

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin der
Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches Gesundheitswesen in
der Veterinärmedizin, Abteilung für Lebensmittelmikrobiologie
(Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. Martin Wagner Dipl. ECVPH)

Mikrobiologische und sensorische Qualität von frischen Speisepilzen von lokalen Märkten im Raum Wien

Diplomarbeit

zur Erlangung der Würde einer Magistra medicinae veterinariae

Vorgelegt von Julia Rattner

Wien, im August 2021

Betreuerin

Dr. med. vet. Martina Ludewig, Dipl. ECVPH

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin der
Veterinärmedizinischen Universität Wien

Abteilung für Lebensmittelmikrobiologie

Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches
Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin

Begutachterin

Univ.-Prof. Dr. med. vet. Anja Joachim, Dipl. EVPC

Department für Pathobiologie

Institut für Parasitologie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Bedeutung und Produktion	1
1.2	Charakteristik und Taxonomie	3
1.3	Anforderungen an die Vermarktung von frischen Speisepilzen	4
1.3.1	Definition und Anforderungen an die Qualität	4
1.3.2	Vermarktungsnormen von Speisepilzen.....	5
1.4	Sensorische und mikrobiologische Qualität von Speisepilzen	6
1.4.1	Sensorik.....	6
1.4.2	Mikrobiologie	7
1.5	Vorkommen von bakteriellen Zoonoseerregern	10
1.6	Ziel der Untersuchungen	14
2	Material und Methoden	15
2.1	Material	15
2.1.1	Geräte und Verbrauchsmaterialien.....	15
2.1.2	Probennahme und Pilzproben.....	15
2.2	Methoden.....	18
2.2.1	Mikrobiologische Untersuchung der Pilzproben	18
2.2.2	Sensorische Bewertung der Pilzproben.....	22
3	Statistische Auswertung	24
4	Ergebnisse	25
4.1	Mikrobiologische Qualität von Speisepilzen	25
4.2	Sensorische Qualität und pH-Wert von Speisepilzen	28
4.3	Vergleich von mikrobiologischen und sensorischen Ergebnissen	31
5	Diskussion und Schlussfolgerung	34
6	Zusammenfassung	38
7	Summary	39
8	Literaturverzeichnis	40
9	Anhang	54

Abkürzungen

AMC	aerobe mesophile Keimzahl
AVN	Allgemeine Vermarktungsnorm
B.	<i>Bacillus</i>
DGHM	Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie
DVO	Durchführungsverordnung
EB	<i>Enterobacteriaceae</i>
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
FAO	Erährungs- u. Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
He	Hefen
L.	<i>Listeria</i>
QDA	Quantitativ Deskriptive Analyse
QS	Sensorische Qualitätszahl
RASFF	Europäisches Schnellwarnsystem für Lebensmittel und Futtermittel
S.	<i>Salmonella</i>
SP	Schimmelpilz
t	Tonne
UNECE	Wirtschaftskommission für Europa
VO	Verordnung
WHO	Weltgesundheitsorganisation

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltweite Erntefläche und Produktionsmenge von Speisepilzen und Trüffeln 1995–2019 (FAO,2020)	2
Abbildung 2: Produktionsmenge von Speisepilzen und Trüffeln in Österreich 1995–2017 (FAO, 2020)	2
Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der Pilzproben auf die Märkte und den Internethändler	16
Abbildung 4: Anzahl der Verkäuferinnen und Verkäufer pro Markt.....	18
Abbildung 5: Herstellung der dezimalen Verdünnungsreihe (V1 bis V7) und Ansatzschema für die quantitativen Untersuchungen von Speisepilzen	19
Abbildung 6: Berechnung der Keimzahlen nach ISO 7218:2007/Amd.1:2013.....	21
Abbildung 7: Mittlere Keimzahlen (\pm Standardabweichung) frischer Wild- und Kulturpilze.....	26
Abbildung 8: Anteil der Proben mit überschrittenen Grenzwerten von frischen Wild- und Kulturpilzen	27
Abbildung 9: Sensorische Bewertung von frischen Wild- und Kulturpilzen – Anteil in den Beurteilungsgruppen	30
Abbildung 10: Anzahl der Proben pro Markt, die aufgrund sensorischer Abweichungen mit „nicht akzeptabel“ ($QS \leq 2,0$) beurteilt wurden	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anforderungen an Frischpilze (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014)	5
Tabelle 2:	Mikrobielle Belastung bei kultivierten und wild gewachsenen Speisepilzen unmittelbar nach der Ernte oder nach dem Einkauf	9
Tabelle 3:	Auszug RASFF-Portal Benachrichtigungen 01.01.2015–31.12.2020	11
Tabelle 4:	Übersicht der Pilzproben	17
Tabelle 5:	Verwendete Nährmedien und Beschreibung der für den Zielkeim typischen Koloniemorphologie unter den gegebenen Inkubationsbedingungen	20
Tabelle 6:	Aroma-Eigenschaften der verschiedenen Pilzarten.....	22
Tabelle 7:	Bewertung von Aussehen, Konsistenz und Geruch sowie pH-Wert von frischen Wild- und Kulturpilzen	29
Tabelle 8:	Zusammenhang erhöhter Keimzahlen mit der Sensorik frischer Wild- und Kulturpilze.....	32
Tabelle 9:	Zusammenhang zwischen mittleren Keimzahlen und der sensorischen Qualität wildgewachsener Lamellen- und Steinpilze	33
Anhang		
Tabelle 1:	Liste der verwendeten Geräte, Hilfsmittel, Chemikalien und Nährmedien	54
Tabelle 2:	Protokoll zur sensorischen Untersuchung von frischen Speisepilzen mittels Skala und Messung des pH-Wertes	57
Tabelle 3:	Übersicht über die mikrobiologischen Ergebnisse der untersuchten Pilzproben	58

1 Einleitung

1.1 Bedeutung und Produktion

Speisepilze spielen seit Jahrtausenden eine Rolle als Nahrungsquelle für den Menschen und weltweit sind circa 2200 essbare Pilzspezies bekannt (Boa, 2004). Zu diesen Speisepilzen zählen sowohl kultivierbare als auch wildwachsende Pilze. Im Österreichischen Lebensmittelbuch (*Codex Alimentarius Austriacus*) sind 92 verschiedene Kultur- und Wildpilze beschrieben, wobei nicht explizit angeführte Pilze, insofern sie den Anforderungen der Lebensmittelsicherheit entsprechen, ebenso vermarktet werden dürfen (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014).

Bereits im Jahr 1601 wurden von Carolus Clusius in der „Fungorium in Pannonia observatorum brevis Historia“ über 100 Pilzarten und deren Fundorte in Österreich beschrieben (Guglia, 2013).

Die weltweite Produktion von Pilzen und Trüffeln ist in den letzten Jahren stark angestiegen und lag im Jahr 2019 bei über 11,5 Millionen Tonnen (t) (*Abb. 1*). Auch in Österreich hat die Produktionsmenge von Pilzen und Trüffeln stetig zugenommen, wobei im Jahr 2017 1.900 t produziert wurden (*Abb. 2*). Parallel dazu stieg der durch Pilze erzeugte Bruttoproduktionswert von 3,3 Millionen US-Dollar im Jahr 2008 auf 5,6 Millionen US-Dollar im Jahr 2018 an (FAO, 2020). Allerdings ist der Selbstversorgungsgrad Österreichs mit 9,0 % immer noch gering (Statistik Austria, 2021).

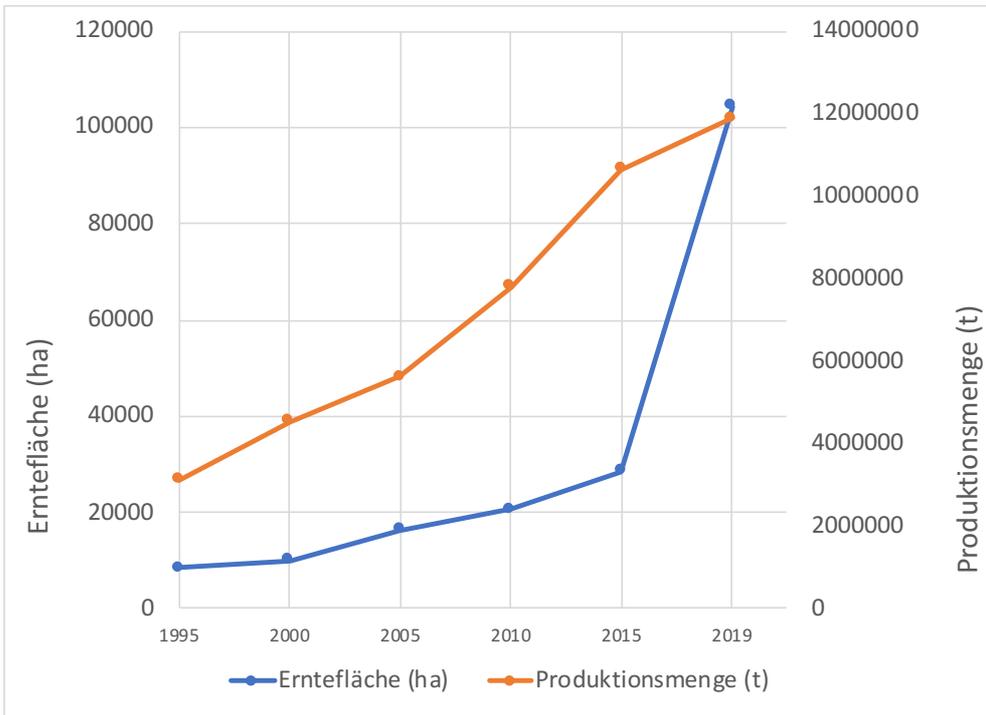


Abb. 1: Weltweite Erntefläche und Produktionsmenge von Speisepilzen und Trüffeln 1995–2019 (FAO, 2020).

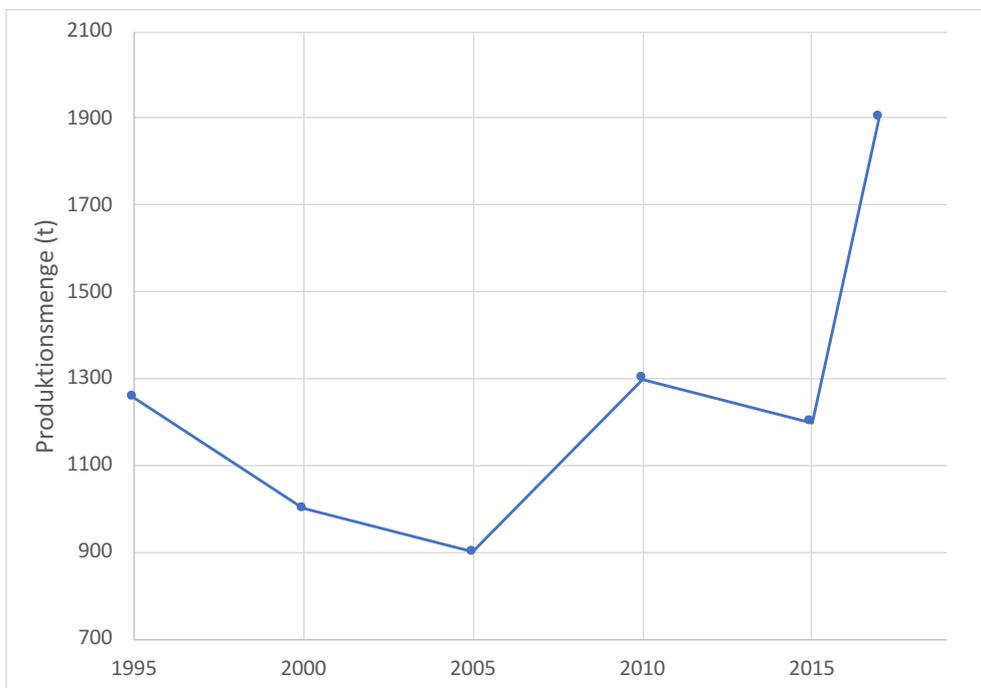


Abb. 2: Produktionsmenge von Speisepilzen und Trüffeln in Österreich 1995–2017 (FAO, 2020).

Die stetig steigende Nachfrage nach frischen Pilzen wird vor allem auf ein erhöhtes Körper- sowie Gesundheitsbewusstsein der Bevölkerung zurückgeführt (Reis et al., 2017). Pilze haben eine günstige Nährstoffzusammensetzung und eine Vielzahl positiver, kulinarischer Merkmale wie Geschmack, Aroma und Konsistenz (Valverde et al., 2015). Sie liefern vor allem Ballaststoffe, Rohprotein und wertvolle Mineralstoffe (Boin et al., 2016; Reis et al., 2017).

Zu den am häufigsten konsumierten und beliebtesten frischen Wildpilzen in Europa gehören das Eierschwammerl, *Cantharellus cibarius*, und der gemeine Steinpilz, *Boletus edulis* (Aisala et al., 2018). Zu den populärsten Zuchtpilzen zählt der Zucht-Champignon, *Agaricus bisporus* (Sonnenberg et al., 2017), aber auch der Austernseitling, *Pleurotus ostreatus* (Naim et al., 2020), oder Shiitake, *Lentinula edodes*, erfreuen sich immer größerer Beliebtheit (Spim et al., 2021). Shiitake-Pilze sind die am zweithäufigsten kultivierte Zuchtspeisepilzart der Welt und machen 25 % der globalen Speisepilzproduktion aus (Spim et al., 2021).

1.2 Charakteristik und Taxonomie

Pilze entsprechen, neben dem Reich der Tiere und dem Reich der Pflanzen, dem dritten Reich der Eukaryoten. Sie werden in neun Abteilungen unterteilt (*Opisthosporidia*, *Chytridiomycota*, *Neocallimastigomycota*, *Blastocladiomycota*, *Zoopagomycota*, *Mucoromycota*, *Glomeromycota*, *Basidiomycota* und *Ascomycota*). Das Unterreich der *Dikarya* umfasst die beiden speziesreichsten Abteilungen, die *Basidiomycota* (Ständerpilze) und *Ascomycota* (Schlauchpilze), welche sich durch ihre Fortpflanzungsstrukturen unterscheiden (Naranjo-Ortiz & Gabaldón, 2019). Den Ständerpilzen werden über 30.000 Pilzspezies zugeschrieben (Zhao et al., 2017). Diese werden wiederum in Untergruppen unterteilt. In die Untergruppe *Agaricomycotina* fallen Eierschwammerl, Steinpilze, Parasole (Riesenschirmpilze), Austern- und Kräuterseitlinge, Shiitake-Pilze sowie Champignons (Hibbett, 2006).

Aufgrund ihres hohen Wassergehalts von 80 %–94 % (Kalač, 2009; Sánchez, 2010; Reis et al., 2012), einer hohen Wasseraktivität von $> 0,98$ (Venturini et al., 2011) und eines leicht sauren bis fast neutralen pH-Werts von 5,7–7,0 (Martinez-Carrera et al., 1998; Leong et al., 2015; Zhang et al., 2018) haben Speisepilze ein hohes Verderbnispotential nach der Ernte und sind anfällig für die Vermehrung von Mikroorganismen (Singh et al., 2010; Venturini et al., 2011). Nach der Ernte laufen im Pilz weitere natürliche Abbau- und Respirationsprozesse ab. Im Wesentlichen werden Kohlenhydrate abgebaut und CO_2 und Wasserdampf freigesetzt. Die Haltbarkeit der Pilze nach der Ernte ist dadurch eingeschränkt, weshalb eine Reduktion der Respirationsrate Gegenstand vieler Untersuchungen zum Thema Optimierung von Lagerungs-, Verpackungs- und Temperaturbedingungen ist (Hammond & Nichols, 1975; Cliffe-Byrnes & O'Beirne, 2007; Parentelli et al., 2007; Singh et al., 2010).

1.3 Anforderungen an die Vermarktung von frischen Speisepilzen

1.3.1 Definition und Anforderungen an die Qualität

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) & Weltgesundheitsorganisation (WHO) schrieben bereits mit der Annahme des „*Recommended International Code of Practice-General Principles of Food*“ 1969 eine hygienische und konsumentensichere Produktion und Verarbeitung von Lebensmitteln vor. Speisepilze sollen demnach frei von störendem und unzulässigem Material sein und gesundheitsgefährdende Keimzahlen von Mikroorganismen und Parasiten nicht überschreiten (FAO & WHO, 2003). In der Europäischen Union werden mit der Novellierung der VO (EG) 852/2004 diese Grundsätze rechtlich verankert. Entsprechend der VO (EG) 178/2002 dürfen nur Lebensmittel in den Handel abgegeben werden, von denen keine Gefahr für die Gesundheit der Konsumentinnen und Konsumenten ausgeht und die von guter Qualität („zum Verzehr geeignet“) sind.

Nach dem Österreichischen Lebensmittelbuch (2014) sind Speisepilze die essbaren Fruchtkörper der darin aufgelisteten Kultur- und Wildpilzarten, die unmittelbar als Frischware oder verarbeitet, z. B. getrocknet, in den Verkehr gebracht werden. In der Regel werden bei Frischpilzen die vollständigen Fruchtkörper angeboten. Zum Zweck der Qualitätskontrolle (z.B. Prüfung des Madenbefalls) ist ein Längsschnitt durch den Pilz zulässig. Grundsätzlich dürfen nur Pilze vermarktet werden, bei denen eine eindeutige Zuordnung zur Pilzart möglich ist. Diese Pilze dürfen keine gravierenden sensorischen Mängel, auffallende Überreife bzw. übermäßige Wässrigkeit sowie keinen sichtbaren Schimmel aufweisen (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014). Sichtbarer Schmutz, wie Nadeln oder Erde, muss beseitigt werden und die Pilze sollen keinen erheblichen Madenbefall aufweisen. Für Kultur- und Wildpilze wurden für diese Verschmutzungen sowie den Madenbefall Grenzwerte festgelegt (*Tab. 1*) (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014). Als mineralische Verunreinigungen gelten vor allem die in Salzsäure unlöslichen Restbestandteile. Fruchtkörper, die Madenfraßgänge aufweisen, welche noch ausgeschnitten werden können, gelten als „madengeschädigt“. Ist das Ausschneiden nicht mehr möglich, wird der Pilz als „stark madengeschädigt“ bewertet. Des Weiteren soll die Anzahl der Stiele nicht die Anzahl der Hüte übersteigen (FAO & WHO Codex Alimentarius Commission, 1981).

Tab. 1: Anforderungen an Frischpilze (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014).

Pilzerzeugnisse	Max. mineral. Verunreinigungen (in %)	Max. organ. Verunreinigungen vegetabilen Ursprungs (in %)	Max. Gehalt maden-geschädigter Pilze (in %)	Max. Gehalt stark maden-geschädigter Pilze (in %)
Wildpilze	1,0	0,3	6,0	2,0
Kulturpilze	0,5	ganz: 8,0 geschnitten: 1,0	1,0	0,5

1.3.2 Vermarktungsnormen von Speisepilzen

Um eine harmonisierte Vermarktung und eine definierte Einteilung nach Güte- bzw. Gewichtsklassen, Verpackung, Aufmachung, Herkunft und Kennzeichnung landwirtschaftlicher Erzeugnisse, insbesondere von Obst und Gemüse, zu gewährleisten, wurden in der Europäischen Union in der Verordnung (VO) (EG) 1234/2007 Vermarktungsnormen festgelegt. Man unterscheidet zwischen der allgemeinen Vermarktungsnorm (AVN) und speziellen Vermarktungsnormen. Die AVN sieht vor, dass Obst und Gemüse (inkl. Pilze und Trüffel), welches frisch vermarktet wird, nur in den Verkehr gebracht werden darf, wenn es die folgenden Kriterien erfüllt: einwandfreier Zustand, unverfälschte marktfähige Qualität sowie deklarierte Herkunft (VO (EG) 1234/2007; Durchführungsverordnung (DVO)(EU) 543/2011).

Weitere, allgemeine Festlegungen zur Vermarktung wie Mindestqualität, Mindestreifanforderungen, Toleranzen und Ursprungsland der Erzeugung sind in der DVO (EU) 543/2011, Anhang I, Teil A zu finden. Für die Mindestqualität gilt u. a., dass Gemüse sauber, frei von Fäulnis, Schädlingen, abnormaler Feuchtigkeit, von fremdem Geruch bzw. Geschmack sein muss. Zudem muss der Zustand des Produktes ein weiteres Handling erlauben, damit dieses in guter Qualität im Handel angeboten werden kann. Überreife oder nicht ausreichend gereifte Produkte dürfen nicht vermarktet werden. Maximal 10,0 % einer Charge dürfen diese Mindestanforderungen unterschreiten.

Darüber hinaus wurden von der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) weitere Normen festgelegt.

Eine Klassenangabe für Erzeugnisse der AVN ist nicht vorgesehen, aber erlaubt, wenn eine entsprechende UNECE-Norm existiert. Klassenangaben können in „Extra“, „Klasse I“ und „Klasse II“ unterteilt werden.

Für Zuchtspeisepilze, die der Kategorie der AVN angehören, ist keine Handelsklassenbezeichnung vorgesehen. Eine Ausnahme bilden Champignons, für die es eine entsprechende UNECE-Norm gibt. Wildpilze sind von der Erfüllung der AVN ausgenommen, womit eine Klassenangabe unzulässig wird. Eine Sonderstellung nehmen Steinpilze, Eierschwammerl und frische Trüffel ein, für die eine UNECE-Norm existiert und somit mit einer Klassenangabe vermarktet werden dürfen (DVO (EU) 543/2011).

1.4 Sensorische und mikrobiologische Qualität von Speisepilzen

1.4.1 Sensorik

Die sensorische Untersuchung ist eine wissenschaftliche Methode, die darauf abzielt, Reaktionen, die durch Sehen, Riechen, Schmecken, Fühlen und Hören von Lebensmitteln hervorgerufen werden, zu messen, zu analysieren und zu interpretieren (Stone et al., 2020). Eine der wichtigsten Analysemethoden der deskriptiven Beschreibungstechniken ist die Quantitative Descriptive Analysis (QDA). Dabei werden Personen geschult, ihre sensorischen Wahrnehmungen ein Produkt betreffend zuverlässig und präzise wiedergeben zu können, und so durch wiederholtes Bewerten eine vollständige, quantitative Beschreibung zu produzieren (Hootman & Stone, 1992).

Eine weitere sensorische Testmethode ist die hedonische Prüfskala. Sie wird von untrainierten Konsumentinnen und Konsumenten durchgeführt und findet meist Anwendung in Form einer fünf- oder neunstufigen Skala, wobei in aufsteigender Reihenfolge die Akzeptanz von Produkten mit Zahlen bewertet wird (The Society of Sensory Professionals, 2021).

Die sensorische Analyse von Speisepilzen ist ein wichtiges Instrument für eine Produktbewertung seitens der Konsumentinnen und Konsumenten (Prüfung der Produktakzeptanz), mit dem Ziel, Vermarktungsstrategien zu optimieren (Boin et al., 2016). Außerdem ist die sensorische Beurteilung eine wichtige Methode zur Feststellung der Verkehrsfähigkeit von frischen Erzeugnissen (Han et al., 2015).

Übliche Kriterien, die im Rahmen der sensorischen hedonischen Untersuchung bei Pilzen untersucht werden, sind die Farbe, der Geruch, die Textur und die allgemeine Annehmbarkeit im Sinne einer Kaufentscheidung der Pilze (Li et al., 2013; Boin et al., 2016).

Die QDA-Methode kann Merkmale wie Farbunterschiede zwischen Hut und Stiel, die Definition von Lamellen oder Hut, die Festigkeit des Stiels und das generelle Aroma umfassen (Boin et al., 2016). Weitere deskriptive Analyse Kriterien können die Beurteilung der generellen Farbe der Pilze, der Form, des Geruchs und der Textur, sowie der Verderbniserscheinungen beinhalten (Parentelli et al., 2007; Han et al., 2015; Zhuang et al., 2020).

Speisepilze von hoher Qualität werden als frisch, fest, ohne Flecken und sauber mit uniformen Hüten beschrieben (FAO & WHO Codex Alimentarius Commission, 1981; Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014). Farbveränderungen der Hüte kommen unter anderem durch mechanische Belastung, falsche Lagerung und Verderbnisprozesse zustande und sind das erste Merkmal, das Konsumentinnen und Konsumenten beurteilen. Daher gelten sie als wichtiges Qualitätsmerkmal (Vízhányó et al., 1998; Vízhányó & Felföldi, 2000). Insbesondere braune Flecken beeinflussen die Vermarktbarkeit und Produktakzeptanz von Speisepilzen (Y. Ding et al., 2016; Zhang et al., 2018).

1.4.2 Mikrobiologie

Pilze besitzen von Natur aus eine hohe Bakterienbesiedlung (Doores et al., 1987; Singh et al., 2010). Durch ihren hohen Wassergehalt und den fast neutralen pH-Wert stellen Pilze ein optimales Medium für die Vermehrung von Mikroorganismen dar (Zhang et al., 2018). Beschriebene Bakterienbelastungen belaufen sich auf 6,1–7,6 log koloniebildende Einheiten (KbE)/g (Singh et al., 2010; T. Ding et al., 2011; Gaglio et al., 2019) und setzen sich zum Großteil aus Pseudomonaden gefolgt von Flavobakterien zusammen. Eine hohe Bakterienbelastung ist als Hauptfaktor für eine Qualitätsminderung in Form von braunen Flecken und einer verkürzten Haltbarkeit nach dem Ernten identifiziert worden (Beelman et al., 1989; Venturini et al., 2011). Pseudomonaden gelten als Hauptverursacher dieser Fleckenbildung bei Frischpilzen (Singh et al., 2010), wobei dies vor allem bei Konzentrationen $> 6,0 \log \text{KbE}/\text{cm}^2$ Pilzfläche auftritt (Venturini et al., 2011).

Schimmel und Hefen spielen außerdem eine relevante Rolle bei der mikrobiellen Belastung von Pilzen. Frisch geerntete Pilze sind mit bis zu $3,0 \log \text{KbE}/\text{g}$ Schimmelpilzen und bis zu $6,0 \log \text{KbE}/\text{g}$ Hefen belastet. Bei einer Lagerung von einem Tag bei 4°C stagniert die Schimmelpilzkeimzahl, wohingegen sich die Hefebelastung auf $8,0 \log \text{KbE}/\text{g}$ erhöhen kann (Chikthimmah & Beelman, 2005).

Zur mikrobiologischen Belastung von kultivierten und wild gewachsenen Speisepilzen auf der Ebene des Handels liegen nur wenige Studien vor. In der *Tab. 2* werden die publizierten mikrobiologischen Ergebnisse von Kultur- und Wildpilzarten zusammengefasst, die in der vorliegenden Studie analysiert wurden. Berücksichtigung fanden nur Ergebnisse der Handelsstufe und bei Wildpilzen z. T. auch unmittelbar nach der Ernte.

Durch richtige Lagerung kann die Haltbarkeitsdauer der Pilze nach der Ernte verbessert werden. Bei einer Lagerung bei niedrigen Temperaturen kommt es nach einem Tag zu einem geringen Anstieg der Keimzahl von einer log-Einheit, wohingegen eine Aufbewahrung bei 13 °C die Bakterienpopulation um bis zu vier Log-Einheiten ansteigen lässt (Chikthimmah & Beelman, 2005; Gaglio et al., 2019).

Tab. 2: Mikrobielle Belastung bei kultivierten und wild gewachsenen Speisepilzen unmittelbar nach der Ernte oder nach dem Einkauf.

Autoren	Pilzart (Trivialname)				
	<i>Cantharellus cibarius</i> (Eierschwammerl)	<i>Boletus edulis</i> (Steinpilz)	<i>Pleurotus eryngii</i> (Kräuterseitling)	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Austernseitling)	<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)
Venturini et al. (2011) ^a	AMC= 8,2 EB=5,3 SP= 4,0 He= 4,7	AMC= 4,4 EB=2,7 SP= 3,0 He= 4,5	AMC= 5,9 EB=2,8 SP= 4,0 He= 2,2	AMC= 5,3 EB=2,7 SP= 2,9 He= 3,4	AMC= 4,9 EB= 3,7 SP= 3,9 He= 3,9
Ergönül et al. (2018) ^b	AMC= 7,6 SP/He= 1,9	AMC= 9,2 SP/He= 2,4			
Gaglio et al. (2019) ^a	AMC= 7,4 EB=1,0 SP= 3,7 He= 7,5	AMC= 4,6 EB=1,3 SP= 4,2 He= 4,7			
Gaglio et al. (2019) ^b	AMC= 8,2 EB=1,7 SP= 4,5 He= 8,2	AMC= 6,8 EB=5,2 SP= 4,6 He= 6,5			
Han et al. (2015) ^b		AMC= 6,9			
Schill et al. (2021) ^a			AMC= 3,7 EB= 3,0 SP= 3,2 He= 1,4	AMC= 4,2 EB= 1,9 SP= 2,5 He= 2,4	AMC= 3,7 EB= 2,6 SP= 2,5 He= 2,4
Reyes et al. (2004) ^a				AMC= 5,0 EB= 2,9	AMC= 4,9 EB= 3,6
Ding et al. (2011) ^a				AMC= 6,1 SP/He= 4,7	

Abkürzungen: AMC: aerobe mesophile Keimzahl; EB: Enterobacteriaceae; He: Hefen; SP: Schimmelpilze; ^a Im Handel gekauft; ^b in der Natur gesammelt und direkt im Anschluss analysiert; Angaben in log KbE/g

1.5 Vorkommen von bakteriellen Zoonoseerregern

Der Eintrag von potentiell pathogenen Bakterien entlang der Lebensmittelkette kann bei Zuchtpilzen auf vielen Ebenen, beginnend bei der Kultivierung, der Ernte, bis hin zum Sortieren und Verpacken, stattfinden. Das größere Potential mit bakteriellen Pathogenen verunreinigt zu sein, haben allerdings Wildpilze, da sie mit Wildtieren, landwirtschaftlichen Nutztieren oder einer Vielzahl an Insekten in Berührung kommen (Venturini et al., 2011) und so eine Kontamination durch Tiere und ihre Fäzes, den Boden oder die Luft sowie das Pflücken durch den Menschen möglich sind (Buck et al., 2003). Bisher wurden unter anderem *Listeria (L.) monocytogenes*, *Salmonella (S.)* spp., (Venturini et al., 2011; Chen et al., 2018) oder *Bacillus (B.) cereus* (Messelhäuser et al., 2014) bei Speisepilzen nachgewiesen.

Das RASFF dokumentiert lebensmittelassoziierte Ausbrüche, Grenzwertüberschreitungen und Rückrufaktionen. Aus *Tab. 3* wird ersichtlich, dass auch Speisepilze von mikrobiellen Belastungen betroffen sind. Zwischen dem 01.01.2015 und 31.12.2020 kam es im RASFF zu sechs gemeldeten Vorfällen mit einem Nachweis von *L. monocytogenes* bei Gemeinen Samtfussrüblingen aus Südkorea und Thailand, zweimal wurde eine Belastung mit *S. enterica* bei getrockneten Speisepilzen aus Italien sowie Vietnam festgestellt. Die getrockneten Pilze aus Vietnam waren gleichzeitig mit *B. cereus* belastet. *Bacillus cereus* wurde auch in getrockneten schwarzen Pilzen aus China gefunden.

Tab. 3: Auszug RASFF-Portal Benachrichtigungen 01.01.2015–31.12.2020.

Produkt	Ursache	Ursprung	Datum
Gemeiner Samtfussröbling(Enoki)	Nachweis von <i>L. monocytogenes</i> in 25 g	Südkorea	16.11.2018
Speisepilz	Schimmelbefall	Türkei	16.07.2018
Speisepilze in Lake	Sulfitreduzierende Clostridien	China	11.04.2018
Gemeiner Samtfussröbling(Enoki)	Nachweis von <i>L. monocytogenes</i>	Südkorea	26.12.2017
Gemeiner Samtfussröbling(Enoki)	Nachweis von <i>L. monocytogenes</i>	Thailand	28.07.2017
Getrocknete Speisepilze	<i>S. enterica</i> nachweisbar in 25 g	Italien	23.01.2017
Gemeiner Samtfussröbling(Enoki)	Nachweis von <i>L. monocytogenes</i>	Südkorea	04.01.2017
Getrocknete, geschnittene Judasohrpilze	Nachweis von <i>S. enterica</i> in 25 g und enterotoxinproduzierender <i>B. cereus</i> (6.0×10^5 KbE/g)	Vietnam	12.07.2016
Gemeiner Samtfussröbling(Enoki)	Nachweis von <i>L. monocytogenes</i>	Südkorea	11.11.2015
Gemeiner Samtfussröbling(Enoki)	Nachweis von <i>L. monocytogenes</i> (3 aus 5 Proben/25 g)	Südkorea	14.10.2015
Getrocknete schwarze Pilze	<i>B. cereus</i> ($2,2 \times 10^5$ KbE/g)	China	28.09.2015

Listeria monocytogenes

Eine Infektion mit *L. monocytogenes* gilt aufgrund der hohen Sterblichkeitsrate von 20 %–30 % als bedeutender Faktor im Gesundheitswesen (Lomonaco et al., 2015). Obwohl eine Kontamination mit *L. monocytogenes* hauptsächlich im „ready-to-eat“-Lebensmittelsektor ein Problem darstellt (Leong et al., 2015), konnten auch Kontaminationen bei Speisepilzen festgestellt werden (Samadpour et al., 2006; Chen et al., 2018; RASFF, 2021). Ein direkt auf Enoki-Pilze aus Südkorea zurückzuführender *L. monocytogenes*-Ausbruch wurde vom Center for Disease Control and Prevention für die Jahre 2016–2019 bestätigt (CDC, 2020). Auf chinesischen Märkten wurde bei Austernseitlingen (*Pleurotus ostreatus*) eine Belastung mit *L. monocytogenes* von 6,7 % (n=104), bei Kräuterseitlingen (*Pleurotus eryngii*) von 4,4 % (n=91) sowie bei Shiitake-Pilzen (*Lentinula edodes*) von 2,9 % (n=104) nachgewiesen (Chen et al., 2018). In anderen Studien waren 0,8 %–1,0 % der Pilze von Supermärkten mit *L. monocytogenes* belastet (Samadpour et al., 2006; Zhang et al., 2020).

Bei Wildpilzen wurde überwiegend in Steinpilzen (*Boletus edulis*) eine Kontamination (18,2 %; n=4) mit *L. monocytogenes* festgestellt (Venturini et al., 2011). Die VO (EG) 2073/2005 schreibt vor, dass bei verzehrfertigen Lebensmitteln, außer Säuglingsnahrung oder für medizinische Zwecke verwendete Produkte, in fünf Proben mit jeweils 25 g, *L. monocytogenes* nicht nachgewiesen werden darf. Außerdem muss bei allen Lebensmitteln die Keimzahl unter 100 KbE/g während der gesamten Haltbarkeitszeit liegen.

Ein Großteil der Listeriosefälle wurde ab einer Aufnahmemenge von > 2000 KbE/g bzw. ab einer Konzentration $\geq 10^4$ KbE/g beobachtet (Miya et al., 2010; Ricci et al., 2018). Chen et al. (2018) ermittelten in den meisten der untersuchten Pilzproben eine niedrigere *L. monocytogenes*-Belastung, weshalb sie davon ausgehen, dass Speisepilze ein geringes Risiko hinsichtlich einer Gesundheitsgefährdung für Konsumentinnen und Konsumenten darstellen.

Untersuchungen bezüglich der Vermehrung von *L. monocytogenes* nach der Ernte kommen zu gegensätzlichen Ergebnissen. Es wurde gezeigt, dass das Wachstum von *L. monocytogenes* in ganzen Speisepilzen nicht gefördert wird (Chikthimmah et al., 2007; Leong et al., 2015). In ganzen kultivierten Champignons fand bei einer Lagertemperatur von 12 °C keine signifikante Vermehrung von *L. monocytogenes* statt. Innerhalb der ersten 48 Stunden nach der Ernte ist eine Vermehrung von *L. monocytogenes* um ein bis zwei log-Einheiten allerdings auch beschrieben und muss daher bei einer Einschätzung der notwendigen Lagerbedingungen miteinbezogen werden (González-Fandos et al., 2001).

In einer Untersuchung von Champignons aus einer universitären Pilzproduktionsstätte wurde *L. monocytogenes* in 1,6 % der untersuchten Proben nachgewiesen (Viswanath et al., 2013).

Bacillus cereus

Es wird angenommen, dass 5,0–8,0 log KbE an Sporen bzw. Zellen/g Lebensmittel notwendig sind, um einen *B. cereus*-bedingten Lebensmittelausbruch auszulösen. Allerdings wurden auch Erkrankungen durch geringere Konzentrationen (zwischen 3,0–4,0 log KbE an Sporen bzw. Zellen/g) ausgelöst („Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on *Bacillus Cereus* and Other *Bacillus* Spp in Foodstuffs“, 2005). Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) konnte im Jahr 2011 eine Steigerung der lebensmittelassoziierten Intoxikationen durch *B. cereus* in Europa von 122,2 % feststellen. Im Jahr 2012 erkrankte ein Erwachsener nach Konsumation gekochter Speisepilze an einer Intoxikation durch *B. cereus*. In der Probe wurde eine Konzentration von $1,9 \times 10^7$ KbE/g nachgewiesen (Messelhäusser et al., 2014).

Salmonella spp.

Die EFSA (2019) gibt an, dass EU-weit jährlich etwa 90.000 Salmonellosefälle gemeldet werden und dass fast einer von drei lebensmittelassoziierten Ausbrüchen im Jahr 2018 durch

Salmonellen hervorgerufen wurde. Das hauptsächliche Ansteckungsrisiko besteht vor allem beim Verzehr von kontaminierten Nahrungsmitteln wie Schweinefleisch, Geflügelfleisch und Eiern.

Salmonellen konnten auch in frischen und getrockneten (RASFF, 2021) Speisepilzen nachgewiesen werden. In einer Studie waren 5 % der untersuchten Frischpilze mit *Salmonella* spp. kontaminiert (Samadpour et al., 2006). Allerdings findet bei 12 °C keine signifikante Vermehrung auf den gelagerten Champignons mehr statt (Chikthimmah et al., 2007).

1.6 Ziel der Untersuchungen

Ziel der Untersuchungen ist es, die auf Wiener Märkten angebotenen frischen Speisepilze auf ihre mikrobiologische und sensorische Qualität zu prüfen. Die mikrobiologischen Untersuchungen umfassen die Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl (AMC), der *Enterobacteriaceae*- (EB), der Hefe- und Schimmelpilzkeimzahl sowie die Untersuchung auf *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* und präsumtive *B. cereus*. Bei der sensorischen Untersuchung wird das Aussehen, die Konsistenz und der Geruch nach einem Beurteilungsschema geprüft. Weiterhin werden Daten zur Angebotsform (Kühlung, Kennzeichnung und Verpackung) am Marktstand erfasst. Ausgehend von der Literatur kann man sowohl in kultivierten als auch in wild gewachsenen Speisepilzen sehr hohe Keimzahlen erwarten. In einzelnen Studien wurden auch potentielle Zoonoseerreger in diesen Pilzen nachgewiesen. Grundsätzlich dürfen Pilze nur dann an die Konsumentinnen und Konsumenten abgegeben werden, wenn sie den Mindestanforderungen des *Codex Alimentarius Austriacus* (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014) entsprechen.

Für die Bearbeitung des Forschungsziels ergeben sich folgende Fragestellungen:

1. Wie verhalten sich die Keimzahlen bei frischen Speisepilzen?
2. Beeinflusst ein mikrobiologisch belastetes Produkt seine sensorischen Eigenschaften?
3. Können Pathogene wie *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. oder präsumptive *B. cereus* nachgewiesen werden?
4. Werden frische Speisepilze auf den Märkten korrekt gekennzeichnet angeboten?

Ausgehend von den Erkenntnissen der Literaturrecherche kann Folgendes angenommen werden:

1. Frische Speisepilze weisen häufig hohe mikrobiologische Belastungen auf, dennoch sind keine oder höchstens geringfügige sensorische Abweichungen zu beobachten.
2. Die sensorische Qualität, der auf den Märkten angebotenen Speisepilze, entspricht den Anforderungen an Frischpilze gemäß dem *Codex Alimentarius Austriacus* (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014).
3. Lebensmittelassoziierte Infektionserreger, wie z. B. *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. oder *B. cereus*, sind in frischen Speisepilzen zu erwarten.

2 Material und Methoden

2.1 Material

2.1.1 Geräte und Verbrauchsmaterialien

In *Tab. 1* im Anhang sind alle bei den Untersuchungen verwendeten Geräte, Hilfsmittel, Chemikalien und Nährmedien zusammengefasst.

2.1.2 Probennahme und Pilzproben

Die ungekühlt gelagerten Pilze wurden zu Wochenbeginn auf acht verschiedenen Wochenmärkten im Raum Wien (Stadt Wien und Korneuburg in Niederösterreich) eingekauft und anschließend gekühlt zum Labor transportiert. Zudem stammten die Pilze von einem lokalen Internethändler, der die Pilze direkt an das Institut lieferte (*Abb. 3 und Abb. 4*). Insgesamt wurden 90 Proben in einem Zeitraum von acht Wochen getestet (10.08.20–05.10.20). Der Hauptanteil entfiel auf Wildpilze mit 40 bzw. 41 Steinpilz- und Eierschwammerlproben sowie zwei Proben Parasole. Dieser Pilz wurde nur von einem Händler (Markt C) innerhalb einer zweiwöchigen Periode im September angeboten. Die restlichen sieben Proben waren verschiedene Kulturpilzarten (*Pleurotus ostreatus* und *eryngii* sowie *Lentinula edodes*) (*Tab. 4*). Pro Woche wurden zehn bis 13 Proben gekauft und untersucht. *Tab. 4* gibt einen Überblick über die gekauften Proben sowie deren Herkunftsland. Keine der Proben wurde am Verkaufsort gekühlt gelagert und bis auf die zwei Austernseitlingproben wurden alle Pilze als lose Ware eingekauft.

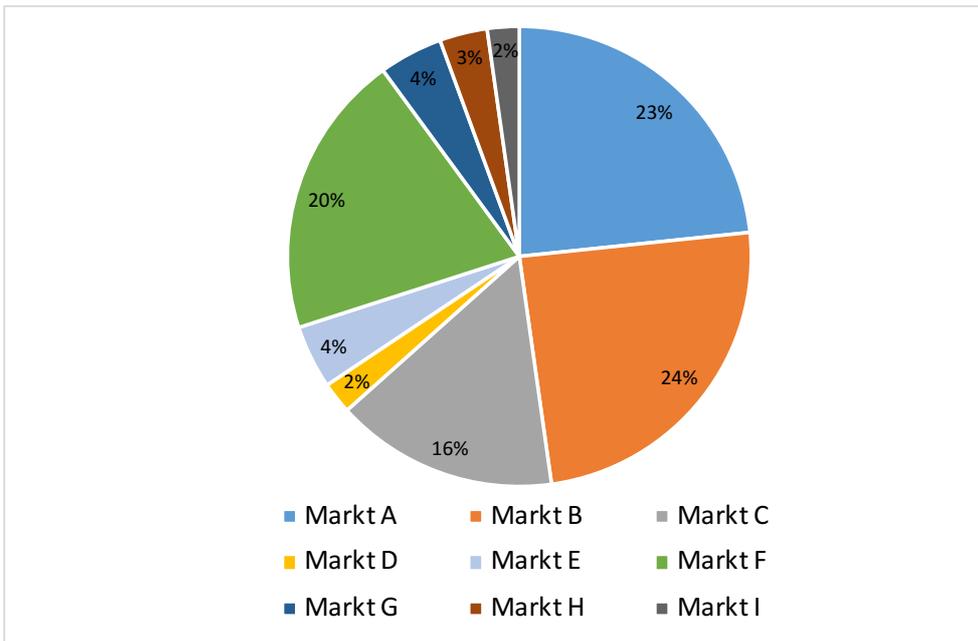


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der Pilzproben auf die Märkte und den Internethändler.

Tab. 4: Übersicht der Pilzproben.

Pilzart (Trivialname)	Herkunftsland	Markt	Anzahl der Proben (%)
<i>Cantharellus cibarius</i>* (Eierschwammerl)	AUT	A	10 (11,1 %)
	RO	A	1 (1,1 %)
	AUT	B	9 (10,0 %)
	AUT	C	4 (4,4 %)
	AUT	D	2 (2,2 %)
	AUT	E	2 (2,2 %)
	AUT	F	8 (8,9 %)
	AUT	G	2 (2,2 %)
	AUT	H	2 (2,2 %)
	AUT	I	1 (1,1 %)
<i>Boletus edulis</i>* (Steinpilz)	AUT	A	5 (5,6 %)
	RO	A	2 (2,2 %)
	AUT	B	6 (6,7 %)
	RO	B	3 (3,3 %)
	SB	B	1 (1,1 %)
	SLO	B	1 (1,1 %)
	AUT	C	8 (8,9 %)
	AUT	F	10 (11,1 %)
	AUT	G	2 (2,2 %)
	AUT	H	1 (1,1 %)
	AUT	I	1 (1,1 %)
<i>Macrolepiota procera</i>* (Parasol)	AUT	C	2 (2,2 %)
<i>Pleurotus eryngii</i>** (Kräuterseitling)	NL	A	2 (2,2 %)
	KOR	B	1 (1,1 %)
<i>Pleurotus ostreatus</i>** (Austernseitling)	UNG	B	1 (1,1 %)
	PL	E	2 (2,2 %)
<i>Lentinula edodes</i>** (Shiitake)	PL	A	1 (1,1 %)
Gesamtanzahl der Proben			90

Abkürzungen: *Wildpilze, **kultivierte Speisepilze; Herkunft: AUT: Österreich, NL: Niederlande, RO: Rumänien, UNG: Ungarn, KOR: Südkorea, PL: Polen, SB: Serbien, SLO: Slowenien

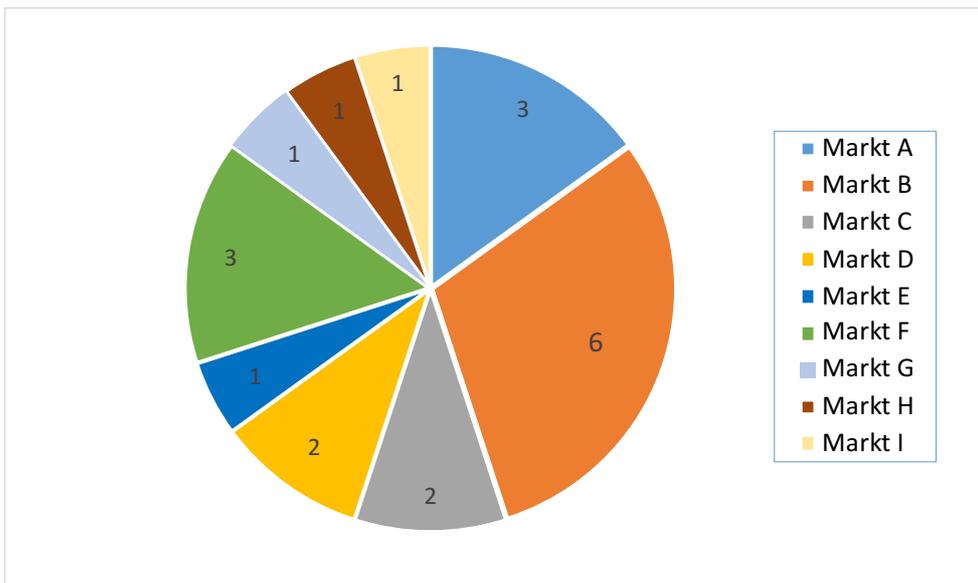


Abb. 4: Anzahl der Verkäuferinnen und Verkäufer pro Markt.

2.2 Methoden

2.2.1 Mikrobiologische Untersuchung der Pilzproben

Im Labor wurden die Pilze für die mikrobiologischen Untersuchungen zuerst von eventuell vorhandenem, groben Schmutz gesäubert und jeweils 2 x 25 g mit einem sterilen Besteck in je einen Stomacherbeutel (Interscience Bag Filter P, Interscience, Saint Nom, Frankreich) eingewogen. Danach wurden jeweils 225 ml gepuffertes Peptonwasser (BPW) bzw. Halbfraserbouillon (HF, Nachweis von *Listeria* spp.) dazugegeben (BPW & HF, Biokar, Groupe Solabia, Pantin Cedex, Frankreich) und in einem Stomacher (Stomacher Lab Blender 400, Seward Ltd., Worthing, Vereinigtes Königreich) für 30 Sekunden gemischt. Anschließend wurden aus dieser ersten Verdünnung (V1) in BPW die weitere dezimale Verdünnung der Probe (1 ml Probe zu 9 ml Ringerlösung, B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) bis zur V7 durchgeführt. Aus allen Verdünnungen wurde, dem Ansatzschema (Abb. 5) folgend, 0,1 ml Probenmaterial, zur Bestimmung der AMC, der EB, der Hefen und Schimmelpilze, auf das entsprechende Nährmedium (Tab. 5) pipettiert und ausgespatelt. Für den Nachweis der präsumtiven *B. cereus* wurden 3 x 0,33 ml (1 ml) der V1-Verdünnung auf den Mannitol-Eigelb-Polymyxin (MYP)-Agar (BioMerieux Marcy-l'Etoile, Frankreich) aufgetragen. Für den Nachweis von *Salmonella* spp. wurde die Probe im BPW für 24 h bei 37 °C (Brutschrank 37 °C Ehret RS232, Ehret GmbH Life Science Solutions, Freiburg, Deutschland) angereichert und anschließend wurden 1 ml in 9 ml Müller-Kauffmann-Tetrathionat-Novobiocin-(MKTTn, BioMerieux) Bouillon und 100 µl in 9 ml Rappaport-Vassiliadis-Soja-Bouillon (RVS-T, BioMerieux) geimpft, für weitere 24 h bei 37 °C bzw. 42 °C (Brutschrank 42 °C Sanyo O2/CO2, Fisher Scientific GmbH, Schwerte, Deutschland) selektiv angereichert und dann jeweils eine

Öse auf XLD-Agar (BioMerieux) ausplattiert. *Listeria monocytogenes* wurde nach selektiver Voranreicherung in HF (Biokar) (30 °C, 24 h, Brutschrank 30 °C Ehret RS232, Ehret GmbH Life Science Solutions, Freiburg, Deutschland) und anschließender selektiver Anreicherung in Vollfraserbouillon (VF, BioMerieux) (37 °C, 48 h, Ehret GmbH) angereichert. Für den Nachweis wurde jeweils eine Öse der HF und VF auf ALOA-Agar (BioMerieux) ausgestrichen.

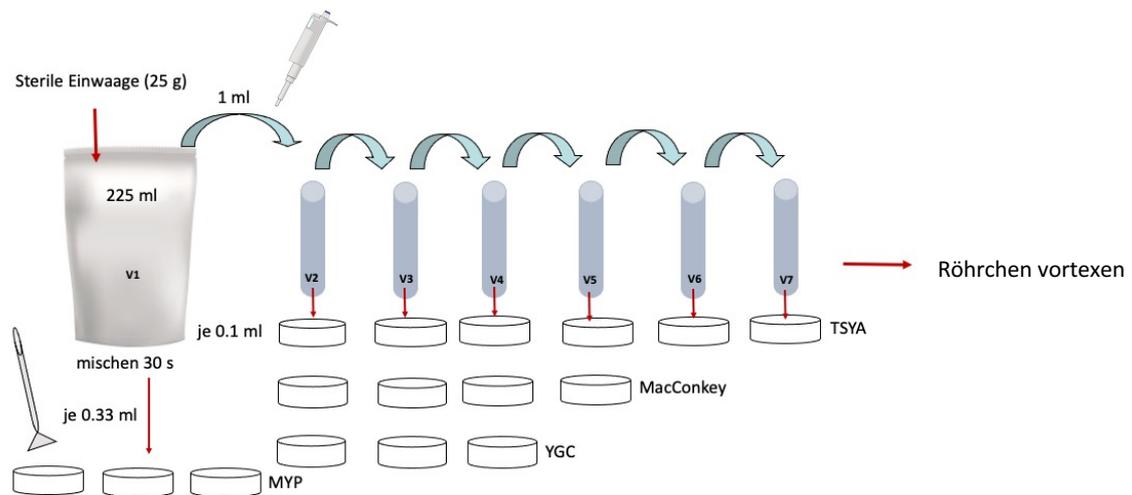


Abb. 5: Herstellung der dezimalen Verdünnungsreihe (V1 bis V7) und Ansatzschema für die quantitativen Untersuchungen von Speisepilzen.

Abkürzungen: TSAYE: Trypto-Casein-Soja-Agar mit 0,6 % Hefeextrakt; MCK: MacConkey-Agar; YGC: Hefeextrakt-Glucose-Chloramphenicol-Agar; MYP: Mannit-Eigelb-Polymyxin-Agar

Tab. 5: Verwendete Nährmedien und Beschreibung der für den Zielkeim typischen Koloniemorphologie unter den gegebenen Inkubationsbedingungen.

Nährmedien	Beschreibung der typischen Koloniemorphologie	Inkubationstemperatur /-zeit	ISO-Standard
Trypto-Casein-Soja mit 0,6 % Hefeextrakt (TSAYE)-Agar (Biokar, Groupe Solabia, Pantin Cedex, Frankreich)	AMC: matt oder glänzende, weiße Kolonien	30 °C, 24 h	ISO 4833-2:2013
Agar nach Ottaviani & Agosti (ALOA, BioMerieux Marcy-l'Étoile, Frankreich)	LM: blau-grüne Kolonien mit trübem Präzipitationshof	37 °C, 24–48 h	ISO 11290-1:2017
Hefeextrakt-Glucose-Chloramphenicol (YGC)-Agar (BioMerieux)	Hefen: matt oder glänzende, runde Kolonien Schimmel: flache oder flaumig wachsende Kolonien	25 °C, 72–120 h	ISO 21527-1:2008
MacConkey (MCK)-Agar (BioMerieux)	EB: rote bis pinke Kolonien, mit oder ohne Präzipitationshof	30 °C, 24 h	ISO 21528-2:2017
Mannitol-Eigelb-Polymyxin (MYP)-Agar (BioMerieux)	BC: leuchtend pinke Kolonien mit trübem Präzipitationshof	30 °C, 24 h	ISO 7932:2004
<i>Bacillus</i> -Chromo Select-Agar (Merck KgaA, Darmstadt, Deutschland) mit Eigelb (Oxoid Deutschland GmbH, Wesel, Deutschland)	BC: hellblaue, große, flache Kolonien mit blauem Zentrum mit trübem Präzipitationshof	30 °C, 24–48 h	Bestätigung BC (β -Glucosidase- und Lezithinase-aktivität)
Xylose-Lysin-Desoxycholat (XLD)-Agar (BioMerieux)	S: schwarzes Zentrum mit leicht transparenter, rötlich-pinker Zone	37 °C, 24 h	ISO 6579-1:2017

Abkürzungen: AMC: aerobe mesophile Keimzahl; BC: präsumptive *Bacillus cereus*; EB: *Enterobacteriaceae*; LM: *Listeria monocytogenes*; S: *Salmonella* spp.

Die Bebrütung erfolgte entsprechend der Vorgaben der ISO-Standards bzw. nach den Vorgaben der Nährmedienhersteller (*Tab. 1 im Anhang* und *Tab. 5*). Die Ablesung und Gruppierung der Keimgruppen wurde anhand der in *Tab. 5* beschriebenen Kulturmorphologie vorgenommen. Eine weitere Bestätigung der Zielkeime wurde, wie in den ISO-Standards beschrieben, durchgeführt. Zur Abgrenzung der EB von anderen Gram-negativen Bakterien wurden die Kolonien entsprechend ihrer Morphologie auf TSAYE-Agar (Biokar) subkultiviert und anschließend KOH- (Merck KgaA, Darmstadt, Deutschland), Oxidase- (BioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen, Deutschland) und Katalase-Tests (Merck KgaA) durchgeführt. Nur KOH- und Katalase-positive sowie Oxidase-negative Koloniemorphologien wurden für die Berechnung der EB-Keimzahl herangezogen. Die für präsumtive *B. cereus* auf MYP-Agar (BioMérieux) typischen Kolonien wurden auf TSAYE subkultiviert und die Zugehörigkeit zur *B. cereus*-Gruppe anhand der Koloniemorphologie auf *Bacillus*-Chromo-Select-Agar (Merck KgaA) mit Eigelbzusatz (Oxoid Deutschland GmbH) bestätigt (*Tab. 7*).

Die Berechnung der quantitativen Ergebnisse (AMC, EB, Hefen und Schimmelpilze, *B. cereus*) erfolgte nach ISO 7218:2007/Amd.1:2013. Dazu wurden Koloniezahlen von mindestens zehn bis maximal 300 auf einer Platte herangezogen (*Abb. 6*).

$$KZ = \bar{c} \cdot v \cdot \frac{1}{10^{-n}} \quad \rightarrow \quad \bar{c} = \frac{\Sigma c}{n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 0,1}$$

Abkürzungen:
 KZ= Keimzahl
 \bar{c} = gewichteter Mittelwert gezählter Kolonien
 Σc = Summe der Kolonien aller ausgezählter Platten
 n_1 = Anzahl der Platten der niedrigsten auswertbaren Verdünnungsstufe
 n_2 = Anzahl der Platten der nächsthöheren Verdünnungsstufe
 10^{-n} = niedrigste auswertbare Verdünnungsstufe
 v = Verdünnungsfaktor

Abb. 6: Berechnung der Keimzahlen nach ISO 7218:2007/Amd.1:2013.

Für frische Speisepilze liegen im europäischen Recht keine Prozesshygienekriterien oder Grenzwerte für die Bewertung mikrobiologischer Ergebnisse vor. Deshalb erfolgte die Beurteilung der ermittelten AMC nach eigenen Erfahrungswerten (Schill et. al., 2021) und die Beurteilung der EB-, Hefe- und Schimmelpilzkeimzahl nach den für Trockenpilze publizierten Richtwerten der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) (2016). Für

präsumtive *B. cereus* wurden der DGHM-Richt- und Warnwerte von 2,0 log bzw. 3,0 log KbE/g herangezogen.

Danach wurden folgende Grenzwerte festgelegt: AMC: > 6,5 log KbE/g, EB und Hefen: > 4,0 log KbE/g, Schimmelpilze: > 3,0 log KbE/g und für präsumtive *B. cereus*: > 2,0 log KbE/g.

2.2.2 Sensorische Bewertung der Pilzproben

Bei der sensorischen Untersuchung wurden Aussehen (Farbe, Beschaffenheit der Lamellen oder des Futters), Konsistenz und Geruch beurteilt. Weiterhin wurde der Anteil an Maden beurteilt und die Probe nach den Vermarktungsvorgaben des *Codex Alimentarius Austriacus* (Pkt. 1.3.1) bewertet. Spezifische Aroma-Eigenschaften der Pilzarten wurden berücksichtigt (Tab. 6).

Tab. 6: Aroma-Eigenschaften der verschiedenen Pilzarten.

Pilzart (Trivialname)	Aroma	Literatur
<i>Cantharellus cibarius</i>* (Eierschwammerl)	leicht nach Wald und leicht muffig	Chun et al., 2020
<i>Boletus edulis</i>* (Steinpilz)	intensiv nach Wald	Jaworska & Bernaś, 2009
<i>Pleurotus ostreatus</i>** (Austerseitling)	intensiv umami und leichte Fleischnote	Zawirska-Wojtasiak et al., 2009
<i>Pleurotus eryngii</i>** (Kräuterseitling)	leicht umami	Boin et al., 2016
<i>Lentinula edodes</i>** (Shiitake)	intensive Schärfe und leicht nach Rüben	Aisala et al., 2018

Abkürzungen: * Wildpilze, ** kultivierte Speisepilze

Die Einhaltung der Vorgaben für mineralische und organische Bestandteile konnten nur visuell geschätzt werden und beeinflussen deshalb die Aussagen zur Verkehrsfähigkeit der Proben nicht. Eine exakte Bewertung ist nur mit entsprechenden analytischen Methoden möglich. Die sensorische Untersuchung wurde von mindestens drei geschulten Personen in Form einer Profilprüfung nach den Vorgaben der DIN EN ISO 13299:2016-09 durchgeführt. Die Bewertung der Pilze erfolgte nach der Intensität vorgegebener Merkmalseigenschaften (Tab. 2 im Anhang) mit einer Punkte-Skala von 5 bis 1 (5: trifft vollkommen zu, 4: trifft leicht eingeschränkt zu, 3: trifft eingeschränkt zu, 2: trifft deutlich eingeschränkt nicht zu, 1: trifft überhaupt nicht zu).

Die daraus berechnete sensorische Qualitätszahl QS (in allen Merkmalen erzielte Gesamtpunktezahl dividiert durch die Anzahl der Merkmale) ergibt folgende Bewertung der Pilzprobe: „sehr gut bis gut“ (5,0–4,0), „zufriedenstellend“ (3,9–3,1), „noch akzeptabel“ (3,0–2,1), „nicht akzeptabel“ ($\leq 2,0$). Pilze, die nach den Vorgaben des *Codex Alimentarius Austriacus* (2014) eine zu hohe Madenbelastung (Pkt. 1.3.1) aufwiesen, wurden ebenfalls mit mindestens „nicht akzeptabel“ (2,0) beurteilt.

Danach wurde der pH-Wert mittels pH-Meter (Seven Go tragbares Einkanal-pH Messgerät, Mettler-Toledo GmbH, Wien, Österreich) gemäß ISO 1842:1991-12 gemessen. Dazu wurde das pH-Meter bei jeder Nutzung mit den Pufferlösungen 7,00 und 4,01 (Mettler-Toledo GmbH, Wien, Österreich) kalibriert und der pH-Wert an zwei unterschiedlichen Pilzstellen gemessen. Aus beiden Messwerten wurde der pH-Mittelwert berechnet.

3 Statistische Auswertung

Die deskriptive Statistik (Mittelwert, Standardabweichung, Maximum- und Minimumwerte) für die Keimzahlen, den pH-Wert und die sensorischen Scores wurden mit Prism for Windows 9.00 (GraphPad Inc., USA) berechnet. Die logarithmierten Keimzahlen wurden mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft. Für den Mittelwertsvergleich normalverteilter Keimzahlergebnisse zwischen den Pilzgruppen (wildgewachsene Lamellenpilze, Steinpilze und Kulturpilze) und den sensorischen Qualitätsgruppen wurde der Welch's ANOVA-Test verwendet. Stichproben, die nicht normalverteilt waren, wurden mit dem Kruskal-Wallis Test geprüft. Als Toleranzgrenze für die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde $p < 0,05$ gewählt.

4 Ergebnisse

4.1 Mikrobiologische Qualität von Speisepilzen

In keiner der untersuchten Pilzproben (n=90) wurde *L. monocytogenes* oder *Salmonella* spp. nachgewiesen.

Die mittlere AMC schwankte zwischen den Pilzgruppen von 5,2 bis 9,9 log KbE/g erheblich (Tab. 3 im Anhang, Abb. 7). Wildgewachsene Lamellenpilze (A) unterschieden sich signifikant von den Steinpilzen (B) ($M_{Diff.} = 3,86$, [CI= 3,18; 4,55], $p < 0,0001$), aber nicht signifikant von der Gruppe der Kulturpilze (C) ($M_{Diff.b} = 0,91$, [CI= - 1,72; 3,55]). Steinpilze (B) unterschieden sich signifikant von den Kulturpilzen (C) ($M_{Diff.} = -2,95$, [CI= -5,56; -0,34], $p < 0,0044$).

Die Keimzahlen für die EB lagen zwischen 4,1 und 8,7 log KbE/g (Tab. 3 im Anhang, Abb. 7). Wildgewachsenen Lamellenpilze (A) unterschieden sich signifikant von den Steinpilzen (B) ($M_{Diff.} = 2,06$, [CI= 1,06; 3,05], $p < 0,0001$). Wildgewachsene Lamellenpilze (A) unterschieden sich nicht signifikant von den Kulturpilzen (C) ($M_{Diff.} = -0,15$, [CI= -2,81; 2,52]). Steinpilze (B) unterschieden sich ebenso nicht signifikant von den Kulturpilzen (C) ($M_{Diff.} = -2,20$, [CI= -4,87; 0,46]).

Die Keimzahlen für Hefen lagen zwischen 4,2 und 5,7 log KbE/g (Tab. 3 im Anhang, Abb. 7). Wildgewachsenen Lamellenpilze (A) unterschieden sich signifikant von den Steinpilzen (B) ($M_{Diff.} = 1,56$, [CI= 0,80; 2,32], $p < 0,0001$). Wildgewachsene Lamellenpilze (A) unterschieden sich nicht signifikant von der Gruppe der Kulturpilze (C) ($M_{Diff.} = 0,65$, [CI= -1,55; 2,84]). Steinpilze (B) unterschieden sich ebenso nicht signifikant von den Kulturpilzen (C) ($M_{Diff.} = -0,91$, [CI= -3,16; 1,33]).

Die Keimzahlen für Schimmelpilze lagen bei 2,1 und 2,8 log KbE/g (Tab. 3 im Anhang, Abb. 7). Der Kruskal-Wallis-Test für nicht-normalverteilte unabhängige Stichproben war nicht signifikant. Die wildgewachsenen Lamellenpilze (A) unterschieden sich nicht signifikant von den Steinpilzen (B) ($M_{Rangdiff.} = -4,69$). Wildgewachsene Lamellenpilze (A) unterschieden sich ebenso nicht signifikant von der Gruppe der Kulturpilze (C) ($M_{Rangdiff.} = 6,18$). Steinpilze (B) unterschieden sich nicht signifikant von den Kulturpilzen (C) ($M_{Rangdiff.} = 10,87$).

Präsumtive *B. cereus* waren in 25,5 % (n=23/90) der Proben, aber nur in Steinpilzen und Eierschwammerln, nachweisbar. In den meisten Proben (20,0 %) lag die ermittelte Keimzahl unter 2,0 log KbE/g, in keiner Probe wurde der für *B. cereus* übliche Warnwert (> 3,0 log KbE/g) überschritten.

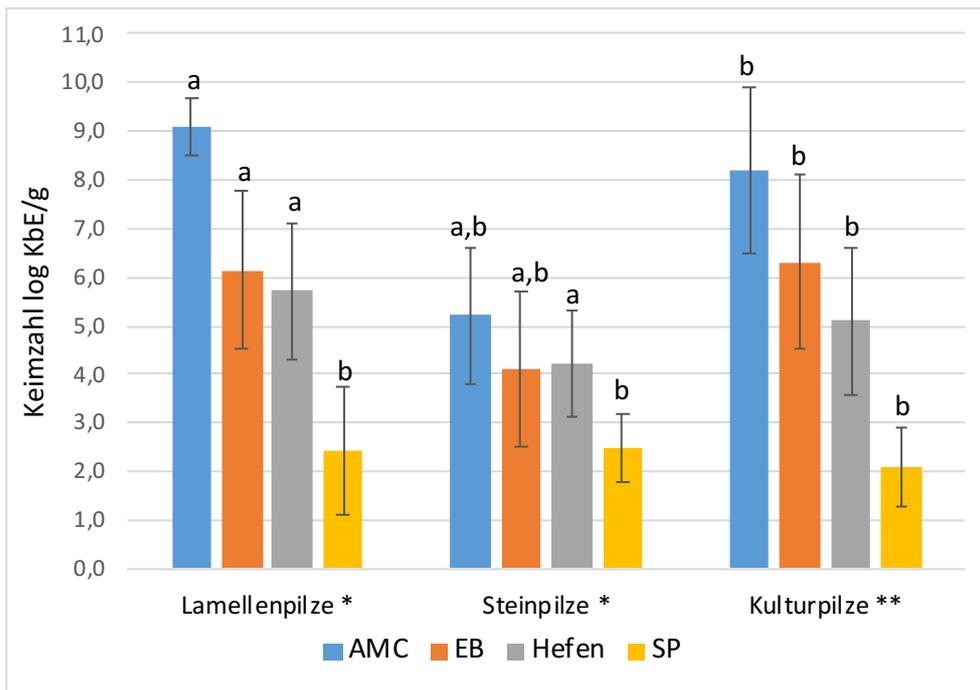


Abb. 7: Mittlere Keimzahlen (\pm Standardabweichung) frischer Wild*- und Kulturpilze**.

Abkürzungen: Lamellenpilze*: (Eierschwammerl n=41, Parasole n=2); Steinpilze*(n=40); Austern-und Kräuterseitlinge** (n=6), Shiitake** (n=1)

AMC: aerobe mesophile Gesamtkeimzahl; EB: *Enterobacteriaceae*; SP: Schimmelpilze;

^a Die mittleren Keimzahlen unterscheiden sich zwischen den Pilzgruppen signifikant ($p < 0,05$) bzw. ^b nicht signifikant- ($p > 0,05$).

Bei allen Proben der wildgewachsenen Lamellenpilze wurde in mindestens einem mikrobiologischen Parameter der festgelegte Grenzwert (AMC: $> 6,5$ log KbE/g, EB und Hefen: $> 4,0$ log KbE/g, Schimmelpilze: $> 3,0$ log KbE/g) überschritten. Bei Steinpilzen war der Anteil an grenzwertüberschreitenden Proben im Vergleich zu den wildgewachsenen Lamellenpilzen deutlich geringer (AMC: 17,5 %; EB: 47,5 %; Hefen: 52,5 %; Schimmelpilze: 17,5 %). Kulturpilze wiesen bei 85,7 % der Proben eine Überschreitung des AMC-Grenzwerts auf, 71,4 % überstiegen die Grenzwerte für EB und Hefen. Der Schwellenwert für Schimmelpilze wurde bei 14,3 % der Proben übertroffen (Abb. 8).

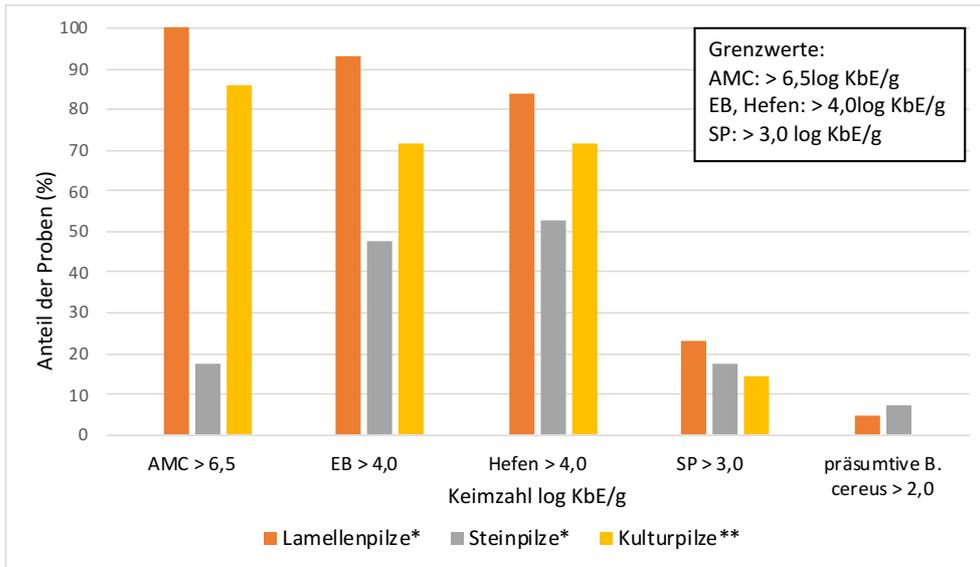


Abb. 8: Anteil der Proben mit überschrittenen Grenzwerten von frischen Wild*- und Kulturpilzen**.

Abkürzungen: Lamellenpilze*: (Eierschwammerl n=41, Parasole n=2); Steinpilze*(n=40);

Austern-und Kräuterseitlinge** (n=6), Shiitake** (n=1)

AMC: aerobe mesophile Gesamtkeimzahl; EB: *Enterobacteriaceae*; SP: Schimmelpilze

4.2 Sensorische Qualität und pH-Wert von Speisepilzen

Die sensorische Untersuchung ergab, dass 35,5 % aller Pilze eine „sehr gute bis gute“ Qualität aufwiesen. Allerdings waren 17,7 % der angebotenen Pilze aufgrund der sensorischen Defizite bereits am Verkaufstag nicht mehr verkehrsfähig („nicht akzeptabel“). Das betraf am häufigsten Steinpilze (n=11), wobei sechs Proben gleichzeitig einen starken Madenbefall aufwiesen. Weiterhin mussten sieben Eierschwammerlproben und eine Austernseitlingprobe als „nicht akzeptabel“ beurteilt werden (*Abb. 9*). Am häufigsten wurden bei diesen Pilzen Veränderungen, wie verfärbte Hüte, mazerierte z. T. eingetrocknete Lamellen oder Röhren, eine weiche Konsistenz und deutliche Abweichungen im Geruch, festgestellt. Der pH-Wert innerhalb der Gruppe der Wildpilze reichte von 5,3–7,0 bei den wildgewachsenen Lamellenpilzen und von 4,6–6,3 bei den Steinpilzen. Die Kulturpilze zeigten einen pH-Wert von 5,5–8,0 (*Tab. 7*). Pilze, die sensorisch „nicht akzeptabel“ ($QS \leq 2,0$) waren, wurden überwiegend auf zwei Märkten- Markt A und Markt B- eingekauft (*Abb. 10*).

Tab. 7: Bewertung von Aussehen, Konsistenz und Geruch sowie pH-Wert von frischen Wild*- und Kulturpilzen**.

Pilzart (Trivialname)	Aussehen		Konsistenz ^d	Geruch ^d	Sensorische Qualitätszahl ^c	pH-Wert
	Farbe ^d typisch	Hut/Lamellen ^d nicht mazeriert ^d	fest, elastisch	rein, pilztypisch		
<i>Cantharellus cibarius</i> (Eierschwammerl)*	3,3 ± 1,0^a (2,0–5,0) ^b	3,4 ± 1,2 (1,0–5,0)	3,4 ± 1,4 (1,0–5,0)	3,5 ± 1,3 (1,0–5,0)	3,4 ± 1,1 (1,3–5,0)	5,8 ± 0,3 (5,3–7,0)
<i>Boletus edulis</i> (Steinpilz)*	3,1 ± 1,1 (1,0–5,0)	3,6 ± 1,3 (1,0–5,0)	2,9 ± 1,4 (1,0–5,0)	3,2 ± 1,4 (1,0–5,0)	3,2 ± 1,2 (1,3–5,0)	5,5 ± 0,4 (4,6–6,3)
<i>Macrolepiota procera</i> (Parasol)*	5,0 ± 0,0 (5,0–5,0)	4,5 ± 0,4 (4,0–5,0)	5,0 ± 0,0 (5,0–5,0)	5,0 ± 0,0 (5,0–5,0)	4,9 ± 0,1 (4,8–5,0)	5,6 ± 0,2 (5,4–5,8)
<i>Pleurotus ostreatus</i> und <i>eryngii</i> (Austern- und Kräuterseitling), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)**	4,1 ± 0,6 (3,0–5,0)	3,9 ± 1,2 (1,0–5,0)	3,6 ± 1,5 (1,0–5,0)	4,1 ± 1,4 (1,0–5,0)	3,9 ± 1,1 (1,5–4,8)	6,5 ± 0,9 (5,5–8,0)

Abkürzungen: ^a Mittelwert ± SD; ^b Minimum – Maximum, ^c Die Qualitätszahl wurde rechnerisch ermittelt, indem die für die Pilzprobe erzielte Gesamtpunktezahl durch die Anzahl der bewerteten Merkmale ^d geteilt wurde.

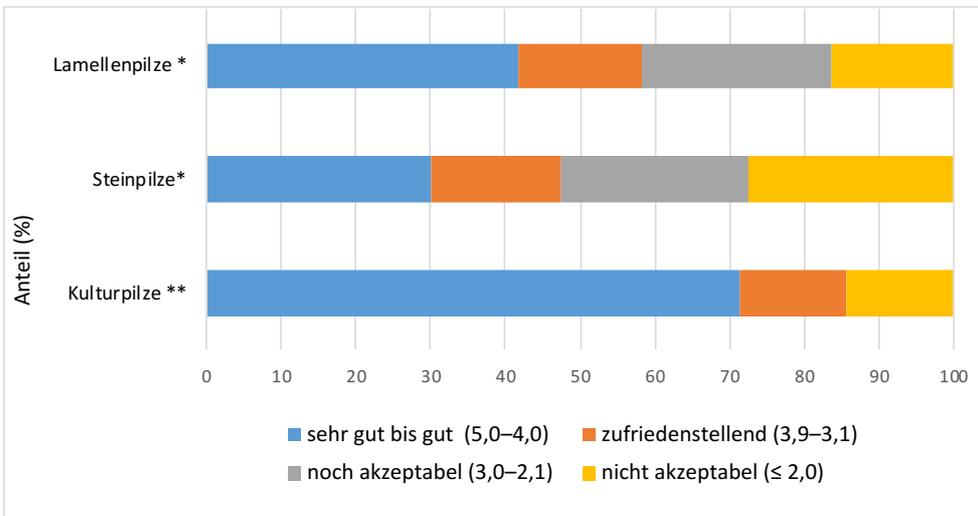


Abb. 9: Sensorische Bewertung von frischen Wild-* und Kulturpilzen** – Anteil in den Beurteilungsgruppen.

Abkürzungen: Lamellenpilze*: (Eierschwammerl n=41, Parasole n=2); Steinpilze*(n=40); Austern- und Kräuterseitlinge** (n=6), Shiitake** (n=1)

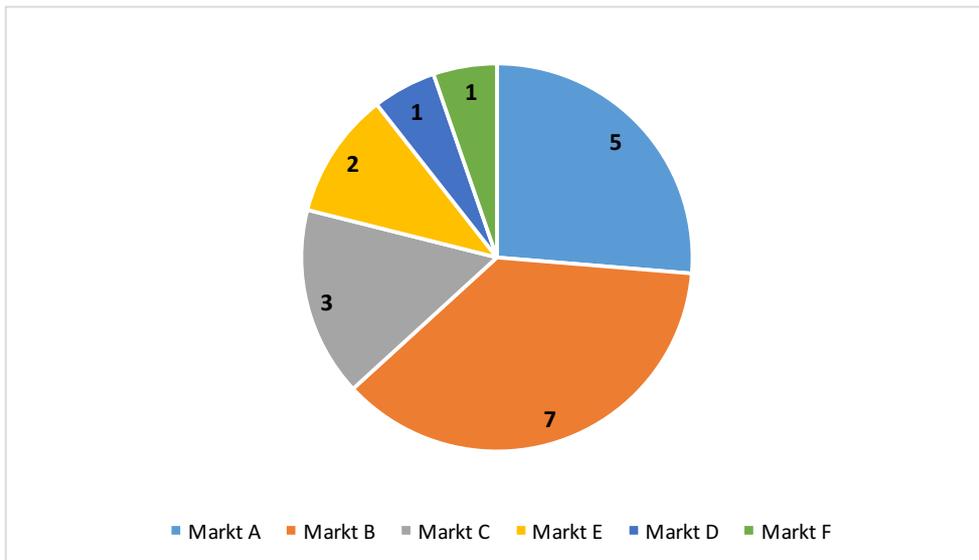


Abb. 10: Anzahl der Proben pro Markt, die aufgrund sensorischer Abweichungen mit „nicht akzeptabel“ ($QS \leq 2,0$) beurteilt wurden.

4.3 Vergleich von mikrobiologischen und sensorischen Ergebnissen

Die festgelegten Grenzwerte der Keimzahlen (AMC: $> 6,5 \log \text{KbE/g}$, EB und Hefen: $> 4,0 \log \text{KbE/g}$, Schimmelpilze: $> 3,0 \log \text{KbE/g}$) im Vergleich zur sensorischen Qualität der verschiedenen Pilzarten ($QS \leq 3,0$) sind in *Tab. 8* zusammengefasst.

Danach waren bei einem Großteil der wildgewachsenen Lamellenpilze die Grenzwerte für AMC (100,0 %), EB (93,0 %) und Hefen (83,7 %) überschritten und gleichzeitig wurde die knappe Hälfte dieser Proben als „noch bzw. nicht akzeptabel“ bewertet ($QS \leq 3,0$: AMC: 41,9 %; EB: 45,0 %; Hefen: 44,4 %) (weiche Konsistenz, trocken, brüchig, Stockflecken, faulig, schimmlig/modriger Geruch). Es wurde weiterhin festgestellt, dass 23,3 % der wildgewachsenen Lamellenpilzen die Schimmelpilzkeimzahlen überschritten haben und davon 40,0 % gleichzeitig deutlich sensorisch verändert waren (weiche Konsistenz, Stockflecken, faulig, trocken, schimmlig/modriger Geruch).

Bei 17,5 % der Steinpilzproben wurde der Grenzwert der AMC und der Schimmelpilzkeimzahl überschritten, davon wiesen 100,0 % bzw. 57,2 % deutliche sensorische Defizite auf ($QS \leq 3,0$) (klebrige Hüte, fleckige Stiele, Fremdschimmel, weich, faulig/muffiger Geruch). Die EB- und Hefekeimzahlen waren bei 47,5 % bzw. 52,5 % der Steinpilzproben erhöht und bei 79,0 % bzw. 81,0 % dieser Proben lag der QS gleichzeitig $\leq 3,0$ (klebrige Hüte, fleckige Stiele, Fremdschimmel, weich, trocken, faulig/muffiger Geruch).

Die Kulturpilze überstiegen größtenteils die Grenzwerte in allen Bereichen (AMC: 85,7 %; EB und Hefen: 71,4 %; Schimmelpilze: 14,3 %), wobei nur bei wenigen dieser Pilze sensorisch deutliche Abweichungen zu beobachten waren (weiche Konsistenz, klebrig, verdorben) (AMC: 16,7 %; EB und Hefen: 20,0 %; Schimmelpilze: 100 %).

Tab. 8: Zusammenhang erhöhter Keimzahlen mit der Sensorik frischer Wild*- und Kulturpilze**.

Keimzahlen	Anzahl d. Proben mit erhöhter Keimzahl	Anzahl d. Proben mit QS ≤ 3,0/ mit erhöhter Keimzahl	Anteil d. Proben (%) mit QS ≤ 3,0 und erhöhter Keimzahl
(log KbE/g)	Lamellenpilze* (n=43)		
AMC > 6,5	43	18/43	41,9
EB > 4,0	40	18/40	45,0
Hefen > 4,0	36	16/36	44,4
SP > 3,0	10	4/10	40,0
(log KbE/g)	Steinpilze* (n=40)		
AMC > 6,5	7	7/7	100,0
EB > 4,0	19	15/19	79,0
Hefen >4,0	21	17/21	81,0
SP >3,0	7	4/7	57,2
(log KbE/g)	Kulturpilze** (n=7)		
AMC > 6,5	6	1/6	16,7
EB > 4,0	5	1/5	20,0
Hefen > 4,0	5	1/5	20,0
SP > 3,0	1	1/1	100,0

Abkürzungen: Lamellenpilze*: (Eierschwammerl n=41, Parasole n=2); Steinpilze*(n=40); Austern-und Kräuterseitlinge** (n=6), Shiitake** (n=1)
 AMC: aerobe mesophile Gesamtkeimzahl; EB: *Enterobacteriaceae*; SP: Schimmelpilze

In *Tab. 9* sind die Mittelwerte der Keimzahlen der jeweiligen Pilzarten im Vergleich mit ihrer Einteilung in die QS-Gruppen zu finden. Ein Zusammenhang zwischen sensorischen Abweichungen und der Höhe der Keimbelastung (AMC, EB, Hefen und Schimmelpilze) kann bei den Lamellenpilzen nicht hergestellt werden ($p \geq 0,05$).

In der Gruppe der Steinpilze findet sich ein signifikanter Unterschied zwischen der jeweiligen QS-Kategorie und der AMC, der EB-, Hefe- und Schimmelpilzkeimzahl ($p \leq 0,05$).

Tab. 9: Zusammenhang zwischen mittleren Keimzahlen und der sensorischen Qualität wildgewachsener Lamellen- und Steinpilze.

QS-Kategorien	mittlere Keimzahlen (log KbE/g)			
	Lamellenpilze* (n=43)			
	AMC	EB	Hefen	SP
sehr gut bis gut (5,0–4,0)	9,0	5,7	5,9	2,7
zufriedenstellend (3,9–3,1)	9,5	6,3	4,4	1,9
noch akzeptabel (3,0–2,1)	8,9	6,5	6,2	2,4
nicht akzeptabel ($\leq 2,0$)	9,2	6,7	5,8	2,4
QS-Kategorien	Steinpilze* (n=40)			
	AMC	EB	Hefen	SP
	AMC	EB	Hefen	SP
sehr gut bis gut (5,0–4,0)	4,4 ^{a,b}	3,0 ^{a,b}	3,1 ^{a,b,c}	2,3
zufriedenstellend (3,9–3,1)	4,2 ^c	3,1	3,9 ^{a,d}	3,0
noch akzeptabel (3,0–2,1)	5,6 ^a	4,6 ^a	4,3 ^b	2,7
nicht akzeptabel ($\leq 2,0$)	6,6 ^{b,c}	5,7 ^b	5,6 ^{c,d}	1,9

Abkürzungen: Lamellenpilze*: (Eierschwammerl n=41, Parasole n=2); Steinpilze*(n=40); AMC: aerobe mesophile Gesamtkeimzahl; EB: *Enterobacteriaceae*; SP: Schimmelpilze; ^{a, b, c, d} Die mittleren Keimzahlen unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$) zwischen den sensorischen Kategorien.

Bei 82 Pilzproben wurde auf dem Schild an der Ware die Handelsklasse I angegeben, bei zwei Steinpilzproben die Handelsklasse II. In Übereinstimmung mit den rechtlichen Vorschriften wurden sechs Pilzproben ohne Angabe einer Handelsklasse vermarktet. Von den Pilzen mit der Kennzeichnung Handelsklasse I entsprachen bei den Eierschwammerln 18 Proben (43,9 %) mit einer QS $\leq 3,0$ nicht den qualitativen Anforderungen. 94,4 % dieser Proben stammten aus Österreich, 5,6 % (n=1) aus Rumänien. Bei den Steinpilzen erfüllten 21 Proben (52,5 %) nicht die qualitativen Anforderungen an die Handelsklasse I. Das Herkunftsland von 76,2 % dieser Proben war Österreich, 19,1 % kamen aus Rumänien und 4,8 % aus Serbien.

5 Diskussion und Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die mikrobiologische Belastung und die sensorische Qualität von insgesamt 90 Speisepilzen, die auf Wiener Wochenmärkten und einem Markt in Niederösterreich angeboten wurden, am Tag des Einkaufs untersucht. Die mikrobiologischen Ergebnisse schwankten sehr stark innerhalb der Pilzart, aber auch zwischen den Arten (AMC: 2,0–10,5 log KbE/g). Die gleichzeitig durchgeführte sensorische Prüfung der Pilze ergab Qualitätszahlen von 1,3–5,0 („nicht akzeptabel bis sehr gut“) und ebenfalls große Unterschiede. Der pH-Wert reichte von 4,6–8,0. Es wird darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse für Parasole und die untersuchten Kulturpilze, aufgrund der zu geringen Probenanzahl, nicht repräsentativ sind, aber trotzdem mit der Literatur diskutiert werden.

Bei Eierschwammerln lag die AMC zwischen 7,6 und 10,5 log KbE/g, bei Steinpilzen zwischen 2,0 und 8,4 log KbE/g und bei den verschiedenen Kulturpilzarten zwischen 4,9 und 10,2 log KbE/g. In der Literatur finden sich für die AMC überwiegend ähnliche Werte für Eierschwammerl von 7,2–8,8 log KbE/g, für Steinpilze von 3,2–9,2 log KbE/g (Venturini et al., 2011; Han et al., 2015; Ergönül et al., 2018; Gaglio et al., 2019) sowie für Kulturpilzarten von 1,7–9,4 log KbE/g (Reyes et al., 2004; Venturini et al., 2011; Ding et al., 2016; Schill et al., 2021).

Die Ergebnisse für EB schwankten innerhalb der Pilzarten ebenfalls sehr und erreichten bei den Eierschwammerln Werte von 1,0–8,6 log KbE/g, bei den Steinpilzen von 1,0–7,5 log KbE/g und bei den Kulturpilzen von 3,7–8,2 log KbE/g. Die für Eierschwammerl publizierten EB-Werte lagen zwischen 1,0 und 6,9 log KbE/g (Venturini et al., 2011; Gaglio et al. 2019). Dabei fällt auf, dass in frisch gesammelten Eierschwammerlproben die EB-Keimzahl < 2,0 log KbE/g betrug (Gaglio et al., 2019). Sowohl für Steinpilze als auch für die verschiedenen Kulturpilzarten wurden vergleichbare EB-Werte (Steinpilze: von 1,3–5,2 log KbE/g; Kulturpilze: 1,0–9,0 log KbE/G) publiziert (Reyes et al., 2004; Venturini et al., 2011; Gaglio et al., 2019; Schill et al., 2021).

Die Belastung mit Hefen war in den Pilzproben dieser Studie ebenfalls sehr schwankend (Eierschwammerl: 1,0–8,2 log KbE/g; Steinpilze: 2,0–6,3 log KbE/g; Kulturpilze: 3,5–7,2 log KbE/g). Veröffentlichte Werte sind damit weitestgehend übereinstimmend und reichen bei Eierschwammerln von 3,0–8,2 log KbE/g, bei Steinpilzen von 3,2–6,5 log KbE/g und bei Kulturpilzen von 1,4–4,7 log KbE/g (Venturini et al., 2011; Gaglio et al., 2019; Schill et al., 2021).

Vor allem Wildpilze sind aufgrund ihres natürlichen Umfeldes für eine Kontamination mit Schimmelpilzsporen prädisponiert. In 78,9 % der Proben lag die Schimmelpilzkeimzahl $> 1,0$ log KbE/g, wobei die höchste Belastung bei Eierschwammerlproben (bis 6,0 log KbE/g) beobachtet wurde. In Steinpilzen und Kulturpilzen wurden maximal 4,5 log bzw. 3,3 log KbE/g festgestellt. Für Eierschwammerl und Steinpilze sind in der Literatur insgesamt höhere mittlere Schimmelpilzwerte von 3,0–4,6 log KbE/g veröffentlicht worden (Venturini et al., 2011; Gaglio et al., 2019). Die Schimmelpilzbelastung bei Kulturpilzen ist mit den publizierten Daten vergleichbar (2,5–4,0 log KbE/g) (Venturini et al., 2011; Schill et al., 2021).

Für Parasole liegen keine publizierten mikrobiologischen Vergleichsdaten vor. In den zwei untersuchten Proben war der Wert für AMC (9,9 log KbE/g) und EB (8,7 log KbE/g) sehr hoch.

Im Ergebnis der sensorischen Prüfung wiesen nur ca. die Hälfte (55,5 %) der untersuchten Pilze eine „sehr gute bis zufriedenstellende“ Qualität auf. Der andere Teil (44,5 %) zeigte deutliche Defizite und erreichte nur Qualitätszahlen von $\leq 3,0$ (Beurteilung „noch bzw. nicht akzeptabel“). Dies betraf vor allem Steinpilze (23,3 %) und die Lamellenpilze (Eierschwammerl: 20,0 %). Kulturpilze zeigten in der sensorischen Untersuchung die besten Ergebnisse. Lediglich 14,3 % der Proben wurden mit $QS \leq 3,0$ bewertet. Die Ergebnisse sind somit mit denen einer anderen Studie vergleichbar (Schill et al., 2021). Für den Vergleich der pH-Werte der Pilze liegen keine publizierten Daten vor.

Im europäischen und nationalen Recht liegen keine Grenzwerte für Hygieneindikatoren (AMC, EB, Hefen und Schimmelpilze) für frische Speisepilze vor. Von der DGHM (2016) wurden Richt- und Warnwerte für Trockenpilze erarbeitet, die für die Bewertung der Ergebnisse (EB und Hefen: $> 4,0$ log KbE/g; Schimmelpilze: $> 3,0$ log KbE/g; präsumtive *B. cereus*: $> 3,0$ log KbE/g) herangezogen wurden. Die Bewertung der AMC erfolgte nach eigenen Erfahrungswerten (Schill et al., 2021).

In den Eierschwammerlproben wurden die für die AMC, EB und Hefen festgelegten Grenzwerte überwiegend überschritten (AMC 100,0 %; EB 92,7 %; Hefen 82,9 %). Die Werte für Schimmelpilze lagen in 22,0 % der Fälle über dem Grenzwert. Bei mindestens 47,3 % der Eierschwammerl (45,0% der Lamellenpilze) führte die mikrobiologische Grenzwertüberschreitung auch zu erheblichen sensorischen Abweichungen ($QS \leq 3,0$). Es ist zu erwähnen, dass bei den beiden Parasolproben die AMC, die EB- und Hefekeimzahl ebenfalls über dem empfohlenen Grenzwert lagen. Allerdings ergab die sensorische Untersuchung für beide Proben eine „sehr gute bzw. gute“ Qualität.

Vergleicht man die mittleren Keimzahlen (AMC, EB, Hefen, Schimmelpilze) der Eierschwammerl und Parasole, kann kein Bezug auf die sensorische Gruppierung hergestellt werden ($p > 0,05$). Die Betrachtung dieser Keimzahlen in Verbindung mit dem jeweiligen

sensorischen Erscheinungsbild bei den wildgewachsenen Lamellenpilzen zeigt, dass generell, auch bei Proben mit „sehr guter und guter Qualität“, sehr hohe Werte gefunden werden können.

In den Steinpilzproben wurden die Grenzwerte für die AMC, EB, Hefen und Schimmelpilze ebenfalls überschritten (AMC und Schimmelpilze 17,5 %; EB 47,5 %; Hefen 52,5 %). Bei allen Steinpilzproben, die eine erhöhte AMC aufwiesen, wurden gleichzeitig deutliche sensorische Abweichungen beobachtet ($QS \leq 3,0$). Insbesondere eine hohe Belastung mit EB und Hefen scheint die sensorische Qualität stark zu verschlechtern (EB: 79,0%, Hefen: 81,0%). Der Vergleich der mittleren Keimzahlen (AMC, EB und Hefen) mit der sensorischen Kategorie von Steinpilzen ergibt einen Zusammenhang zwischen zunehmenden sensorischen Veränderungen und höheren Keimzahlen ($p < 0,05$).

Zwei Steinpilzproben waren als Handelsklasse II deklariert und sollten somit den erforderlichen Mindesteigenschaften entsprechen. Sie wiesen zwar einen fleckigen, klebrigen sowie schmutzigen Zustand auf, wurden sensorisch dennoch mit „sehr gut bis gut“ (4,6 bzw. 4,0) beurteilt. Die übrigen 81 Wildpilze wurden als Handelsklasse I angeführt und sollten daher einer sehr guten Qualität entsprechen, wiesen allerdings eine Vielzahl an sensorischen Defiziten wie Stockflecken, Maden, mazerierte Lamellen, eine weiche Konsistenz oder fauligen Geruch auf. 48,2 % dieser Proben erhielten eine $QS \leq 3,0$. Das Herkunftsland scheint keine große Rolle bei der Qualität der Pilze zu spielen, da der Großteil der Proben mit einer $QS \leq 3,0$ aus Österreich stammte.

In keiner der Proben wurden *Salmonella* spp., nachgewiesen. Dies deckt sich mit anderen Autorinnen und Autoren, die Wild- und Kulturpilze untersucht haben (Strapp et al., 2003; Venturini et al., 2011; Ergönül et al., 2018; Zhang et al., 2018; Schill et al., 2021). Außerdem konnten, wie bei Ergönül et al. (2018), keine *Listeria monocytogenes* in Wildpilzen gefunden werden. Venturini et al. (2011) testeten 18,2 % der beprobten Steinpilze (n=22) positiv auf *L. monocytogenes*, in Eierschwammerln konnte dieses Pathogen nicht gefunden werden. In unserer Studie konnte in keiner Probe eine Überschreitung des DGHM-Warnwertes für *B. cereus* ($> 3,0 \log \text{KbE/g}$) festgestellt werden. *Bacillus cereus* rückte in den letzten Jahren vor allem durch kontaminierte Trockenpilze in den Fokus der Lebensmittelüberwachung (Messelhäusser et al., 2014; RASFF, 2021).

Schlussfolgerung

Es konnte festgestellt werden, dass die mittleren Keimzahlen (AMC, EB, Hefen) bei wildgewachsenen Lamellenpilzen generell deutlich höher als bei den Steinpilzen waren ($p < 0,05$). Zudem konnte bei Pilzen mit Lamellenfutter kein Zusammenhang zwischen der hohen Keimzahl und der sensorischen Qualität hergestellt werden. Im Gegensatz dazu beeinflusst die Höhe der Keimzahl bei Steinpilzen die sensorische Qualität sehr deutlich, d. h. unsere Hypothese konnte für diese Pilzart nicht bestätigt werden. Insgesamt muss der Zusammenhang zwischen der Keimbelastung und der sensorischen Qualität bei verschiedenen Pilzgruppen differenziert betrachtet werden. Diese so unterschiedlich hohe mikrobiologische Belastung von Lamellen- und Steinpilzen könnte mit der Hutstruktur der Pilzarten zusammenhängen. Möglicherweise werden die Lamellen aufgrund der größeren Oberfläche stärker mikrobiell besiedelt. Die Röhrenstruktur von Steinpilzen ist bei frischen Pilzen relativ fest und kompakt und könnte so einen gewissen Schutz darstellen, der wiederum während der Lagerung abnimmt und zu einem Anstieg der Keimzahl und gleichzeitig zu sensorischen Veränderungen führen kann. Pilze, insbesondere Wildpilze, sind natürlichen Keimbesiedlungen ausgesetzt, verderben aufgrund ihres hohen Wassergehaltes sehr schnell und sollten deshalb innerhalb von 1–3 Tagen verbraucht werden (Venturini et al., 2011; Zhuang et al., 2020). Die Qualität und Lagerstabilität von Frischprodukten, Gemüse oder Pilzen wird durch viele Faktoren, u. a. vom natürlichen Umfeld, der Erntequalität, dem Umgang nach der Ernte und der Lagerung bis zum Verkauf, beeinflusst. Die Handhabung der Speisepilze am Marktstand kann eine wichtige Rolle bei der Reduktion der Keimbelastung spielen. Insbesondere eine adäquate Kühlung und der Schutz vor Austrocknung kann die Vermehrung von Mikroorganismen reduzieren (Gaglio et al., 2019). An Marktständen wird die Ware überwiegend bei den üblichen Außentemperaturen, die im Sommer und Frühherbst bei 25 °C liegen können, angeboten und zudem meist lose verkauft. Beide Faktoren beeinflussen die mikrobiologische und sensorische Qualität der Pilze stark. In dieser Studie war fast die Hälfte aller Pilze, entgegen unserer Hypothese, von schlechter sensorischer Qualität; 17,7% waren nicht mehr zum Verzehr geeignet und entsprachen damit nicht den Vorgaben des *Codex Alimentarius Austriacus* (Österreichisches Lebensmittelbuch, 2014).

Potentiell pathogene Zoonoseerreger wurden in dieser Studie nicht nachgewiesen. Durch das natürliche Wachstumsumfeld kann eine Kontamination mit diesen, insbesondere bei Wildpilzen, nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund ist es nicht zu empfehlen, Pilze roh zu verzehren. Die Studie zeigt Defizite im Umgang mit Frischwaren auf. Zur Sicherstellung des Konsumentinnen- und Konsumentenschutzes wäre eine regelmäßige Kontrolle von Marktständen (Qualität der Ware, Einhaltung von Handelsklassen) sowie die Schulung von Standbetreiberinnen und Standbetreibern zum hygienischen Umgang mit Speisepilzen anzuraten.

6 Zusammenfassung

Speisepilze spielen eine wichtige Rolle als Nahrungsquelle für den Menschen und weltweit sind circa 2200 essbare Pilzspezies bekannt. Für diese Arbeit wurden 90 Proben von auf Wiener Märkten angebotenen frischen Speisepilzen (Eierschwammerl, Steinpilze, Parasole, Kulturpilze) auf ihre mikrobiologische und sensorische Qualität geprüft. Die mikrobiologischen Untersuchungen umfassten die Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl (AMC), der *Enterobacteriaceae*-(EB), Hefe- und Schimmelpilzkeimzahl sowie die Untersuchung auf *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* und präsumtiv *Bacillus cereus*. Die mittlere AMC der Speisepilze schwankte zwischen 5,2 log KbE/g bei Steinpilzen und 9,9 log KbE/g bei Parasolen. Die EB lagen zwischen 4,1 log KbE/g bei Steinpilzen und 8,7 log KbE/g bei Parasolen. Die Hefebelastung und Schimmelpilzbelastung schwankte zwischen 4,2 log KbE/g bei den Steinpilzen und 5,7 log KbE/g bei den Eierschwammerln bzw. zwischen 2,1 log KbE/g bei den Kulturpilzen und 2,8 log KbE/g bei den Parasolen. *Salmonella* spp. oder *Listeria monocytogenes* wurden nicht nachgewiesen. In keiner der Proben wurde der für *Bacillus cereus* übliche Warnwert (> 3,0 log KbE/g) überschritten. Die sensorische Untersuchung erfolgte mittels einer Punkte-Skala von 5 bis 1 (5: trifft vollkommen zu, 1: trifft überhaupt nicht zu). Die daraus berechnete sensorische Qualitätszahl QS ergab eine Bewertung von „sehr gut bis gut“ bis „nicht akzeptabel“. Die sensorische Untersuchung zeigte, dass 35,5 % aller Pilze eine „sehr gute bis gute“ Qualität aufwiesen. 17,7 % der angebotenen Pilze waren aufgrund der sensorischen Defizite bereits am Verkaufstag nicht mehr verkehrsfähig („nicht akzeptabel“). Das betraf am häufigsten Steinpilze. Die Ergebnisse zeigten, dass bei Pilzen mit Hüten und Lamellenfutter (Eierschwammerl, Parasole und alle Kulturpilze), die AMC und EB-Zahlen deutlich höher lagen als bei den Steinpilzen, deren Hut mit einem Röhrenfutter ausgestattet war. Bei Steinpilzen konnten mit zunehmenden sensorischen Veränderungen auch höhere AMC, EB- Hefe-, sowie Schimmelpilz-Keimzahlen beobachtet werden. Zum Schutz der Konsumentinnen und Konsumenten und zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen ist ein adäquates Produkthandling von der Ernte bis zur Vermarktung, insbesondere die Kühlung und die Einhaltung von Hygienerichtlinien, von Bedeutung.

7 Summary

Cultivated and wild fresh mushrooms play an important role as food source for people and worldwide there are about 2200 edible mushroom species known. For this thesis, 90 fresh mushroom samples from Viennese markets (chanterelle, porcini, parasol, cultivated mushrooms) were collected and microbiologically analyzed and tested for their sensory quality. The microbiological tests entailed the determination of the aerobic mesophilic count (AMC), *Enterobacteriaceae*-(EB), yeasts and molds as well as the screening for *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* and presumptive *Bacillus cereus*. The mushrooms' mean AMC was between 5.2 log KbE/g for porcini and 9.9 log KbE/g for parasol. An EB-count between 4.1 log KbE/g for porcini and 8.7 log KbE/g for parasol was observed. The yeasts and molds contamination varied between 4.2 log KbE/g for porcini; 5.7 log KbE/g for chanterelle and 2.1 log KbE/g for cultivated mushrooms and 2.8 log KbE/g for parasol respectively. Neither *Salmonella* spp. nor *Listeria monocytogenes* was detected. No samples exceeded the critical value for *Bacillus cereus* (> 3.0 log KbE/g). For the sensory tests a 5-point scale ranging from 5 to 1 (5: completely applies, 1: does not apply at all) was implemented. The calculated quality score (QS) resulted in a rating from „excellent or good” to “not acceptable”. It showed that 35.5 % of all mushrooms were of „excellent or good” quality, whereas 17.7 % of the mushrooms showed sensory deficits to a degree, that they were deemed “inacceptable”. This mostly concerned porcini mushrooms. The results showed that mushrooms with caps with gills (chanterelle, parasol, cultivated mushrooms) have higher AMC- and EB- counts than porcini mushrooms, which show a tube- like cap. With an increase in sensory changes the porcini mushrooms showed higher numbers in AMC, EB and yeasts. For the customer's safety and prevention of unnecessary food waste, a proper product handling, starting with the mushrooms' harvest to their marketing and sale, especially refrigeration and compliance with hygiene standards, is of great importance.

8 Literaturverzeichnis

- Aisala, H., Laaksonen, O., Manninen, H., Raittola, A., Hopia, A., & Sandell, M. (2018). Sensory properties of nordic edible mushrooms. *Food Research International*, *109*, 526–536.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.059>
- Boa, E. R. (2004). *Wild Edible Fungi: A global overview of their use and importance to people*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, (Zugriff am 11.12.2020)
- Boin, E., Azevedo, C., Nunes, J., & Guerra, M. (2016). Consumer acceptability and descriptive characterization of fresh and dried king oyster (*Pleurotus eryngii*) and hedgehog (*Hydnum repandum*) mushrooms. *Journal of Food Research*, *5*(4), p55.
<https://doi.org/10.5539/jfr.v5n4p55>
- Buck, J. W., Walcott, R. R., & Beuchat, L. R. (2003). Recent trends in microbiological safety of fruits and vegetables. *Plant Health Progress*, *4*(1), 25.
<https://doi.org/10.1094/PHP-2003-0121-01-RV>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2020, Juni 25). *Outbreak of Listeria infections linked to Enoki mushrooms*. <https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/enoki-mushrooms-03-20/index.html>, (Zugriff am 08.04.2021)
- Chen, M., Cheng, J., Wu, Q., Zhang, J., Chen, Y., Zeng, H., Ye, Q., Wu, S., Cai, S., Wang, J., & Ding, Y. (2018). Prevalence, potential virulence, and genetic diversity of *Listeria monocytogenes* isolates from edible mushrooms in Chinese markets. *Frontiers in Microbiology*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01711>

- Chikthimmah, N., & Beelman, R. (2005). Microbial spoilage of fresh mushrooms. In J. Gorny, A. Yousef, & G. Sapers (Hrsg.), *Microbiology of Fruits and Vegetables* (S. 135–158). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420038934.ch6>
- Chun, S., Chambers, E., & Han, I. (2020). Development of a sensory flavor lexicon for mushrooms and subsequent characterization of fresh and dried mushrooms. *Foods*, 9(8), 980. <https://doi.org/10.3390/foods9080980>
- Cliffe-Byrnes, V., & O' Beirne, D. (2007). Effects of gas atmosphere and temperature on the respiration rates of whole and sliced mushrooms (*Agaricus bisporus*). Implications for film permeability in modified atmosphere packages. *Journal of Food Science*, 72(4), E197–E204. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00321.x>
- Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie. (2021, Februar 6). Mikrobiologische Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln online. 6.3 Trockenpilze. <https://www.dghm-richt-warnwerte.de/de> (Zugriff am 06.02.2021)
- DIN EN ISO 4833-2:2014-05, Mikrobiologie der Lebensmittelkette- Horizontales Verfahren für die Zählung von Mikroorganismen- Teil 2: Koloniezählung bei 30°C mittels Oberflächenverfahren (ISO 4833-2:2013+ Cor.1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 4833-2:2013+ AC:2014. (o. J.). Beuth Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31030/2146522>
- DIN EN ISO 6579-1:2017-07, Mikrobiologie der Lebensmittelkette- Horizontales Verfahren zum Nachweis, zur Zählung und zur Serotypisierung von Salmonellen- Teil 1: Nachweis von *Salmonella* spp. (ISO 6579-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 6579-

1:2017. (o. J.). Beuth Verlag GmbH.

<https://doi.org/10.31030/2359254>

DIN EN ISO 11290-1:2017-09, Mikrobiologie der Lebensmittelkette- Horizontales Verfahren für den Nachweis und die Zählung von *Listeria monocytogenes* und von *Listeria spp.*-

Teil 1: Nachweisverfahren (ISO 11290-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 11290-

1:2017. (o. J.). Beuth Verlag GmbH.

<https://doi.org/10.31030/2612744>

DIN EN ISO 13299:2016-09, Sensorische Analyse- Prüfverfahren- Allgemeiner Leitfaden zur

Erstellung eines sensorischen Profils (ISO 13299:2016); Deutsche Fassung EN ISO

13299:2016. (o. J.). Beuth Verlag GmbH.

<https://doi.org/10.31030/2496417>

Ding, T., Rahman, S. M. E., & Oh, D.-H. (2011). Inhibitory effects of low concentration electrolyzed water and other sanitizers against foodborne pathogens on oyster mushroom. *Food Control*, 22(2), 318–322.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.07.030>

Ding, Y., Zhu, Z., Zhao, J., Nie, Y., Zhang, Y., Liu, C., M, D., Mao, H., & Tang, X. (2016). Effects of postharvest Brassinolide treatment on the metabolism of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) in relation to development of browning during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 9.

<https://doi.org/10.1007/s11947-016-1722-1>

Doores, S., Kramer, M., & Beelman, R. (1987). Evaluation and bacterial populations

associated with fresh mushrooms (*Agaricus Bisporus*). In *Developments in Crop*

Science (Bd. 10, S. 283–294). Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42747-2.50035-X>

Durchführungsverordnung (EU) Nr. 543/2011 der Kommission vom 7. Juni 2011 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 des Rates für die Sektoren Obst und Gemüse und Verarbeitungserzeugnisse aus Obst und Gemüse, (2011), (Zugriff am 07.12.2020)

Ergönül, B., Kalyoncu, F., & Akata, I. (2018). Microbiological quality of eight wild edible mushroom species from Turkey. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*.

<https://doi.org/10.18466/cbayarfbe.455754>

Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen. (2020). *FAOSTAT*.

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>, (Zugriff am 02.02.2021)

Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen &

Weltgesundheitsorganisation Codex Alimentarius Commission. (1981). *GENERAL*

STANDARD FOR EDIBLE FUNGI AND FUNGUS PRODUCTS. [http://www.fao.org/fao-](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B38-1981%252FCXS_038e.pdf)

[who-codexalimentarius/sh-](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B38-1981%252FCXS_038e.pdf)

[proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B38-1981%252FCXS_038e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B38-1981%252FCXS_038e.pdf), (Zugriff am

06.12.2020)

06.12.2020)

Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen/

Weltgesundheitsorganisation. (2003). *RECOMMENDED INTERNATIONAL CODE OF*

PRACTICE GENERAL PRINCIPLES OF FOOD HYGIENE- CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003.

<https://www.mhlw.go.jp/english/topics/importedfoods/guideline/dl/04.pdf>, (Zugriff am 01.02.2021)

Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit. (2005). Opinion of the scientific panel on biological hazards (BIOHAZ) on *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp in foodstuffs. *EFSA Journal*, 175, 1–48. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.175>

Europäisches Schnellwarnsystem für Lebensmittel und Futtermittel. (2021, Februar 6). *RASFF Portal*. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=searchResultList&StartRow=3301>, (Zugriff am 06.02.2021)

Gaglio, R., Saitta, A., Cruciata, M., La Rosa, A., Barbaccia, P., Moschetti, G., & Settanni, L. (2019). Microbiological characteristics of wild edible mushrooms and effect of temperature during storage of *Morchella conica*. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 6(1), 2–7. <https://doi.org/10.18502/jfqhc.6.1.452>

González-Fandos, E., Olarte, C., Giménez, M., Sanz, S., & Simón, A. (2001). Behaviour of *Listeria monocytogenes* in packaged fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Applied Microbiology*, 91(5), 795–805. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01452.x>

Guglia, O. F. (2013). Carolus Clusius (1526—1609), Bedeutendster Vertreter der vorklassischen Floristik am Ostalpenrand und im westlichen Pannonien. *Verhandlungen*, 1973,113. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201303176568>, (Zugriff am 01.02.2021)

Hammond, J. B. W., & Nichols, R. (1975). Changes in respiration and soluble carbohydrates during the post-harvest storage of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of the*

Science of Food and Agriculture, 26(6), 835–842.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740260615>

Han, L., Qin, Y., Liu, D., Chen, H., Li, H., & Yuan, M. (2015). Evaluation of biodegradable film packaging to improve the shelf-life of *Boletus edulis* wild edible mushrooms.

Innovative Food Science & Emerging Technologies, 29, 288–294.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.008>

Hibbett, D. S. (2006). A phylogenetic overview of the *Agaricomycotina*. *Mycologia*, 98(6), 917–925. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832621>

Hootman, R., & Stone, H. (1992). Quantitative Descriptive Analysis (QDA). In R. Hootman (Hrsg.), *Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation* (S. 15–21).

ASTM International.

<https://doi.org/10.1520/MNL10523M>

ISO 1842:1991-12, Obst- und Gemüseprodukte; Bestimmung des pH-Werts. (o. J.). Beuth Verlag GmbH.

ISO 7218:2007/AMD 1:2013 Microbiology of food and animal feeding stuffs—General requirements and guidance for microbiological examinations—Amendment 1. (o. J.).

ISO 7932:2004 Microbiology of food and animal feeding stuffs—Horizontal method for the enumeration of presumptive *Bacillus cereus*—Colony-count technique at 30 degrees C. (o. J.).

ISO 21527-1:2008-07 Horizontales Verfahren zur Zählung von Hefen und Schimmelpilzen—Koloniezähltechnik—Teil 1: Erzeugnisse mit einer Wasseraktivität höher als 0,95. (o. J.). Beuth Verlag GmbH.

- ISO 21528-2:2017 Microbiology of the food chain—Horizontal method for the detection and enumeration of *Enterobacteriaceae*—Part 2: Colony-count technique. (o. J.).
- Jaworska, G., & Bernaś, E. (2009). The effect of preliminary processing and period of storage on the quality of frozen *Boletus edulis* (Bull: Fr.) mushrooms. *Food Chemistry*, *113*(4), 936–943. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.023>
- Kalač, P. (2009). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, *113*(1), 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.077>
- Leong, D., Alvarez-Ordóñez, A., & Jordan, K. (2015). A note on challenge trials to determine the growth of *Listeria monocytogenes* on mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, *54*(2), 121–125. <https://doi.org/10.1515/ijafr-2015-0013>
- Li, P., Zhang, X., Hu, H., Sun, Y., Wang, Y., & Zhao, Y. (2013). High carbon dioxide and low oxygen storage effects on reactive oxygen species metabolism in *Pleurotus eryngii*. *Postharvest Biology and Technology*, *85*, 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.05.006>
- Lomonaco, S., Nucera, D., & Filipello, V. (2015). The evolution and epidemiology of *Listeria monocytogenes* in Europe and the United States. *Infection, Genetics and Evolution*, *35*, 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2015.08.008>

Martinez-Carrera, D., Sobal, M., Aguilar, A., Navarro, M., & Larque-Saavedra, A. (1998).

Canning technology as an alternative for management and conservation of wild edible mushrooms in Mexico. *Micología Neotropical Aplicada*, 11, 35–51.

Messelhäusser, U., Frenzel, E., Blöchinger, C., Zucker, R., Kämpf, P., & Ehling-Schulz, M.

(2014). *Emetic Bacillus cereus* are more volatile than thought: recent foodborne outbreaks and prevalence studies in Bavaria (2007–2013). *BioMed Res. Int.*, 2014; 2014:465603.

<https://doi.org/10.1155/2014/465603>

Miya, S., Takahashi, H., Ishikawa, T., Fujii, T., & Kimura, B. (2010). Risk of *Listeria*

monocytogenes contamination of raw ready-to-eat seafood products available at retail outlets in Japan. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(10), 3383–3386.

<https://doi.org/10.1128/AEM.01456-09>

Naim, L., Alsanad, M. A., El Sebaaly, Z., Shaban, N., Fayssal, S. A., & Sassine, Y. N. (2020).

Variation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm. (1871) performance subjected to different doses and timings of nano-urea. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(6), 1573–1579. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.03.019>

Naranjo-Ortiz, M. A., & Gabaldón, T. (2019). Fungal evolution: Diversity, taxonomy and

phylogeny of the Fungi. *Biological Reviews*, 94(6), 2101–2137.

<https://doi.org/10.1111/brv.12550>

Naveen Chikthimmah, Luke Frederick Laborde, & Robert Beelman. (2007). The effect of

washing and slicing operations on the survival behavior of *Listeria monocytogenes*

and *Salmonella* spp. in fresh mushrooms during postharvest storage. *Science & Technology*, 55(9), 4–12.

Österreichisches Lebensmittelbuch. (2014). *Österreichisches*

Lebensmittelbuch/Anforderungen an Pilze und Pilzerzeugnisse- BMG-75210/0025-II/B/13/2014. <https://www.lebensmittelbuch.at/lebensmittelbuch/b-27-pilze-und-pilzerzeugnisse/2-anforderungen-an-pilze-und-pilzerzeugnisse.html>, (Zugriff am 06.12.2020)

Parentelli, C., Ares, G., Corona, M., Lareo, C., Gámbaro, A., Soubes, M., & Lema, P. (2007).

Sensory and microbiological quality of shiitake mushrooms in modified-atmosphere packages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(9), 1645–1652.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2848>

Reis, F. S., Barros, L., Martins, A., & Ferreira, I. C. F. R. (2012). Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: An inter-species comparative study. *Food and Chemical Toxicology*, 50(2), 191–197.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.10.056>

Reis, F. S., Martins, A., Vasconcelos, M. H., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2017).

Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 48–62.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.010>

Reyes, J. E., Venturini, M. E., Oria, R., & Blanco, D. (2004). Prevalence of *Ewingella americana* in retail fresh cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* and

Pleurotus ostreatus) in Zaragoza (Spain). *FEMS Microbiology Ecology*, 47(3), 291–296.

[https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(03\)00283-6](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(03)00283-6)

Ricci, A., Allende, A., Arcella, D., Bolton, D., Chemaly, M., Davies, R., Escámez, P. S. F., Felicio, M.T., Georgiadis, M., Girones, R., Herman, L., Koutsoumanis, K., Lindqvist, Messens, W., R. Nørrung, B., Robertson, L., Ru, G., Sanaa, M., Simmons, M., Skandamis, P., Snary, E., Speybroeck, N., Kuile, B. T., Takkinen, J., Threlfall, J., Wagner, M., Wahlström, H., (2018). *Listeria monocytogenes* contamination of ready-to-eat foods and the risk for human health in the EU. *EFSA Journal*, 16(1), e05134.

<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5134>

Samadpour, M., Barbour, M. W., Nguyen, T., Cao, T.-M., Buck, F., Depavia, G. A., Mazengia, E., Yang, P., Alfi, D., Lopes, M., & Stopforth, J. D. (2006). Incidence of enterohemorrhagic *Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in retail fresh ground beef, sprouts, and mushrooms. *Journal of Food Protection*, 69(2), 441–443. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.2.441>

Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321–1337.

<https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>

Schill, S., Stessl, B., Meier, N., Tichy, A., Wagner, M., & Ludewig, M. (2021). Microbiological safety and sensory quality of cultivated mushrooms (*Pleurotus eryngii*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*) at retail level and post-retail storage. *Foods*, 10(4), 816. <https://doi.org/10.3390/foods10040816>

- Singh, P., Langowski, H.-C., Wani, A. A., & Saengerlaub, S. (2010). Recent advances in extending the shelf life of fresh *Agaricus* mushrooms: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(9), 1393–1402.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.3971>
- Sonnenberg, A. S. M., Baars, J. J. P., Gao, W., & Visser, R. G. F. (2017). Developments in breeding of *Agaricus bisporus* var. *bisporus*: progress made and technical and legal hurdles to take. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *101*(5), 1819–1829.
<https://doi.org/10.1007/s00253-017-8102-2>
- Spim, S. R. V., Castanho, N. R. C. M., Pistila, A. M. H., Jozala, A. F., Oliveira Júnior, J. M., & Grotto, D. (2021). *Lentinula edodes* mushroom as an ingredient to enhance the nutritional and functional properties of cereal bars. *Journal of Food Science and Technology*, *58*(4), 1349–1357.
<https://doi.org/10.1007/s13197-020-04646-5>
- Statistik Austria. *Versorgungsbilanz für Gemüse 2018/19*. Statistik Austria-STATCUBE.
<https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/tableView/tableView.xhtml>, (Zugriff am 06.04.2021)
- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2020). Introduction to sensory evaluation. In *Sensory Evaluation Practices* (S. 1–21). Academic Press.
- Strapp, C. M., Shearer, A. E. H., & Joerger, R. D. (2003). Survey of retail Alfalfa sprouts and mushrooms for the presence of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria* with BAX, and evaluation of this polymerase chain reaction–based system with

experimentally contaminated samples†. *Journal of Food Protection*, 66(2), 182–187.

<https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.2.182>

The Society of Sensory Professionals. (2021). *The 9-point hedonic scale*. Society of Sensory Professionals. <https://www.sensorysociety.org/pages/default.aspx>, (Zugriff am 09.04.2021)

Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T., & Paredes-López, O. (2015, Januar 20). *Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life*. International Journal of Microbiology; Hindawi.

<https://doi.org/10.1155/2015/376387>

Venturini, M. E., Reyes, J. E., Rivera, C. S., Oria, R., & Blanco, D. (2011). Microbiological quality and safety of fresh cultivated and wild mushrooms commercialized in Spain. *Food Microbiology*, 28(8), 1492–1498.

<https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.08.007>

VERORDNUNG (EG) Nr. 1234/2007 DES RATES über eine gemeinsame Organisation der Agrarmärkte und mit Sondervorschriften für bestimmte landwirtschaftliche Erzeugnisse (Verordnung über die einheitliche GMO), 330 (2007). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2007R1234:20100619:DE:PDF>, (Zugriff am 03.02.2021)

VERORDNUNG (EG) Nr. 2073/2005 DER KOMMISSION vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel, Pub. L. No. L338/1, 26 (2005).

[https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=DE)

[content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=DE](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=DE), (Zugriff am 07.02.2021)

VERORDNUNG (EG) Nr. 852/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom

29. April 2004 über Lebensmittelhygiene, (2004). [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:de:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:de:PDF](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:de:PDF),

(Zugriff am 18.12.2020)

Viswanath, P., Murugesan, L., Knabel, S. J., Verghese, B., Chikthimmah, N., & LaBORDE, L. F.

(2013). Incidence of *Listeria monocytogenes* and *Listeria* spp. in a small-scale mushroom production facility. *Journal of Food Protection*, 76(4), 608–615.

<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-292>

Vízhányó, T., Felföldi, J., & Tillett, R. (1998). Colour differences in images of diseased mushrooms. *IFAC Proceedings Volumes*, 31(9), 99–104.

[https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)44037-7](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)44037-7)

Vízhányó, T., & Felföldi, J. (2000). Enhancing colour differences in images of diseased mushrooms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26(2), 187–198.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(00\)00071-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(00)00071-5)

Zawirska-Wojtasiak, R., Siwulski, M., Mildner-Szkudlarz, S., & Wąsowicz, E. (2009). Studies on the aroma of different species and strains of *Pleurotus* measured by GC/MS, sensory analysis and electronic nose. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 8(1). <https://www.food.actapol.net/volume8/issue1/abstract-5.html>, (Zugriff am 19.06.2021)

Zhang, K., Pu, Y.-Y., & Sun, D.-W. (2018). Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.012>

- Zhao, R.-L., Li, G.-J., Sánchez-Ramírez, S., Stata, M., Yang, Z.-L., Wu, G., Dai, Y.-C., He, S.-H., Cui, B.-K., Zhou, J.-L., Wu, F., He, M.-Q., Moncalvo, J.-M., & Hyde, K. D. (2017). A six-gene phylogenetic overview of *Basidiomycota* and allied phyla with estimated divergence times of higher taxa and a phyloproteomics perspective. *Fungal Diversity*, *84*(1), 43–74. <https://doi.org/10.1007/s13225-017-0381-5>
- Zhuang, J., Xiao, Q., Feng, T., Huang, Q., Ho, C.-T., & Song, S. (2020). Comparative flavor profile analysis of four different varieties of *Boletus* mushrooms by instrumental and sensory techniques. *Food Research International*, *136*, 109485. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109485>

9 Anhang

Tab. 1: Liste der verwendeten Geräte, Hilfsmittel, Chemikalien und Nährmedien.

Bezeichnung	Hersteller/Händler
I. Geräte	
Brutschrank 25 °C Ehret RS232	Ehret GmbH Life Science Solutions, Freiburg, Deutschland
Brutschrank 30 °C Ehret RS232	Ehret GmbH Life Science Solutions, Freiburg, Deutschland
Brutschrank 37 °C Ehret RS232	Ehret GmbH Life Science Solutions, Freiburg, Deutschland
Brutschrank 42 °C Sanyo O2/CO2	Fisher Scientific GmbH, Schwerte, Deutschland
IKA Vortex Genius 3 Schüttler	IKA®-Werke GmbH & CO. KG, Staufen, Deutschland
Mettler Toledo Seven Go tragbares Einkanal-pH Messgerät	Mettler-Toledo GmbH, Wien, Österreich
Mikroskop Nikon Alphaphot YS-2	Nikon, Tokyo, Japan
Schuett phoenix II standard Sicherheits-Bunsenbrenner	Schuett-biotec GmbH, Göttingen, Deutschland
Stomacher Lab-Blender 400	Seward Ltd., Worthing, Vereinigtes Königreich
Tanita Waage KD321	Tanita Europe BV, Amsterdam, Niederlande
II. Hilfsmittel	
Cellstar Tubes 50 ml	Greiner Bio-One International GmbH, Kremsmünster, Österreich
Hartmann Peha-soft nitrile fino puderfrei Untersuchungshandschuhe Gr. M	Paul Hartmann GmbH, Wiener Neudorf, Österreich
Interscience Bag Open Taschenöffner	Interscience, Saint Nom, Frankreich
Interscience Bag Filter P	Interscience, Saint Nom, Frankreich
Messzylinder, Silberbrand, Klasse B, Boro 3.3	Brand GmbH+Co, Wertheim, Deutschland
Pasteurpipetten Glas	Brand GmbH+Co, Wertheim, Deutschland
Parafilm M 4 in. x 250 ft	Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland

Pipettenspitzen 1250 µl	Greiner Bio-One International GmbH, Kremsmünster, Österreich
Pipettenspitzen 100 µl	Greiner Bio-One International GmbH, Kremsmünster, Österreich
Raucotupf Stieltupfer	Goodwood Medical Care Ltd., Jinzhou district, Dalian, China
Sarstedt Impfschlinge 10 µl blau	Sarstedt AG&Co, Nürnberg, Deutschland
Sarstedt Impfschlinge 1 µl weiß	Sarstedt AG&Co, Nürnberg, Deutschland
Schülke mikrocid AF liquid disinfection	Schülke & Mayr GmbH, Norderstedt, Deutschland
Thermo Scientific Finnpipette F2 Pipette mit variablem Volumen 10–100 µl	Thermo Fisher Scientific GmbH, Dreieich, Deutschland
Thermo Scientific Finnpipette F2 Pipette mit variablem Volumen 100–1000 µl	Thermo Fisher Scientific GmbH, Dreieich, Deutschland
Thermo Scientific Objektträger Menzel, geschnitten	Thermo Fisher Scientific GmbH, Dreieich, Deutschland
III. Nährmedien	
ALOA-Agar	BioMérieux, Marcy-l'Étoile, Frankreich
Fraser-Bouillon	BioMérieux Marcy-l'Étoile, Frankreich
gepuffertes Peptonwasser (BPW)	Biokar, Groupe Solabia, Pantin Cedex, Frankreich
Halbfraser-Bouillon	Biokar, Groupe Solabia, Pantin Cedex, Frankreich
Hefe-Glucose-Chloramphenicol (YGC)-Agar	BioMérieux, Marcy-l'Étoile, Frankreich
MacConkey (MCK)-Agar	BioMérieux, Marcy-l'Étoile, Frankreich
Mannitol-Eigelb-Polymyxin (MYP)-Agar	BioMérieux, Marcy-l'Étoile, Frankreich
Bacillus ChromoSelect Agar	Merck KgaA, Darmstadt, Deutschland
Eigelb-Emulsion	Oxoid Deutschland GmbH, Wesel, Deutschland

Müller-Kauffmann-Tetrathionat Bouillon mit Novobiocin (MKTTn)	BioMérieux, Marcy-l'Étoile, Frankreich
Rappaport Vassiliadis Soy Broth (RVS-T)	BioMérieux, Marcy-l'Étoile, Frankreich
Sterile Ringerlösung	B. Braun, Melsungen, Deutschland
Trypto-Casein-Soja-Agar mit 0.6 % Hefeextrakt (TSAYE)	Biokar, Groupe Solabia, Pantin Cedex, Frankreich
Xylose Lysine Deoxycholate (XLD)-Agar	BioMérieux, Marcy-l'Étoile, Frankreich
IV. Test-Reagenzien	
Cytochrom-Oxidase-Reagenz	BioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen, Deutschland
Kalium-Hydroxid (KOH; 3 %)	Merck KgaA, Darmstadt, Deutschland
Katalase-Reagenz (3 %)	Merck KgaA, Darmstadt, Deutschland
Nigrosin-Färbelösung	Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA
Technischer Puffer pH 4,01	Mettler-Toledo GmbH, Wien, Österreich
Technischer Puffer pH 7,00	Mettler-Toledo GmbH, Wien, Österreich

Tab. 2: Protokoll zur sensorischen Untersuchung von frischen Speisepilzen mittels Skala und Messung des pH-Wertes.

Proben-Id.:		Einkaufstag/Untersuchungstag:		Bemerkung	
Pilzart:					
Aussehen	Farbe typisch, keine Flecken und Verfärbungen				
	Pilz ist nicht trocken, Hut hat keine Trockenränder				
	Lamellen sind nicht mazeriert und nicht verfärbt				
Konsistenz und Textur	fest bis elastisch				
Geruch	rein, geruchlos, pilztypisch (off-odour = ohne Abweichungen)				
Gesamtpunktzahl	Summe	Wichtung/Anzahl der Parameter			
Allgemeine Bewertung	pflanzliche Anteile*	> 0,3/8,0 %	Mineralische Verunreinigung*	< 1,0/0,5 %	
	Anteil madengeschädigter Pilze insgesamt*	> 6,0/1,0 %	Anteil stark madengeschädigter Pilze insgesamt*	> 2,0/0,5 %	
pH-Wert	pH 1:				
	pH 2:				
	Mittelwert:				

Bewertung: 1: trifft überhaupt nicht zu, 2: trifft eher nicht zu, 3: trifft merklich eingeschränkt zu, 4: trifft leicht eingeschränkt zu, 5: trifft vollkommen zu

* Die Anteile wurden geschätzt (Wild-/Kulturpilze)

Tab. 3: Übersicht über die mikrobiologischen Ergebnisse der untersuchten Pilzproben.

Pilzart (Trivialname)	AMC	EB	SP	Hefen	BC	<i>Listeria</i> spp.	<i>Salmonella</i> spp.
<i>Cantharellus cibarius</i> (Eierschwammerl)*	9,0 ± 0,6^a (7,6–10,5) ^b	6,0 ± 1,6 (1,0–8,6)	2,4 ± 1,3 (1,0–6,0)	5,7 ± 1,4 (1,0–8,2)	0,4 ± 0,7 (0,1–2,9)	ND	ND
<i>Boletus edulis</i> (Steinpilz)*	5,2 ± 1,4 (2,0–8,4)	4,1 ± 1,6 (1,0–7,5)	2,5 ± 0,7 (1,0–4,5)	4,2 ± 1,1 (2,0–6,3)	0,8 ± 0,9 (0,1–2,7)	ND	ND
<i>Macrolepiota procera</i> (Parasol)*	9,9 ± 0,6 (9,4–10,5)	8,7 ± 0,0 (8,7–8,8)	2,8 ± 0,5 (2,3–3,3)	5,4 ± 0,4 (5,0–5,8)	<0,1	ND	ND
<i>Pleurotus ostreatus und eryngii</i> (Austern- und Kräuterseitling), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)**	8,2 ± 1,7 (4,9–10,2)	6,3 ± 1,8 (3,7–8,2)	2,1 ± 0,8 (1,0–3,3)	5,1 ± 1,5 (3,5–7,2)	<0,1	ND	ND

Abkürzungen: * Wildpilze; ** Kulturpilze; AMC: aerobe mesophile Keimzahl; EB: *Enterobacteriaceae*; SP: Schimmelpilze; BC: präsumptive *Bacillus cereus* (0,1 log KbE/g Nachweisgrenze); ND: nicht detektiert

Mittelwerte in log KbE/g; ^a Mittelwert ± SD; ^b Minimum – Maximum