15.07.2026

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). (2024, Dezember 19). *BfR2GO, Ausgabe 2/2024, Schwerpunkt: Küchenhygiene*. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Von https://www.bfr.bund.de/publikationen/bfr2go-ausgabe-22024-schwerpunkt-kuechenhygiene/ abgerufen am 22.06.2026

Cruz, R., Pereira, V., Pinho, T., Ferreira, I. M. P. L. V. O., Novais, C., & Casal, S. (2022). Safety and Quality of Canned Sardines after Opening: A Shelf-Stability Study. *Foods*, *11*(7), 991. https://doi.org/10.3390/foods11070991

Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM). (2017). *Richt- und Warnwerte für hitzebehandelte, verzehrfertige Speisen/Gerichte z.B.: Panierte Schnitzel, Frikadellen, Süßspeisen, Gemüsekomponenten, Sättigungsbeilagen, vegane und vegetarische Produkte*.

Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM e.V.). (2025, Mai 7). *Präambel*. DGHM Richt- und Warnwerte für Lebensmittel. Von https://www.dghm-richt-warnwerte.de/de/praeambel abgerufen am 25.07.2026

DIN, Deutsches Institut für Normung e. V. (2017). DIN EN ISO 6887-1:2017. *Mikrobiologie der Lebensmittelkette—Vorbereitung von Untersuchungsproben und Herstellung von Erstverdünnungen und von Dezimalverdünnungen für mikrobiologische Untersuchungen—Teil 1: Allgemeine Regeln für die Herstellung von Erstverdünnungen und Dezimalverdünnungen*. Beuth Verlag.

DIN, Deutsches Institut für Normung e. V. (2019). DIN 10164-2:2019. *Mikrobiologische Untersuchung von Fleisch und Fleischerzeugnissen—Bestimmung von Enterobacteriaceae—Teil 2: Tropfplatten-Verfahren*. Beuth Verlag.

Fiedler, B. (2017). *Hefen: Fermentationsleistung und Verderbspotential* (2. Auflage). Behr's Verlag.

Gomm, U., & Lobitz, R. (2013). *Lebensmittelhygiene: Praixshandbuch zur Lebensmittellagerung im Haushalt* (Erstauflage). aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V.

Henney, J. E., Taylor, C. L., & Boon, C. S. (2010). Preservation and Physical Property Roles of Sodium in Foods. In Institute of Medicine (US) Committee on Strategies to Reduce Sodium Intake (Hrsg.), *Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States*. National Academies Press (US). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK50952/

Keweloh, Dr. H. (2014). *Mikroorganismen in Lebensmitteln: Theorie und Praxis der Lebensmittelhygiene* (5. Auflage). Pfanneberg GmbH & Co. KG.

Kindermann, M., & Prange, A. (2016). Temperaturabhängigkeit der Aktivität von Mikroorganismen. In aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V. (Hrsg.), *Lebensmittelverarbeitung im Haushalt* (2. Auflage, S. 132–135). aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V.

Klingshirn, A., & Prange, A. (2016). Lebensmittelverderb. In aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V. (Hrsg.), *Lebensmittelverarbeitung im Haushalt* (2. Auflage, S. 257–260). aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V.

Krämer, J., & Prange, A. (2017). *Lebensmittel-Mikrobiologie* (7. Auflage). Verlag Eugen Ulmer.

Mafe, A. N., Edo, G. I., Makia, R. S., Joshua, O. A., Akpoghelie, P. O., Gaaz, T. S., Jikah, A. N., Yousif, E., Isoje, E. F., Igbuku, U. A., Ahmed, D. S., Essaghah, A. E. A., & Umar, H. (2024). A review on food spoilage mechanisms, food borne diseases and commercial aspects of food preservation and processing. *Food Chemistry Advances*, *5*, 100852. https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100852

Petropoulos, G., Raptopoulou, K. G., Pasias, I. N., Thomaidis, N. S., & Proestos, C. (2018). Chemometric determination of the shelf life of opened cans using the migration of specific

metals as quality indicators. *Food Chemistry, 1st Food Chemistry Conference: Shaping the future of food quality, health and safety*, *267*, 313–318. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.041

Rawat, S. (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian Journal of Plant Science and Research*, *5*(4), 47–56.

Rout, S., Sahoo, P., Ray, A., & Mohapatra, S. S. (2026). Canned Foods: Evolution, Benefits, and Health Implications of Modern Packaging. *Food Safety and Health*, *n/a*(n/a). https://doi.org/10.1002/fsh3.70078

Suerbaum, S., Hornef, M., & Karch, H. (2020). Enterobakterien. In S. Suerbaum, G.-D. Burchard, S. H. E. Kaufmann, & T. F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (S. 299–335). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61385-6_29

Vannini, L., & Siroli, L. (2025). Canned and heat preserved foods. In *The Microbiological Quality of Food* (S. 261–271). Elsevier Science Ltd. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91160-3.00010-6

Verbraucherzentrale. (2025, Dezember 3). *Konserven: Alles zu Haltbarkeit und Lagerung*. Verbraucherzentrale. Von https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/auswaehlen-zubereiten-aufbewahren/konserven-alles-zu-haltbarkeit-und-lagerung-58933 abgerufen am 17.07.2026

Verbraucherzentrale Baden-Württemberg. (2025, Juli 30). *Lebensmittel nach dem Öffnen „gekühlt lagern“: Angaben oft zu vage*. Verbraucherzentrale Baden-Württemberg. Von https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/auswaehlen-zubereiten-aufbewahren/lebensmittel-nach-dem-oeffnen-gekuehlt-lagern-angaben-oft-zu-vage-109122 abgerufen am 01.07.2026

Vergara-Balderas, F. T. (2016). Canning: Process of Canning. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Hrsg.), *Encyclopedia of Food and Health* (S. 628–632). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00110-0

Anhang

A: Koloniezählungen der mikrobiologischen Untersuchung 57

A.1 Maisproben (M1–M3) 57

A.2 Kidneybohnenproben (K1–K3) 58

A.3 Abgespülte Kidneybohnenproben (K1S–K3S) 61

B: Untersuchungsergebnisse – Ermittelte Keimzahlen 62

B.1 Maisproben (M1–M3) 63

B.2 Kidneybohnenproben (K1–K3) 63

B.3 Abgespülte Kidneybohnenproben (K1S–K3S) 64

C: Sensorische Beurteilung der Proben 65

D: Gemessene Oberflächentemperaturen der Proben 66

E: Verwendete Nährmedien und Peptonwasser 66

F: Verwendete Geräte und Kleinmaterialien 67

Eidesstattliche Erklärung 68

A: Koloniezählungen der mikrobiologischen Untersuchung

A.1 Maisproben (M1–M3)

Probe M1 (Mais, abgetropft, in offener Konservendose gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)			
		t3	t5	t9	t12
		Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien
PC	-1	0	0	0	0
PC	-2	0	0	0	0
PC	-3	0	0	0	0
PC	-4	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	0	4 (H)
MZ H/S	-2	0	0	0	2 (H)
MZ H/S	-3	0	0	0	0
MZ H/S	-4	0	0	0	0
MZ H/S	-5	0	0	0	0
MZ H/S	-6	0	0	0	0
VRBG	-1	0	0	0	0
VRBG	-2	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0

H = Hefen; S = Schimmelpilze.

Probe M2 (Mais, abgetropft, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (in t Tagen nach dem Öffnen)				
		t3	t5	t9	t12	t16
		Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien
PC	-1	0	0	0	0	0
PC	-2	0	0	0	0	0
PC	-3	0	0	0	0	0
PC	-4	0	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	4 (H)	53 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-2	0	0	1 (H)	9 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-3	0	0	0	3 (H)	37 (H)
MZ H/S	-4	0	0	0	0	12 (H)
MZ H/S	-5	0	0	0	0	5 (H)
MZ H/S	-6	0	0	0	0	1 (H)
VRBG	-1	0	0	0	0	0
VRBG	-2	0	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0	0

Probe M3 (Mais, abgetropft, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)			
		t3	t5	t9	t12
		Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien
PC	-1	0	0	0	0
PC	-2	0	0	0	0
PC	-3	0	0	0	0
PC	-4	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	1 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-2	0	0	0	28 (H)
MZ H/S	-3	0	0	0	5 (H)
MZ H/S	-4	0	0	0	2 (H)
MZ H/S	-5	0	0	0	0
MZ H/S	-6	0	0	0	0
VRBG	-1	0	0	0	0
VRBG	-2	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0

A.2 Kidneybohnenproben (K1–K3)

Probe K1 (Kidneybohnen, abgetropft, in offener Konservendose gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)				
		t3	t5	t9	t12	t16
		Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien
PC	-1	0	0	0	0	0
PC	-2	0	0	0	0	0
PC	-3	0	0	0	0	0
PC	-4	0	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	0	0	1 (H)
MZ H/S	-2	0	0	0	0	0
MZ H/S	-3	0	0	0	0	0
MZ H/S	-4	0	0	0	0	0
MZ H/S	-5	0	0	0	0	0
MZ H/S	-6	0	0	0	0	0
VRBG	-1	0	0	0	0	0
VRBG	-2	0	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0	0

H = Hefen; S = Schimmelpilze.

Probe K2 (Kidneybohnen, abgetropft, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)				
		t3 Kolonien	t5 Kolonien	t9 Kolonien	t12 Kolonien	t16 Kolonien
PC	-1	0	1	0	9	> 100
PC	-2	0	0	0	0	19
PC	-3	0	0	0	0	0
PC	-4	0	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	4 (H)	62 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-2	0	0	0	8 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-3	0	0	0	0	15 (H)
MZ H/S	-4	0	0	0	0	1 (H)
MZ H/S	-5	0	0	0	0	0
MZ H/S	-6	0	0	0	0	0
VRBG	-1	0	0	0	0	0
VRBG	-2	0	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0	0

Probe K3 (Kidneybohnen, abgetropft, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen			
		t3 Kolonien	t5 Kolonien	t9 Kolonien	t12 Kolonien
PC	-1	0	0	2	> 100
PC	-2	0	0	1	56
PC	-3	0	0	0	7
PC	-4	0	0	0	2
PC	-5	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	5 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-2	0	0	4 (H)	49 (H)
MZ H/S	-3	0	0	1 (H)	16 (H)
MZ H/S	-4	0	0	0	0
MZ H/S	-5	0	0	0	0
MZ H/S	-6	0	0	0	0
VRBG	-1	0	0	0	0
VRBG	-2	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0

A.3 Abgespülte Kidneybohnenproben (K1S–K3S)

Probe K1S (Kidneybohnen, abgespült, in offener Konservendose gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)				
		t3	t5	t9	t12	t16
		Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien
PC	-1	0	0	0	0	0
PC	-2	0	0	0	0	0
PC	-3	0	0	0	0	0
PC	-4	0	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	14 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-2	0	0	1 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-3	0	0	0	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-4	0	0	0	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-5	0	0	0	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-6	0	0	0	47 (H)	> 100 (H)
VRBG	-1	0	0	0	0	1
VRBG	-2	0	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0	0

H = Hefen; S = Schimmelpilze.

Probe K2S (Kidneybohnen, abgespült, im geschlossenen Kunststoffbehälter gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)			
		t3	t5	t9	t12
		Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien
PC	-1	0	0	0	> 100
PC	-2	0	0	0	10
PC	-3	0	0	0	1
PC	-4	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	0	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-2	0	0	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-3	0	0	1 (H)	12 (H)
MZ H/S	-4	0	0	0	4 (H)
MZ H/S	-5	0	0	0	0
MZ H/S	-6	0	0	0	0
VRBG	-1	0	0	6	> 100
VRBG	-2	0	0	0	13
VRBG	-3	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0

Probe K3S (Kidneybohnen, abgespült, in abgedeckter Porzellanschüssel gelagert)

Platte	Verdünnungs-stufe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)				
		t3	t5	t9	t12	t16
		Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien	Kolonien
PC	-1	0	0	2	27	> 100
PC	-2	0	0	0	2	6
PC	-3	0	0	0	0	0
PC	-4	0	0	0	0	0
PC	-5	0	0	0	0	0
PC	-6	0	0	0	0	0
MZ H/S	-1	0	11 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-2	0	1 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-3	0	0	> 100 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-4	0	0	> 100 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-5	0	0	43 (H)	> 100 (H)	> 100 (H)
MZ H/S	-6	0	0	29 (H)	77 (H)	51 (H)
VRBG	-1	0	0	0	1	0
VRBG	-2	0	0	0	0	0
VRBG	-3	0	0	0	0	0
VRBG	-4	0	0	0	0	0
VRBG	-5	0	0	0	0	0
VRBG	-6	0	0	0	0	0

B: Untersuchungsergebnisse – Ermittelte Keimzahlen

B.1 Maisproben (M1–M3)

Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)	Probe	Agar-Typ	Verdünnung 1	Verdünnung 2	Σ c	c	v	x	Ergebnis (in KbE/g)	Einordnung (DGHM-Werte)
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t5	**M1**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t5	**M2**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t5	**M3**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t9	**M1**	VRBD-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	4	1	5	4,55	20	1	**9,1E+02**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t9	**M2**	VRBD-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	1	–	1	1,00	20	1	**2,0E+02**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t9	**M3**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	4	2	6	5,45	20	1	**1,1E+03**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**M1**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	53	9	62	56,36	20	1	**1,1E+04**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**M2**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	28	5	33	30,00	20	2	**6,0E+04**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**M3**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	37	12	49	44,55	20	3	**8,9E+05**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t16	**M2**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert

Anmerkungen: Da sämtliche ermittelte Keimzahlen für t3 unterhalb der Nachweisgrenze des Tropfplattenverfahrens lagen, wurden sie nicht in der Tabelle dargestellt. KbE/g = Koloniebildende Einheiten pro Gramm. H = Hefen. * = Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze des Tropfplattenverfahrens (< 2,0 × 10^2 KbE/g).

B.2 Kidneybohnenproben (K1–K3)

Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen)	Probe	Agar-Typ	Verdünnung 1	Verdünnung 2	Σ c	c	v	x	Ergebnis (in KbE/g)	Einordnung (DGHM-Werte)
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t5	**K1**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	1	–	1	1,00	20	1	**2,0E+02**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t5	**K2**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t5	**K3**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t9	**K1**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	4	-	4	4,00	20	1	**8,0E+02**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t9	**K2**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	5	4	9	8,18	20	1	**1,6E+03**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t9	**K3**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t12	**K1**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	9	-	9	9,00	20	1	**1,8E+03**	**Unter Richtwert: 1 x 10^6**
		MZ-Agar (H)	62	8	70	63,64	20	1	**1,3E+04**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**K2**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	56	7	63	57,27	20	2	**1,1E+05**	**Unter Richtwert: 1 x 10^6**
		MZ-Agar (H)	49	16	65	59,09	20	2	**1,2E+05**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**K3**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	1	-	1	1	20	1	**2,0E+02**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t16	**K1**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	19	–	19	19,00	20	2	**3,8E+04**	**Unter Richtwert: 1 x 10^6**
		MZ-Agar (H)	15	1	16	14,55	20	3	**2,9E+05**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t16	**K2**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert

Anmerkungen: Da sämtliche ermittelte Keimzahlen für t3 unterhalb der Nachweisgrenze des Tropfplattenverfahrens lagen, wurden sie nicht in der Tabelle dargestellt. KbE/g = Koloniebildend Einheiten pro Gramm. H = Hefen. * = Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze des Tropfplattenverfahrens (< 2,0 × 10^2 KbE/g).

B.3 Abgespülte Kidneybohnenproben (K1S–K3S)

Analysezeit-punkt (t in Tagen)	Probe	Agar-Typ	Verdün-nung 1	Verdün-nung 2	Σ c	c	v	x	Ergebnis (in KbE/g)	Einordnung (DGHM-Werte)
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	14	1	15	13,64	20	1	**2,7E+03**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t5	**K1S**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
t5	**K2S**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar	11	1	12	10,91	20	1	**2,2E+03**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t5	**K3S**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	47	-	47	47,00	20	6	**9,4E+08**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t9	**K1S**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	1	–	1	1,00	20	3	**2,0E+04**	**Unter Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t9	**K2S**	VRBG-Agar	6	–	6	6,00	20	1	**1,2E+03**	**Über Richtwert: 5 x 10^2**
		PC-Agar	2	-	2	2,00	20	1	**4,0E+02**	**Unter Richtwert: 1 x 10^6**
		MZ-Agar (H)	43	29	72	65,45	20	5	**1,3E+08**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t9	**K3S**	VRBG-Agar	–	–	–	–	–	–	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		PC-Agar	-	-	-	-	-	-	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert
		MZ-Agar (H)	> 100	-	100	100,00	20	6	> **2,0 x 10^9 ****	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**K1S**	VRBG-Agar	1	-	1	1	20	1	**2,0E+02**	**Unter Richtwert: 5 x 10^2**
		PC-Agar	10	1	11	10,00	20	2	**2,0E+04**	**Unter Richtwert: 1 x 10^6**
		MZ-Agar (H)	12	4	16	14,55	20	3	**2,9E+05**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**K2S**	VRBG-Agar	13	-	13	13,00	20	2	**2,6E+04**	**Über Warnwert: 5 x 10^3**
		PC-Agar	27	2	29	26,36	20	1	**5,3E+03**	**Unter Richtwert: 1 x 10^6**
		MZ-Agar (H)	77	-	77	77,00	20	6	**1,5E+09**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t12	**K3S**	VRBG-Agar	1	-	1	1,00	20	1	**2,0E+02**	**Unter Richtwert: 5 x 10^2**
		PC-Agar	6	-	6	5,45	20	2	**1,1E+04**	**Unter Richtwert: 1 x 10^6**
		MZ-Agar (H)	51	-	51	46,36	20	6	**9,3E+08**	**Über Richtwert: 1 x 10^5 (H)**
t16	**K3S**	VRBG-Agar	-	-	-	-	-	-	< 2,0 x 10^2 *	Unter Richtwert

Anmerkungen: Da sämtliche ermittelte Keimzahlen für Analysezeitpunkt t3 unterhalb der Nachweisgrenze des Tropfplattenverfahrens lagen, wurden sie nicht in der Tabelle dargestellt. KbE/g = Koloniebildend Einheiten pro Gramm. H = Hefen. * = Ergebnis unterhalb der Nachweisgrenze des Tropfplattenverfahrens (< 2,0 × 10^2 KbE/g). ** = Verdünnungsstufe −6 mit > 100 Kolonien; Berechnung anhand von 100 Kolonien.

C: Sensorische Beurteilung der Proben

Probe	Analysezeitpunkt (t in Tagen nach dem Öffnen der Konservendosen)											
	t5			t9			t12			t16		
	Aussehen	Geruch	Geschmack	Aussehen	Geruch	Geschmack	Aussehen	Geruch	Geschmack	Aussehen	Geruch	Geschmack
M1	Leicht grau-gelbe Verfärbung	Mais-aroma ↓	i.O.	Unverändert	Mais-aroma ↓	Charakteristi-scher süßlicher Geschmack ↓	Verfärbung unverän-dert; Oberfläche glanzlos, trocken	Leicht muf-fig-modrig	–	Schimmelbildung an mehreren Stellen	Stark modrig	–
M2	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	Geschmacks-intensität ↓; leicht modrig	Beginnende Schimmelbil-dung auf einzelnen Mais-körnern; Leicht schmierige Textur	Stark modrig	–
M3	i.O.	i.O	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	Leicht grau-gelbe Verfärbung; Maiskör-ner matter, nicht mehr leuchtend gelb	i.O.	Geschmacks-intensität ↓; leicht muffig-modrig	Schimmelbildung an mehreren Stellen	Stark modrig	–
K1	Farbintensi-tät ↓	i.O.	i.O.	Farbintensität ↓ unverändert; Oberfläche tro-cken	i.O.	i.O.	Farbintensität ↓ unverändert	Leicht muffig	–	Milchig-schleimiger Oberflächenbelag	Muffig ↑	–
K2	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	Beginnende Schimmelbil-dung auf einzelnen Boh-nen; Feucht-schmierige Textur; Feuchtigkeitsan-sammlung im Behälter	Stark modrig	–
K3	i.O.	i.O	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	Leicht muffig-modrig	Schimmelbildung an mehreren Stellen; Feucht-schmierige Textur	Stark modrig	–
K1S	Farbintensi-tät ↓	i.O.	i.O.	Farbintensität ↓ unverändert; Oberfläche tro-cken	Hefig, leicht muffig	Leicht bitter	Dunkle Verfärbung; Milchig-schleimiger Oberflächenbelag	Stark muffig	–	Probe an t12 entsorgt		
K2S	i.O.	i.O	i.O.	Milchige, leicht schmie-rige Oberfläche	Muffig-faulig	–	Milchig-schleimiger Oberflächenbelag; Starke Feuchtigkeits-ansammlung im Be-hälter	Stark muffig-faulig (nach fau-len Eiern rie-chend)	–	Probe an t12 entsorgt		
K3S	i.O.	i.O	i.O.	Milchige, leicht schmie-rige Oberfläche	Muffig-faulig	–	Unverändert	Muffig-faulig	–	Dunkle Verfärbung; Milchig-schleimiger Ober-flächenbelag	Stark muffig-faulig	–

Anmerkungen: Alle Proben waren zum Analysezeitpunkt t3 sensorisch unauffällig; daher erfolgte keine Darstellung von t3 in der Tabelle. i.O. = in Ordnung (keine sensorischen Veränderungen oder Auffälligkeiten). – = keine Geschmacksprüfung aufgrund auffälligen Aussehens und/oder Geruchs. ↓ = Abnahme. ↑ = Zunahme.

D: Gemessene Oberflächentemperaturen der Proben

Probe	Oberflächentemperatur (in °C)				
	t3	t5	t9	t12	t16
M1	8,0	8,0	8,4; 16,5*	8,6; 16,2*	–
K1	8,0	7,2	8,3; 18,4*	8,2; 17,4*	8,5
K1S	6,8	6,7	8,4; 18,1*	8,2; 18,2*	–
M2	8,4	7,9	8,0; 12,4*	8,5; 13,2*	8,4
K2	8,0	8,6	7,9; 12,2*	8,2; 14,1*	8,3
K2S	10,0	8,8	9,3; 14,2*	9,4; 14,2*	–
M3	7,4	7,8	8,5; 12,2*	7,3; 11,9*	–
K3	9,6	8,4	8,5; 12,9*	8,7; 14,2*	–
K3S	8,8	8,6	8,7; 14,2*	9,0; 13,2*	8,8

Anmerkungen: t = Tage nach dem Öffnen der Konservendosen (t_0). Oberflächentemperaturen ohne Kennzeichnung wurden unmittelbar nach Entnahme aus dem Kühlschrank gemessen. * = zusätzlicher Messwert nach ca. 10 min Standzeit bei Raumtemperatur. – = kein Messwert vorhanden (Probe entsorgt).

E: Verwendete Nährmedien und Peptonwasser

	Hersteller	**Artikelnummer**
Malzextrakt-Agar Nr. 2	VWR Chemicals	84665.0500
Pepton-Wasser, gepuffert	CHEMSOLUTE® (TH. GEYER)	8449.0500
Plate-Count-Agar (APHA, ISO 4833:2003, ISO 11133)	Carl ROTH	X930.1
Kristallviolett-Neutralrot-Galle-Glucose-Agar (ISO) (VRBG nach Mossel)	VWR Chemicals	–

F: Verwendete Geräte und Kleinmaterialien

Gerät / Kleinmaterial	**Hersteller**
Autoklav, Laboklav 25	SHP Steriltechnik AG
Besteck, steril	–
Brutschrank (INCU-Line® IL 10)	VWR
Infrarot-Thermometer (InfraRed Thermometer IR 260-8S)	VOLTCRAFT
Kolbenhubpipette (100 µl, 1000 µl Transferpette® S)	BRAND
Kühlschrank	BOSCH
Präzisionswaage AX2202	Sartorius
Pipettenspitze (100 µl, 1000 µl)	BRAND
Ständer für Stomacher-Beutel (Bag Opener BA6095)	Seward
Stomacher (BagMixer® 400)	Interscience
Stomacher-Beutel (BagFilter® 400 P)	Interscience
Reagenzglasschüttler (IKA® Vortex 1)	IKA
Reagenzglasständer	–
Röhrchen (für Probenverdünnungen)	–

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Hamburg, 01.08.2026 [redacted]

Ort, Datum Unterschrift des Verfassers