MRI
Max Rubner-Institut

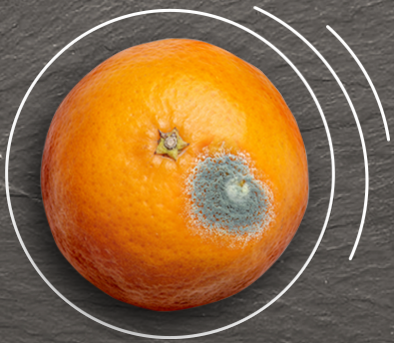
Die geheime Welt der

Schimmelpilze

Wissenschaftlich nicht exakt definiert

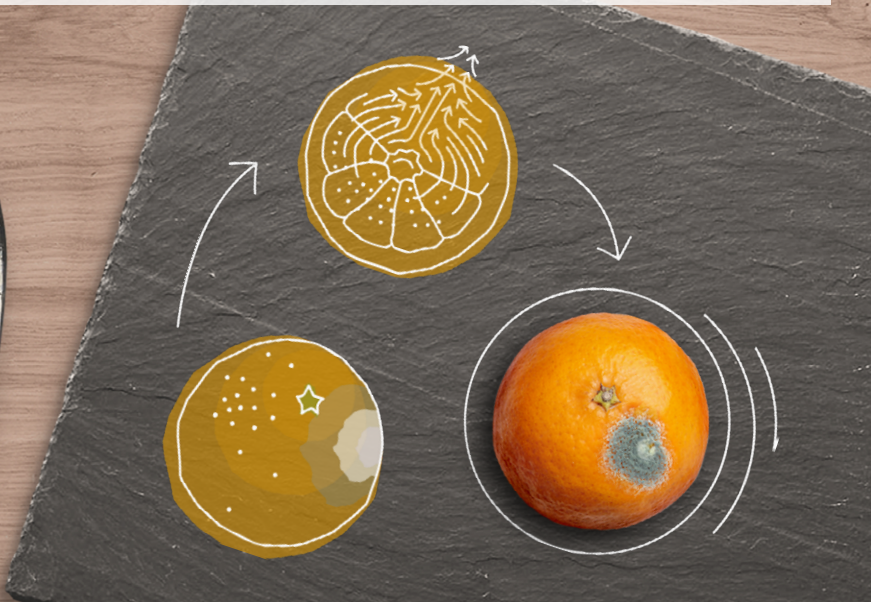
Schimmelpilze

Sie sind überall und jederzeit: Schimmelpilzsporen. Bleibt ein Brotrest bei warmer Witterung liegen, so scheint sich fast über Nacht ein grüner Rasen darauf auszubreiten, Erdbeeren bekommen im Sommer schon nach kürzester Zeit einen feinen weißen „Pelz“ und selbst im Kühlschrank fühlen sich die verschiedensten Schimmelpilze auf Käse, Wurst oder Marmelade schon bald ganz offensichtlich wohl. Auch wenn der Begriff „Schimmelpilze“ in aller Munde ist, so ist es dennoch schwierig, für sie eine eindeutige wissenschaftliche Definition zu finden. Umgangssprachlich versteht man darunter schlicht die Pilze, die mit ihren „Pilzfäden“ ein Geflecht bildend sichtbar an der Oberfläche von organischen Materialien, also etwa Lebensmitteln, regelrechte Rasen bilden.



Das Wesentliche ...
ist für das Auge unsichtbar

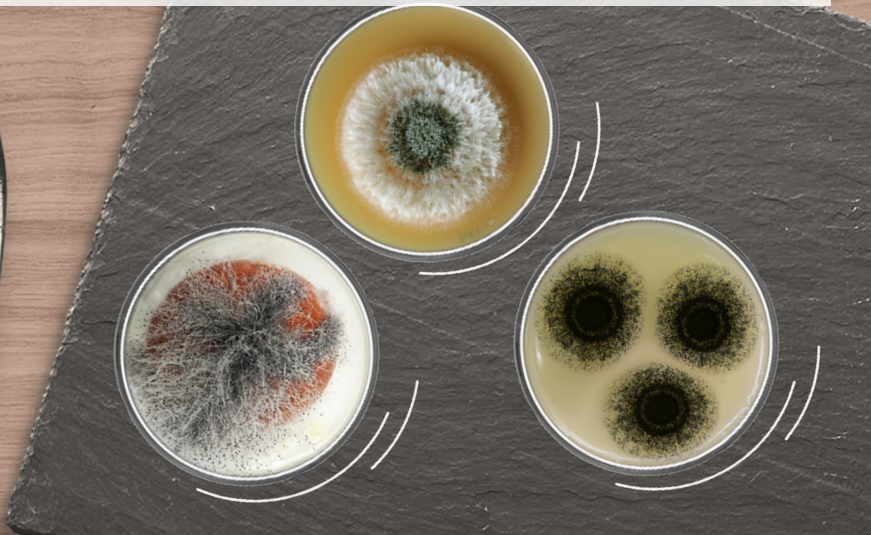
Verletzungen, Einstiche oder Risse sind ideale Bedingungen für die Besiedelung durch Pilze. Manche Schimmelpilzarten können Lebensmittel aber auch durch intakte Oberfläche infizieren. Zuerst wird eine Infektionshyphe, ein stabiler Pilzfaden, durch das Gewebe getrieben und schon kann das Wachstum eines Pilzgewebes, dem Myzel, losgehen. Irgendwann geht der Pilz in die Vermehrungsphase über, dann ist das Lebensmittel schon mehr oder weniger vollständig vom Pilzgeflecht durch- und überwuchert. Auf dem Gewebe bildet sich der wohlbekannte Pilzrasen, der oft auffällig grün oder schwarz-grau gefärbt ist. Wenn die Sporen in die Luft entlassen werden, sieht es aus, als ob der feine Pilzpelz staubt ...



Die Vielfalt lebt

Schimmelpilze sind ein elementarer Bestandteil der Biosphäre. Als zahlenmäßig zweitgrößte Organismengruppe der terrestrischen Biosphäre, direkt nach den Pflanzen, sind Pilze für eine Vielzahl bedeutender Stoffumwandlungsprozesse verantwortlich. Unter anderem bauen sie organisches Material ab und machen Nährstoffe damit für andere Lebewesen verfügbar.

Pilze kommen sowohl als Verderbserreger, Humanpathogene, Pflanzenpathogene und auch als Produzenten von pharmakologisch und toxikologisch relevanten Stoffwechselverbindungen wie Antibiotika und Mykotoxinen überall auf dem Planeten vor: in und auf dem menschlichen und tierischen Körper, in und auf dem Erdsubstrat, der Luft und auch in und auf Pflanzen. Vornehmlich befallen Pilze als Schaderreger bereits vorgeschädigte Pflanzen, oder überreife Früchte und führen dort zu Verderb und der Bildung giftiger Stoffwechselprodukte.



Genuss und Gefahr

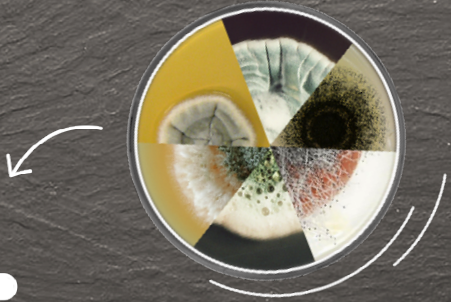
Aroma dank Schimmel

Den wohl drei- bis viertausend Käsesorten auf dem Markt ist gemeinsam, dass sie mit Hilfe von Mikroorganismen hergestellt werden. Besonders wichtig sind Milchsäurebakterien, die aus der Lactose (Milchzucker) der Milch Säure bilden und dadurch das Eiweiß ausflocken. Für den spezifischen Geschmack kommen jedoch nicht selten Schimmelpilze zum Einsatz. Käse mit Edelschimmel oder Rotschmiere sind etwas ganz Besonderes: die Schicht aus Mikroorganismen gibt den Spezialitäten nicht nur ein einzigartiges Aussehen und verleiht diesen das Extra-Aroma, sondern schützt die Käse auch vor bakteriellem Verderb. Früher war man ausschließlich auf natürlich vorhandene Schimmel, Hefen und Bakterien in der Käserei angewiesen; für eine bessere Gewährleistung der Käseherstellung und -qualität gibt es heute für alle Käsesorten spezielle Kulturen, die der natürlichen „Käsemikroflora“ nachempfunden sind.

Gefahr und Nutzen

Schimmelgift gegen Cholesterin

Die Entdeckung des Penicillins, produziert von einem Schimmelpilz, war ein Meilenstein für die Medizin. Weniger bekannt ist, dass ein Inhaltsstoffe des Rotschimmels, der unter anderem auch für die Produktion von Rotschimmelkäse eingesetzt wird, als erster Cholesterin-Senker entdeckt wurde. Aber es zeigte sich bald, dass die damals eingesetzte Substanz, Citrinin, das Cholesterin im Blut der Menschen zwar wirksam senkte und sogar antibiotische Wirkung zeigte, aber zugleich schwere Nierenschäden verursachen konnte. Dennoch war dies der Startschuss für einen wichtigen Forschungsbereich: immer neue Substanzen wurden in Pilzen gefunden und ihre Wirkung eingehend geprüft. Die heutigen Statine sind zwar aus dem Reagenzglas, gehen dennoch auf diese Pilz-Inhaltsstoffe zurück, so etwa die Substanzen Rosuvastatin, Simvastatin oder Atorvastatin. Durch Blockade eines Enzyms hemmen alle diese Substanzen die Synthese von Cholesterin im Körper.



Gefahr und Nutzen

Gefährliche Schimmelpilz-Gifte

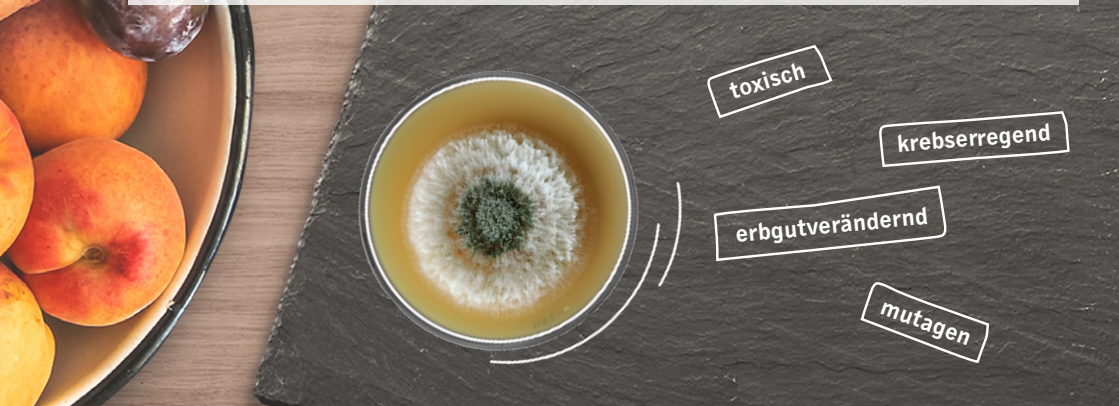
Während das Pilzmyzel, also der eigentliche Körper vieler Pilze, ungefährlich ist (bei einigen ist allerdings auch dieser giftig und fast immer können Bruchstücke allergische Reaktionen auslösen), stellen die giftigen Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen, die Mykotoxine, ein entscheidendes Problem für die Sicherheit vieler Lebens- und Futtermittel dar. Nach aktuellen Schätzungen sind je nach Produktgruppe zwischen 25 und 70 Prozent der jährlichen Welternte mit Mykotoxinen belastet und sollten weggeworfen werden. Es gibt noch keine umfassenden Konzepte, um Mykotoxin-Kontaminationen in Lebensmitteln effektiv und nachhaltig zu vermeiden. Aber durch Kenntnis der optimalen Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze und der genetischen Steuerung der Mykotoxinbildung, lassen sich wirksame Vermeidungsstrategien entwickeln. Dort, wo die Vermeidung noch nicht möglich ist, sind Kontrollen auf Mykotoxine, wie etwa das Aflatoxin sehr wichtig.

> **Schimmel erhöht Krebs-Risiko**
>
> Hessische/Niedersächsische Allgemeine Zeitung

> **Wie krank macht Schimmel? Mit den Pilzen wuchert die Angst**
>
> Süddeutsche Zeitung

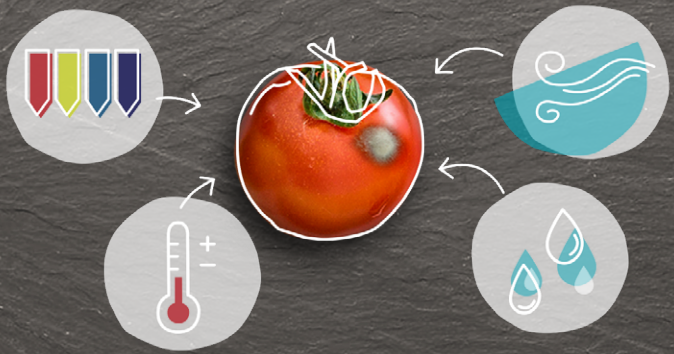
Mykotoxine – das pure Gift

Ein Pilzgift, dass zu den toxischsten natürlichen Substanzen zählt, ist Gegenstand des internationalen Kooperationsprojekt AflaZ, das vom Max Rubner-Institut koordiniert wird: Das Aflatoxin. Feuchtwarmes Klima, wie es in vielen Ländern Afrikas vorkommt, bietet Schimmelpilzen wie *Aspergillus flavus*, der das Gift erzeugt, optimale Wachstumsbedingungen und kann zu einer hohen Belastung von Lebens- und Futtermitteln mit dem stark krebserregenden Schimmelpilzgift Aflatoxin führen. Mit den Futtermitteln aus südlichen Ländern wird die Gefahr auch nach Europa exportiert. Zudem zeigt sich, dass mit der Klimaerwärmung besonders problematische Wärme-liebende Pilze wie eben *Aspergillus flavus* zunehmend auch in Deutschland zum Problem werden können und Lebensmittel auch hierzulande zukünftig mit Aflatoxin kontaminiert sein können. Mykotoxine sind häufig krebserregend, nierenschädigend oder können die Leber beeinträchtigen. Manchen Mykotoxinen wird eine erbgutverändernde Wirkung zugeschrieben, andere wirken wiederum wie Hormone und beeinträchtigen die Fruchtbarkeit. Das Problem: nachträglich beseitigen lassen sich Mykotoxine aus Lebensmitteln kaum. Sie sind selbst bei Temperaturen von 300 Grad stabil und können häufig auch kalte Temperaturen und Trockenheit überdauern.



Einflussfaktoren auf die Mykotoxinbildung

Aufgrund ihrer gesundheitsschädlichen Wirkungen, sind für wichtige Mykotoxine EU-weit Grenzwerte erlassen worden. Die Einhaltung dieser Grenzwerte wird regelmäßig stichprobenartig untersucht und ist somit für das Inverkehrbringen bestimmter pflanzlicher Rohprodukte oder Lebensmittel eine wichtige Voraussetzung. Die Mykotoxinbildung hängt, ebenso wie die Pilzentwicklung, von äußeren Einflüssen wie Licht und Temperatur ab, aber auch der Feuchtigkeit und dem pH-Wert eines Lebensmittels. Zudem sind innere Faktoren, wie die Wachstumsphase und der Nährstoffstatus der Pilzzelle wichtig. Daher kann auch bei sichtbar verschimmelten Lebensmitteln zuweilen keine Mykotoxin-Kontamination nachgewiesen werden. Umgekehrt kann ein Lebensmittel mit Mykotoxinen kontaminiert sein, obwohl es kaum einen sichtbaren Schimmelbefall aufweist. Während chemisch-analytische Methoden zum Nachweis von Mykotoxinen eine Endpunktkontrolle darstellen, erlauben molekularbiologische Analysen der genetischen Ebene eine frühzeitige Kontrolle, im besten Fall sogar Vorhersage der Mykotoxinbildung.



MRI
Max Rubner-Institut

Das Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, hat die Aufgabe, das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) bei Entscheidungen mit wissenschaftlicher Expertise zu unterstützen und zugleich die Erkenntnisse auf dem Gebiet der Ernährungs- und Lebensmittelforschung „zum Nutzen des Gemeinwohls“ zu erweitern.

Das Max Rubner-Institut mit seinen vier Standorten gehört zum Geschäftsbereich des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und ist im Rahmen seiner Aufgaben wissenschaftlich selbstständig.

Kontakt
Max Rubner-Institut
Haid-und-Neu-Straße 9, 76131 Karlsruhe
Telefon: +49 (0)721 6625-0
E-Mail: kontakt@mri.bund.de
Internet: www.mri.bund.de
Twitter: @MRI_Aktuelles

Impressum
Redaktion: Dr. Iris Lehmann
Texte: PD Dr. Markus Schmidt-Heydt und Dr. Iris Lehmann
Gestaltung: Nicole Hillebrand

Bildquellen:
© Spaceinteractive.de/Kalinka & Pfahl; Max Rubner-Institut; Graffiti/Jo Röttgers; iStockphoto.com/Armastas, Mustaffa Kamal Iklil; Fotolia.de/Artalis-Kartographie; Pexels.com/Emma Jones, Karolina Grabowska, monicore; Unsplash.com/Mockup Graphics, NordWood Themes, Sincerely Media, Simon Berger, Gaelle Marcel, Ernest Karchmit, Kevin Doran

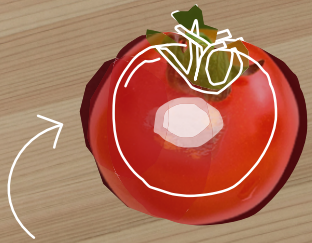
MRI
Max Rubner-Institut

Was tun gegen Schimmel?

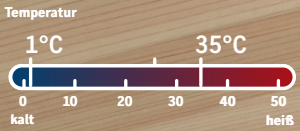
Vermeiden statt Wegwerfen

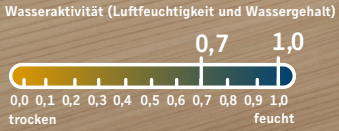
Was tun gegen Schimmel?

Welcher Pilz sich auf Tomaten, Orangen oder Apfel ausbreitet, ist kein Zufall, sondern das Ergebnis eines harten Wettbewerbs unter den Spezies. Entscheidend dafür, welcher Pilz gewinnt, ist nur zum Teil ein Ergebnis der optimalen Anpassung an den jeweiligen Nährboden, wichtige Faktoren sind zum anderen die äußeren Bedingungen. Lichtexposition, Temperatur, Feuchtigkeit und der pH-Wert schränken ein, wo Pilze überhaupt wachsen können und welcher Pilz sich wo durchsetzt. Durch ihre Vielfalt können Schimmelpilze zwar fast überall siedeln, doch wenn es allzu heiß und trocken wird, stößt ihre Anpassungsfähigkeit an Grenzen. Ein Ansatz für Vermeidungsstrategien ...



Schimmelpilz:
Alternaria

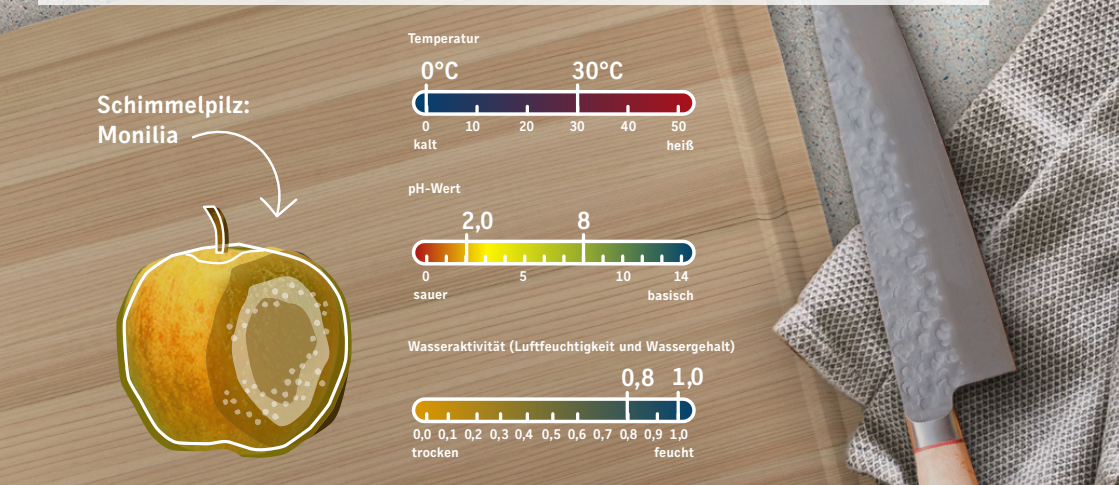




Gefahr und Nutzen

Gefährliche Schimmelpilz-Gifte

Der Alternaria-Pilz, der häufig für die braunen, schnell an Größe zunehmenden Flecken auf Tomaten verantwortlich ist, ist schon bei einem Grad lebensfähig. Je wärmer es wird, desto angenehmer findet es der Pilz, vorausgesetzt, die Luftfeuchtigkeit ist ebenfalls hoch. Allerdings endet die Wohlfühlzone bei etwa 25 bis 30 Grad. Über 35 Grad ist es zu heiß für Alternaria. Das Temperatur-Spektrum des Monilia-Schimmels, dessen konzentrische Kreise jeder schon auf Äpfeln gesehen hat, ist im Vergleich dazu nur leicht verschoben: Deren Wärmetoleranz endet bereits bei 30 Grad, dafür halten diese Pilze aber auch Null Grad zeitweilig aus. Aspergillus flavus, einer der Pilze, die das hochgiftige Aflatoxin produzieren, kann von 3 bis 50 Grad überleben. Sein Temperatur-Optimum liegt bei etwa 35 Grad. Entsprechend ist der Pilz in südlichen Ländern stärker verbreitet. Schon heute ist jedoch erkennbar, dass ihm die zunehmende Erwärmung der Erde die Wanderung immer weiter gen Norden ermöglicht.



So macht man Pilzen das Leben schwer

Säure und Sauerstoffentzug

Während sich zum Beispiel Milchsäurebakterien gerade dort wohlfühlen, wo der Sauerstoff knapp wird, brauchen viele Schimmelpilze Sauerstoff zum Leben. Und auch beim pH-Wert sind diesen Pilzen Grenzen gesetzt. Wird es zu sauer, ziehen sie sich zurück und überlassen anderen das Feld. Diese Grenzen des Schimmelwachstums, dazu die Empfindlichkeit gegen extreme Temperaturen und vor allem Trockenheit haben zu zahlreichen Haltbarmachungsmethoden geführt: beim Marmeladekochen, aber auch beim Einlegen von Fleisch in Salz entzieht man dem Lebensmittel Flüssigkeit und macht diese für Pilze unattraktiv. Beim Dörren geschieht dies auf physikalische Art. Besonders wirksam ist aber auch die Säuerung von Lebensmitteln in Kombination mit Sauerstoffentzug, typisch für das Sauerkraut-Einlegen oder der Produktion von sauer eingelegten Gürkchen oder Salzgurken.

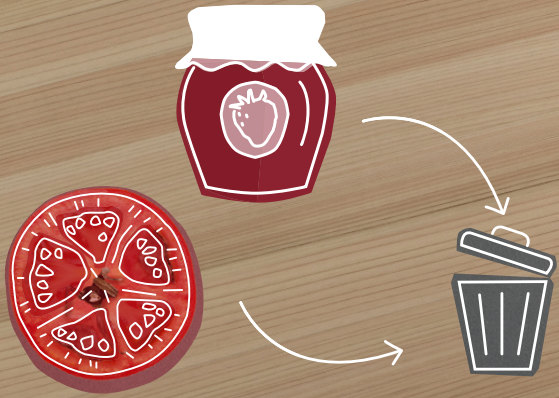
Schutz vor Schimmel durch Sauerstoffentzug

Saure Salzgurken

Einlegen von Gemüse verringert den Verderb insbesondere durch Entzug von Sauerstoff. Neben dem Klassiker Sauerkraut werden auch eingelegte Gurken und fermentierter Kürbis bis heute häufig verzehrt. Entscheidend für das Gelingen ist es, die Gurken oder das Gemüse im Einmachtopf so zu beschweren, dass kein Sauerstoff an das von leicht salzigem Wasser umspülte Lebensmittel kommt. Dann können die Milchsäurebakterien ihr Werk beginnen und zart säuerlich schmeckende Gurken produzieren. Säure und Luftabschluss sorgen gemeinsam für eine Schimmel-freie Zone.

Was tun, wenn’s schimmelt? Wegwerfen?

Nicht alle Lebensmittel, auf denen sich ein weißer Flaum, oder eine kleine grüne Stelle zeigt, müssen komplett weggeworfen werden – einige aber doch. Dazu gehört – leider – auch das Brot. Das Pilzmyzel kann durch die poröse Struktur von Brot und Brötchen sehr gut wachsen. Das Auge ist hier leider nicht verlässlich: auch wenn der Schimmel nur an einer winzigen Stelle sichtbar wird, kann doch das ganze Brot durchwachsen sein – das haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Max Rubner-Institut schon oft zeigen können. Ob es sich dabei um einen gefährlichen Pilz handelt, kann man selbst als Expertin oder Experte oft nicht ohne entsprechende Geräte entscheiden und ob dieser bereits giftige Mykotoxine abgesondert hat, ist leider nicht zu sehen, zu riechen oder zu schmecken … Verschimmeltes Brot darf auch keinesfalls als Tierfutter verwendet werden: Tiere reagieren ebenso empfindlich, teilweise sogar noch empfindlicher auf das Gift wie Menschen.



Was tun, wenn’s schimmelt? Abschneiden? Abstechen?

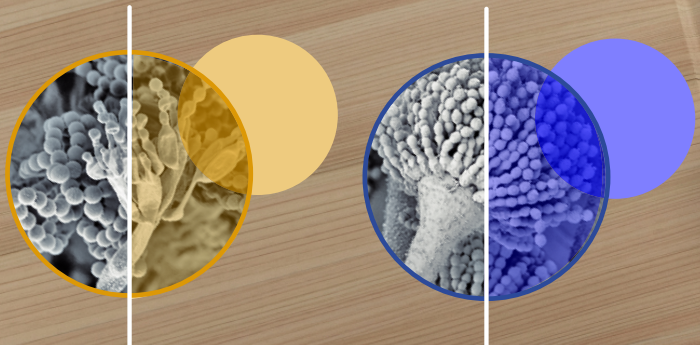
Nur bei Hartkäse ist es eine sichere Sache, den Schimmel weiträumig abzuschneiden. Vor allem, wenn im Käsefach auch Edelschimmel lagert, ist es relativ wahrscheinlich, dass sich dieser auf dem für ihn verführerischen Terrain angesiedelt hat. Zudem kann Schimmel Hartkäse nur sehr schwer durchwachsen. Dies gilt auch für trockene Wurst, wie luftgetrocknete Salami. Bei Marmelade wird der Fall schon komplizierter: in Marmelade, die 50 Prozent und mehr Zucker enthält, kann sich Schimmel nur schwer in die Tiefe weiterentwickeln. Aber weil es ihm mitunter doch gelingt, sollte verschimmelte Marmelade ebenfalls weggeworfen werden. Zumal es auch nicht erstrebenswert ist, Marmelade mit einem so hohen Zuckeranteil zu verzehren. In Früchten, wie Äpfel, Tomaten, Erdbeeren, Orangen kann der Schimmel gut einwachsen – je feuchter die Frucht ist, desto schneller und ungestörter. Zwar scheinen sich Mykotoxine nach Untersuchungen des Max Rubner-Instituts in Apfelgewebe nicht beliebig fortbewegen zu können, sondern enden schon nach etwa zwei Zentimetern, aber darauf sollte man sich vielleicht besser nicht verlassen. Alle sehr saftigen Früchte, Kirschen, Orangen, Tomaten, Gurken gehören, wenn sie schimmlige Stellen haben, in jedem Fall in den Müll. Bei schimmligen Himbeeren empfehlen die Wissenschaftler die betroffene Beere samt direkter Nachbarn (auch dann, wenn diese selbst augenscheinlich noch nicht schimmeln) zur Sicherheit lieber wegzuwerfen – den Rest kann man essen. Und nochmal zur Erinnerung: kochen, backen, sieden und Co. nutzt gegen die meisten Mykotoxine leider nichts – das Gift der Pilze ist ausgesprochen stabil und hitzebeständig.

Mit Licht gegen Schimmel

Wissenschaftler des Max Rubner-Instituts untersuchen die genetische Regulation der Mykotoxinbildung unterschiedlicher Schimmelpilzspezies auf relevanten Lebensmitteln. Hierbei werden verschiedene Einflussfaktoren einbezogen. Im Rahmen laufender Forschungsarbeiten wurden die vollständigen Genome wichtiger lebensmittelrelevanter Schimmelpilzspezies sequenziert und vergleichend analysiert. Es konnten Mykotoxin-Gencluster in den Pilzen identifiziert und untersucht werden. Zudem wurden Gene und Signalwege charakterisiert, die in eine aktive Mykotoxinbildung involviert sind. So wurde zum Beispiel herausgefunden, dass Licht einer bestimmten Wellenlänge einen starken Einfluss auf das Wachstum von Schimmelpilzen und die Mykotoxinbildung haben kann. Schimmelpilze können über sogenannte Lichtrezeptoren Licht unterschiedlicher Wellenlänge und Intensität wahrnehmen. Nachgeschaltete Signalkaskaden werden in ihrer Aktivität beeinflusst. Diese Rezeptoren konnten in Fusarien, Aspergillen, Alternarien und Penicillien nachgewiesen werden.

Blaues Licht hemmt Schimmel und Mykotoxinbildung

Blaues Licht hemmt Schimmel? So einfach? Leider nicht ganz: Licht im blauen, weißen und roten Wellenlängenbereich wirkt unterschiedlich stark hemmend auf das Wachstum und die Mykotoxinbildung von Penicillien. Gelbes Licht und grünes Licht fördern diese jedoch eher. Fusarien und Aspergillen werden wiederum in anderen Wellenlängenbereichen gehemmt, weil sie in der Lage sind, Lichtschutzpigmente wie Carotine und Melanine zu bilden, um sich so vor dem Einfluss der Lichtstrahlen zu schützen. So weit, so kompliziert: dennoch hat sich der Ansatz, Schimmelpilze mit Licht zu hemmen, bereits als tragfähig erwiesen. Allein die Hemmung, die blaues Licht auf Aflatoxin-bildende Pilze, die auf der Oberfläche eines Lebensmittels wachsen ausübt, macht diese Technik angesichts der extremen Gefährlichkeit des Pilzgiftes interessant. Zumal erste Untersuchungen Hoffnungen wecken, dass diese High-Tech auch als Low-Tech – zumindest auf einem gewissen Niveau – funktioniert. Wenn starkes Sonnenlicht durch blaue Glasscheiben auf das Erntegut fällt, scheint schon dieser Impuls, am besten in Kombination mit Trockenheit, die Pilzentwicklung zu hemmen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Max Rubner-Instituts arbeiten daran ...



Konzertierte Aktion gegen Aflatoxinprobleme in Kenia

Zwischen 25 und 70 Prozent der jährlichen Welternte an pflanzlichen Produkten, abhängig von der Produktgruppe, wird durch Schimmelpilze und deren Mykotoxine verdorben. Verstärkt durch die Klimaerwärmung gefährden Schimmelpilze zunehmend die globale Nahrungsmittelversorgung. Regionen mit feuchtwarmem Klima sind von Lebensmittelverderb durch Schimmelpilze besonders stark betroffen. In afrikanischen Ländern, wie zum Beispiel Kenia, kommt es durch Verunreinigung von Lebensmitteln, wie Mais und Milch, mit Aflatoxin-Mykotoxinen regelmäßig zu Todesfällen in der Bevölkerung. Das von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderte und vom Max Rubner-Institut koordinierte Welternährungsprojekt AflaZ untersucht die Ursachen der Aflatoxinbelastung in Kenia und unterstützt die Ernährungssicherung der lokalen Bevölkerung durch optimierte Anbau- und Lagerungsstrategien, sowie innovative und nachhaltige Präventionsmethoden gegen Schimmelbefall und Aflatoxin-Kontaminationen kenianischer Mais-Felder. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit eines internationalen Forschungskonsortiums aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Max Rubner-Institut, Julius Kühn-Institut, Friedrich-Loeffler-Institut, der Universität Landau, sowie den Kenianischen Partnerinstitutionen EAFF (Eastern Africa Farmers Federation) und KALRO (Kenya Agricultural and Livestock Research Organization), konnten die Ursachen der Aflatoxinbelastung in Lebensmitteln in Kenia bereits reduziert werden.