

Vom Erzeuger zum Verbraucher Individuelle Lösungen zur Erfüllung der Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit

Lebensmittelsicherheit



Publikation
Lebensmittelsicherheit

Vom Erzeuger zum Verbraucher
Individuelle Lösungen zur Erfüllung der Anforderungen an die
Lebensmittelsicherheit

Der Zugang zu sicheren und nahrhaften Lebensmitteln ist entscheidend für den Erhalt des Lebens und der Gesundheit. Der Weltgesundheitsorganisation zufolge erkranken weltweit jedes Jahr rund 600 Millionen Menschen durch den Verzehr verunreinigter Lebensmittel, von denen 420.000 an den Folgen sterben. Bei fast einem Drittel dieser Todesfälle sind Kinder im Alter unter fünf Jahren betroffen. Am häufigsten sind Durchfallerkrankungen die Folge eines Konsums verunreinigter Lebensmittel. Die Lieferketten von Lebensmitteln bestehen oft über nationale Grenzen hinweg. Eine gute Zusammenarbeit zwischen Regierungen, Herstellern und Verbrauchern in Kombination mit ausreichenden Untersuchungen auf Verunreinigungen durch Lebensmittelpathogene und toxische Verbindungen sowie den Nährstoffgehalt können wesentlich zur Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln beitragen.

Die Nahrungskette beginnt in der Regel auf einem Hof innerhalb des Landwirtschaftssektors. Von hier gelangen die meisten Nahrungsmittel zunächst zu Lebensmittel- und Getränkeherstellern zur weiteren Verarbeitung und daraufhin zu Einzelhändlern oder Verbraucherdiensten, bis sie schließlich den Endverbraucher erreichen. Auf diesem Weg vom Erzeuger zum Verbraucher gehen Lebensmittel durch viele Hände, wie Groß- und Zwischenhändler, Transport- oder Lagerunternehmen.

Strategien zur Lebensmittelsicherheit beschränken sich jedoch nicht nur auf die Sicherheit von Lebensmitteln, die für den Verzehr durch den Menschen vorgesehen sind, sondern schließen auch Futtermittel, die Gesundheit und den Schutz der Tiere sowie den Pflanzenschutz ein. Über den gesamten Prozess vom Erzeuger bis zum Verbraucher muss sichergestellt sein, dass Lebensmittel vollständig nachverfolgbar sind, insbesondere über internationale Transportwege.

Die Analytik Jena GmbH und ihr Mutterkonzern Endress+Hauser bieten Produkte, die den Anforderungen der Lebensmittelindustrie und den betreffenden Bestimmungen mit ihren hohen Standards gerecht werden. Von der landwirtschaftlichen Primärproduktion über die Verarbeitung bis hin zum Verbraucher ist es unabdingbar, dass die Standards für Lebensmittelqualität und -sicherheit stets erfüllt werden, was dank deskombinierten Einsatzes der Produkte von Endress+Hauser und Analytik Jena möglich ist.

Publikation Lebensmittelsicherheit

Landwirtschaftliche Primärproduktion

Bodenbeschaffenheit und Düngemittel

Die Qualität der Böden und Düngemittel, die zur Unterstützung des Wachstums und der Vielfalt der für den Verzehr vorgesehenen landwirtschaftlichen Produkte eingesetzt werden, spielt eine zentrale Rolle für die Qualität der Lebensmittel, die in den Supermarktregalen angeboten werden. Die analytischen Instrumente von Analytik Jena sind speziell auf die hohen Anforderungen der Branche ausgerichtet und ermöglichen die schnelle und umfassende chemische Untersuchung von Böden und Düngemitteln. Das schließt beispielsweise die Bestimmung und Quantifizierung von toxischen Metallen wie Cadmium, Blei, Arsen, Quecksilber und Chrom ein, die über die Lebensmittel zum Endverbraucher gelangen könnten.

Die Geräte der **PlasmaQuant**-Familie für die Elementanalyse mittels ICP-OES und ICP-MS von Analytik Jena messen toxische Metalle selbst im Ultraspurenbereich zuverlässig und somit weit unterhalb der in Europa geltenden und durch andere wichtige Bestimmungen vorgeschriebenen Werte. Der große lineare Bereich dieser Geräte ermöglicht darüber hinaus die Bestimmung zahlreicher lebenswichtiger Elemente und Nahrungsbestandteile, wie u. a. Calcium, Magnesium, Kalium, Eisen, Selen, Zink, Kupfer, Schwefel und Phosphor, um nur einige zu nennen.

Für Labore mit kleinerem Probenaufkommen, geringeren Anforderungen hinsichtlich der zu bestimmenden Elemente oder einem niedrigeren Budget bieten Atomabsorptionsspektrometer (AAS) eine kosteneffektive Alternative, die im Vergleich zu den ICP-Techniken einen geringeren Kapitalaufwand erfordert. Kombinierte Flammen- und Graphitofensysteme sind ebenso in der Lage, Haupt-, Neben- und Spurenelemente zu bestimmen, wengleich mit Abstrichen bei der Probenanalysezeit.

Die Messung der Gesundheit von Böden, auf denen Nahrungs- und Futtermittelpflanzen angebaut werden, ist nicht nur entscheidend für die Maximierung der Erträge, sondern auch für die Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte für die Konzentration toxischer Metalle. Gleiches gilt für Düngemittel, denn hier sind beispielsweise das richtige NPK-Verhältnis (also Stickstoff, Phosphor und Kalium) sowie weitere essenzielle Elemente maßgebend, um die beste Mischung für bestimmte Pflanzen zu erhalten. Zugleich sind Düngemittel jedoch auch eine potenzielle Quelle für toxische Metalle.

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Tabelle 1: Messung unterschiedlicher Elemente in Bodenproben mit dem PlasmaQuant® PQ 9000 ICP-OES

Element	Linie nm	Bodenaufschlussgehalt in mg/kg		RSD %	Nachweisgrenze mg/kg
		Messwert	Erwartungswert		
As	188,9790	8,23 ± 0,04	8,5	0,1	0,05
Ca	315,8869	41.800 ± 100	42.000	0,3	-
Cd	214,4410	0,233 ± 0,04	0,24	4	0,015
Cd	228,8018	0,232 ± 0,07	0,235	2	0,03
Cr	267,7160	27,45 ± 0,05	27,6	0,6	0,04
Cu	327,3960	17,5 ± 0,1	17,2	0,2	0,1
K	766,4911	1.890 ± 30	1.900	1	-
Mg	279,0777	5.960 ± 10	6.000	0,1	-
Ni	231,6036	24,73 ± 0,03	24,50	0,1	0,05
P	177,4340	920 ± 10	900	1	-
Pb	220,3534	23,4 ± 0,2	23,0	0,3	0,35
Tl	190,7960	0,17 ± 0,06 (< LOQ)	-	18	0,075 (LOQ 0,22)
Zn	206,2000	60,4 ± 0,2	60,0	0,2	0,025

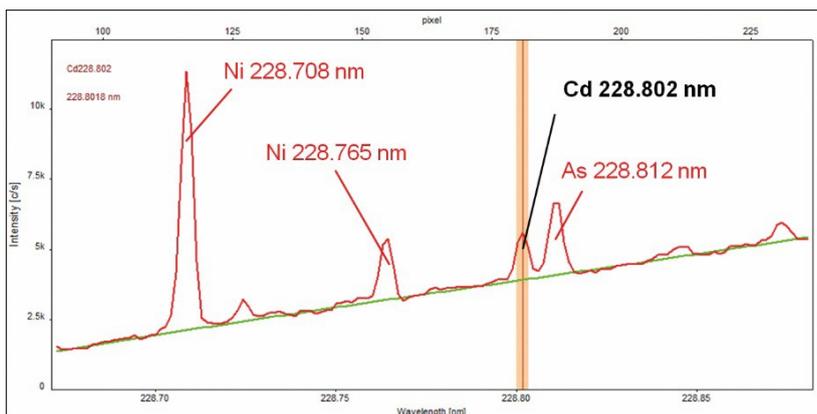


Abbildung 1: Simultane Bestimmung von Cd, As und Ni mit dem PlasmaQuant PQ 9000 ICP-OES mit automatischer Untergrundkorrektur (grün)

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff in Böden und Düngemitteln ist ebenfalls ein wichtiger Faktor, da die organischen Verbindungen durch Mikroorganismen biologisch abgebaut werden. Es entstehen organische Säuren, die in erheblichem Maße zur Mobilisierung von Schwermetallen durch Komplexbildung beitragen, die daraufhin in die tieferen Erdschichten und das Grundwasser gelangen. Ein Messgerät zur Elementaranalyse wie der **multi EA® 4000** von Analytik Jena ermöglicht die vollautomatische Messung des gesamten anorganischen Kohlenstoffs (TIC – Total Inorganic Carbon), des gesamten Kohlenstoffs (TC – Total Carbon) und des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC – Total Organic Carbon) in Düngemitteln und Böden.

Tabelle 2: Ergebnisse der TIC-, TC- und TOC-Bestimmung in Düngemittel- und Bodenproben

Probe	TIC [%]	TC [%]	TOC [%]
Dolomit	12,41 ± 0,35	12,24 ± 0,35	0,00 ± 0,00
Calciumsulfat	0,82 ± 0,05	0,96 ± 0,05	0,20 ± 0,05
Düngerkörner	0,57 ± 0,06	0,69 ± 0,03	0,13 ± 0,05
Referenzmaterial für Bodenproben	11,8 ± 1,54	55,6 ± 2,24	46,7 ± 2,81
Bodenreferenzwerte	12,0	55,8	47,0

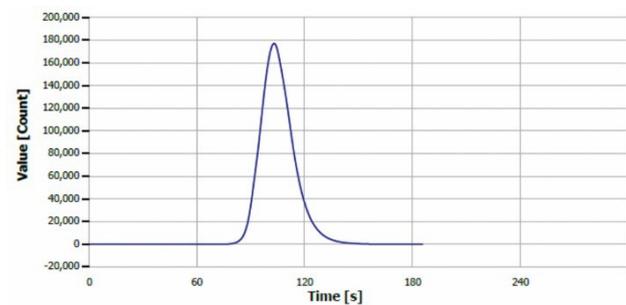
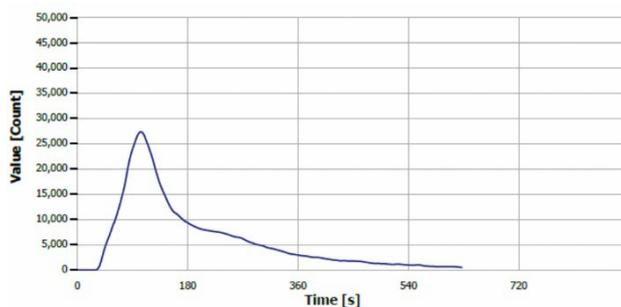
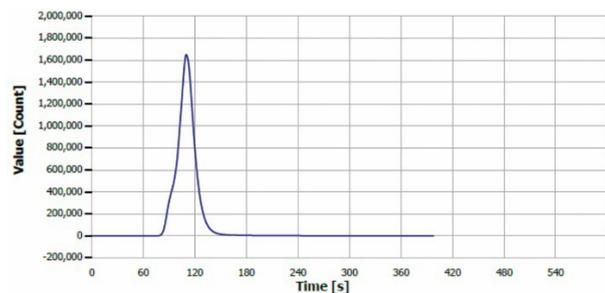
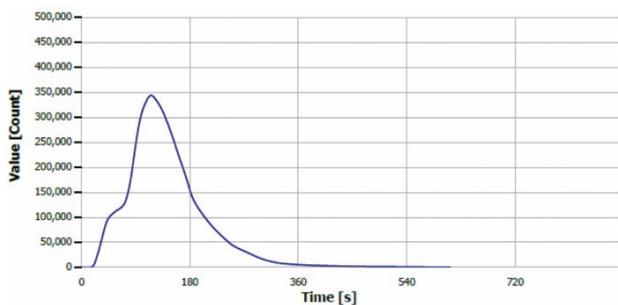


Abbildung 2: Charakteristische Messkurven für TIC (links) und TC (rechts)

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Die Bestimmung der mikrobiellen Biomasse sowie des gelösten organischen Materials (DOM – Dissolved Organic Matter) in Böden ist für die Charakterisierung von Anbauflächen in der Landwirtschaft ein wesentlicher Parameter. Sie bilden die Grundlage für die Nahrung der Mikroorganismen. Daher werden begaste und nicht begaste Bodenproben durch wässrige Salzlösungen (z. B. 0,5 mol K₂SO₄) extrahiert und der extrahierbare organische Kohlenstoff (EOC – Extractable Organic Carbon) sowie der extrahierbare Stickstoff (EN – Extractable Nitrogen) mit einem TOC-/TN-Analysenmessgerät wie dem **multi N/C® 2100S** oder dem **multi N/C® 3100** von Analytik Jena bestimmt.

Tabelle 3: Ergebnisse der Bestimmung des nicht ausblasbaren organischen Kohlenstoffs (NPOC – Non-Purgeable Organic Carbon) und des gesamten Stickstoffs (TN) in Bodenproben

Name der Probe	NPOC [mg/L]	NPOC RSD [%]	TN [mg/L]	TN RSD [%]
Bodenprobe 1	1,56 ± 0,02	2,2	0,497 ± 0,003	1,1
Bodenprobe 2	11,6 ± 0,1	1,3	4,81 ± 0,02	0,9
Referenzmaterial für Bodenproben	5,26 ± 0,04	1,6	1,22 ± 0,01	0,8
Bodenreferenzwerte	5,18		1,30	

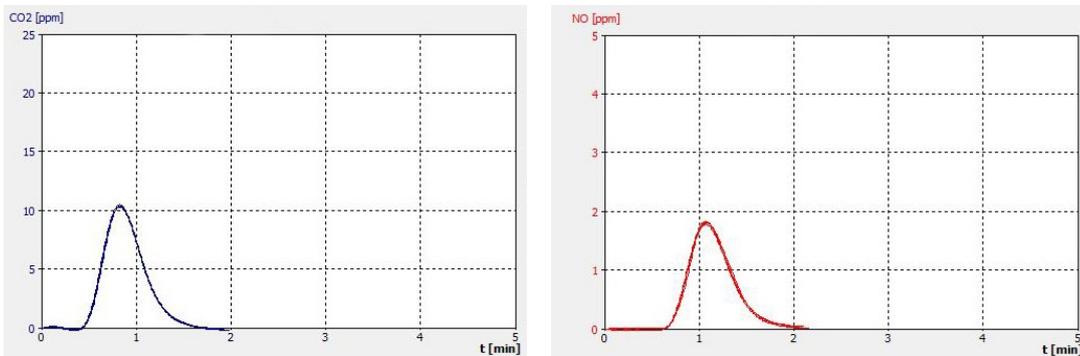


Abbildung 3: Charakteristische Messkurven für NPOC und TN in Bodenprobe 1

Publikation

Lebensmittelsicherheit

Futtermittel

Der Begriff Futtermittel bezieht sich in der Regel auf Nahrungs- und Futterpflanzen, die an Tiere verfüttert werden, und umfasst u. a. Heu, Stroh, Silage, gepresste oder pelletierte Futtermittel, Öle und Mischrationen sowie Auswuchs und Hülsenfrüchte. Futtergetreide ist die bedeutendste Quelle für Futtermittel weltweit. Dabei stellen Körnermais als Energie- und Sojamehl als Proteinlieferant die beiden wichtigsten Futtergetreide dar. Weitere Futtergetreidearten sind beispielsweise Weizen, Hafer, Gerste und Reis.

Die Futtermittel spielen für die tägliche Aufnahme von Nähr- und Ballaststoffen und somit für die Aufrechterhaltung der Gesundheit von Nutztieren eine zentrale Rolle. Neben den organisch gebundenen Elementen Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff, die in erster Linie aus Luft und Wasser gewonnen werden, gibt es mehr als 30 weitere diätetische Elemente, die für die korrekte Funktionsweise lebender Organismen erforderlich sind.

Phosphor, Kalium und Schwefel gelten bei allen lebenden Organismen als sogenannte Makronährstoffe. Während Calcium und Magnesium in relativ großen Mengen benötigt werden, sind die übrigen Mineralstoffe in deutlich kleineren Mengen oder lediglich als Spurenelemente erforderlich. Von den für das normale Pflanzenwachstum benötigten Spurenelementen, die auch als Mikronährstoffe bezeichnet werden, zählen Bor, Kupfer, Eisen, Mangan, Zink und Molybdän zu den wichtigsten und derzeit am besten erforschten. Die verbleibenden Mikronährstoffe haben derweil einen maßgeblichen Einfluss auf den Stoffwechsel von Tieren und Menschen, während Chlorid und Natrium wichtig für das Pflanzenwachstum sind.

Calcium beispielsweise ist der Hauptbestandteil von Knochen und Zähnen und für deren Festigkeit verantwortlich und unterstützt darüber hinaus die Blutgerinnung sowie die ordnungsgemäße Funktion des Nervensystems. Ein Calciummangel kann bei Menschen und Tieren zu Osteoporose, Stoffwechselstörungen und anderen Problemen führen. Magnesium ist für Wiederkäuer zur Vorbeugung gegen Weidetetanie wichtig, während Selen ein bedeutender Faktor für die Fruchtbarkeit von Kühen ist. Ein Mangel an Mangan kann bei Tieren zu Skelettfehlbildungen führen und bei der Wundheilung die Produktion von Kollagen hemmen.

Im Gegensatz hierzu wirken sich toxische Elemente unmittelbar negativ auf Organismen aus. Beispiele hierfür sind Beryllium (Be), Antimon (Sb), Bismut (Bi), Barium (Ba), Uran (U), Aluminium (Al), Thallium (Tl), Quecksilber (Hg), Cadmium (Cd) und Blei (Pb). Toxische Elemente reichern sich tendenziell in Organen, wie der Leber, den Nieren, der Bauchspeicheldrüse und der Lunge an. Cadmium führt zum Beispiel zu einer Schädigung der Nieren und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, während Blei praktisch jedes Organ und Körpersystem angreift, insbesondere jedoch das Gehirn und das Nervensystem, wobei Kinder am anfälligsten dafür sind. Quecksilber zählt laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zu den zehn giftigsten chemischen Substanzen, vor allem in Form von Methylquecksilber. Es hat toxische Auswirkungen auf das Nerven-, Verdauungs- und Immunsystem sowie auf Lunge, Nieren, Haut und Augen. Eine Belastung mit Methylquecksilber erfolgt hauptsächlich durch die Aufnahme von verunreinigtem Fisch und Meeresfrüchten.

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Im Hinblick auf die vorgelagerten Prozesse in der Lebensmittellieferkette und hier insbesondere auf die Agrarindustrie wird deutlich, dass eine ausgewogene Zusammensetzung von Futtermitteln hinsichtlich Makromineralien und Spurenelementen zum Wohlbefinden sowie zur Gesundheit der Tiere beiträgt. Die genaue Messung der Elementzusammensetzung von Lebensmitteln und landwirtschaftlichen Produkten ist unerlässlich, um die Produktsicherheit sowie einen hinreichenden Nährstoffgehalt zu gewährleisten. Da die Konzentrationen jedoch in der Regel im gelösten Zustand im unteren ppb- bis in den oberen ppm-Bereich liegen, bieten die optische Emissionsspektrometrie und die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES und ICP-MS) schnelle, zuverlässige und routinemäßige Probenanalysen über einen großen Konzentrationsbereich hinweg.

Tabelle 4: Ergebnisse für ein Laborinternes Referenzmaterial für Heuproben, das nach einer 400-fachen Verdünnung mittels ICP-MS analysiert wurde

Element	Messwert (mg/kg)	Erwartungswert (mg/kg)
²³ Na	0,33 %	0,34 %
²⁴ Mg	0,19 %	0,21 %
³¹ P	0,37 %	0,39 %
³⁹ K	0,34 %	0,35 %
⁴⁴ Ca	0,54 %	0,57 %
⁵² Cr	1,8	1,9
⁵⁵ Mn	79,1	81,9
⁵⁶ Fe	498	531
⁵⁹ Co	0,18	0,19
⁶⁰ Ni	1,53	1,61
⁶⁵ Cu	7,5	7,8
⁶⁶ Zn	33,0	34,9
⁷⁵ As	0,27	0,28
⁷⁸ Se	0,047	0,049
¹¹⁴ Cd	0,079	0,083
²⁰² Hg	0,014	0,015
²⁰⁶⁻²⁰⁸ Pb	1,14	1,19

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Tabelle 5: Ergebnisse für ein Referenzmaterial für Futtermittelproben, das nach einer 2000-fachen Verdünnung mittels ICP-OES analysiert wurde

Element	Linie (nm)	Messwert (mg/kg)	Erwartungswert (mg/kg)
Al	396,152	0,20 %	0,21 %
Ca	317,933	12,2 %	12,1 %
Cu	327,396	0,22 %	0,20 %
Fe	238,204	0,63 %	0,64 %
K	766,491	11,0 %	11,2 %
Mg	285,213	3,99 %	3,99 %
Mn	259,372	0,14 %	0,14 %
Na	589,592	3,25 %	2,98 %
P	178,224	10,6 %	10,5 %
S	180,672	4,11 %	3,84 %
Zn	206,200	4,32 %	4,58 %
B	249,773	116	120
Co	228,615	< NG	< 20
Cr	267,716	8	< 32
Mo	202,030	6,2	< 20
Ni	231,604	6,4	< 50
V	292,464	< NG	-

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Lebensmittelverarbeitung

Milchproduktion

Früher wurden Lebensmittel mit einer kurzen Haltbarkeit, wie z. B. Milchprodukte, nach der Produktion oft in Hofläden und auf Märkten direkt an den Verbraucher verkauft oder auf dem Hof selbst verzehrt, insbesondere wenn Subsistenzwirtschaft betrieben wurde. Daher war die Reise vom Erzeuger zum Verbraucher wesentlich kürzer und mit weniger Handhabung verbunden. Heute hingegen gehen die meisten Milchprodukte in deutlich größeren Mengen und über einen längeren Zeitraum hinweg durch bedeutend mehr Hände als früher, bevor sie den Verbraucher erreichen. Folglich ist eine entsprechende Erhitzung und Pasteurisierung der Milch von höchster Bedeutung für die Milchproduktion, die Produktsicherheit und die Gesundheit der Verbraucher.

Die Milcherzeugung ist ein Geschäft mit äußerst geringen Margen und zugleich hohen Qualitätsansprüchen. Basierend auf Fluss-, Niveau-, Druck-, Temperatur- und Analysesensorsignalen wird die Milchverarbeitung zur Kostenkontrolle optimiert, während zugleich die Produktqualität auf einem konstant hohen Niveau gehalten wird. Eine hinreichende Wärmebehandlung ist eine Grundvoraussetzung für die Verbrauchersicherheit, wobei die Verfahren zur Pasteurisierung in der Regel bestimmte Normen erfüllen müssen und von den nationalen Behörden für Lebensmittelsicherheit kontrolliert werden.

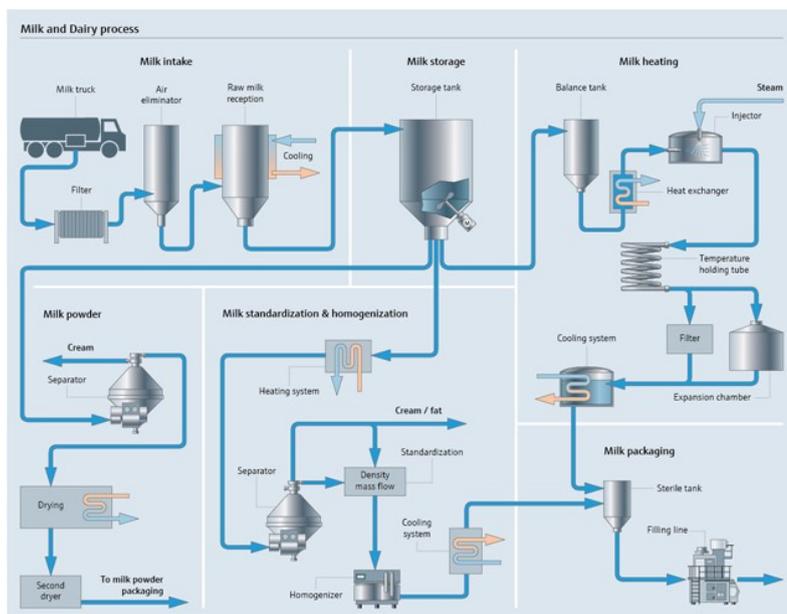


Abbildung 4: Flussdiagramm der Produktion von Milch und Milchzeugnissen

Publikation

Lebensmittelsicherheit

Erhitzung und Pasteurisierung von Milch

Milch ist ein ausgezeichnetes Medium für mikrobielles Wachstum. Wenn Milch bei Zimmertemperatur gelagert wird, kommt es schnell zur Vermehrung von Bakterien und anderen Krankheitserregern. Die Erhitzung und Pasteurisierung von Milch sind der Grund für die verlängerte Haltbarkeit, wobei eine unzureichende Erhitzung zu einer erhöhten Bakterienanzahl und zum Verderb der Milch führt. Durch dieses Verfahren werden krankheitserregende Mikroben beseitigt und die Mengen des mikrobiellen Materials hinlänglich reduziert. Somit bleibt die hohe Qualität der Milchprodukte länger erhalten, da die Pathogene auf eine Anzahl verringert werden, in der sie bei ordnungsgemäßer Lagerung und Verzehr vor Ablauf des Haltbarkeitsdatums praktisch keinerlei Erkrankungen hervorrufen können.

Durch Pasteurisierung können unter anderem Krankheiten wie Tuberkulose, Brucellose, Diphtherie, Scharlachfieber und Q-Fieber verhindert werden. Darüber hinaus werden so auch schädliche Bakterien wie Salmonellen, Listerien, Yersinia, Campylobacter, Staphylococcus aureus und Escherichia coli abgetötet. Die Pasteurisierung umfasst in der Regel die Erhitzung der Milch auf mindestens 72 °C und dies für eine Dauer von etwa 15 bis 20 Sekunden, wodurch die Haltbarkeit der Milch bei entsprechender Kühlung auf zwei bis drei Wochen verlängert wird.

Anders als die Sterilisation dient die Pasteurisierung nicht dazu, sämtliche Mikroorganismen in Lebensmitteln abzutöten. Vielmehr ist es das Ziel, die Anzahl der lebensfähigen Krankheitserreger so zu reduzieren, dass sie praktisch keinerlei Erkrankung mehr verursachen können. Bei der Ultrahocherhitzung (UHT – Ultra-Heat-Treating) wird die Milch für vier Sekunden auf 140 °C erhitzt. Durch diesen Prozess wird die Milch nicht pasteurisiert, sondern sterilisiert, wodurch sie über mehrere Monate hinweg ohne Kühlung gelagert werden kann. Bei diesem Verfahren wird die Milch durch eine Düse in eine Kammer gesprüht, die mit unter Druck stehendem Hochtemperatur-Wasserdampf gefüllt ist. Nachdem die Temperatur 140 °C erreicht hat, wird die Flüssigkeit in einer Vakuumkammer sofort wieder abgekühlt und in einem sterilen, luftdichten Behälter verpackt.

Publikation
Lebensmittelsicherheit

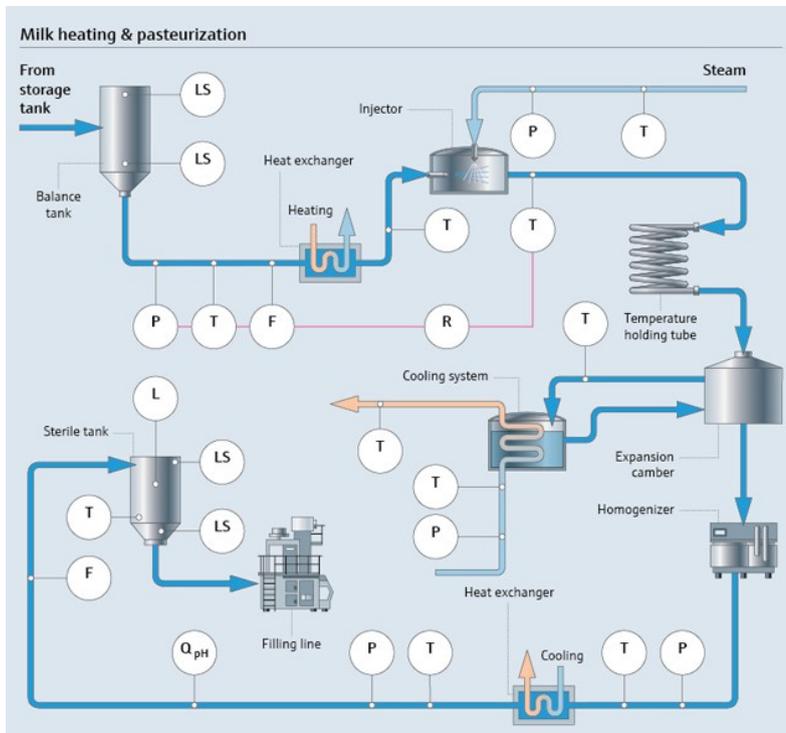


Abbildung 5: Flussdiagramm der Erhitzung und Pasteurisierung von Milch

Die Milcherhitzung unmittelbar vor Ort ist überaus wichtig, wobei die Wärmebehandlung im Wesentlichen von drei Sensortechnologien gesteuert wird:

- Temperatursensoren zur Wärmeregulierung
- Fließgeschwindigkeitssensoren, um eine ausreichende Einwirkzeit sicherzustellen
- Differenzdrucksensoren im Wärmetauscher

Publikation

Lebensmittelsicherheit

Durchflussmessung bei der Milcherhitzung

Präzise Durchflusssensoren sorgen für die korrekte Erwärmung der Milch und somit für sichere Ergebnisse. Der elektromagnetische Durchflussmesser übernimmt den Großteil der Durchflussmessung in Milchwirtschaftsbetrieben und so eine entscheidende Aufgabe bei der Milcherhitzung. Die Fließgeschwindigkeit der Milch wird durch einen elektromagnetischen Durchflussmesser gesteuert. Der Sensor **Promag H100** von Endress+Hauser verfügt über eine integrierte Temperatur- und Leitfähigkeitsmessung und ermöglicht die Regelung des Wärmetauschers in Echtzeit. Die integrierte Leitfähigkeitsmessung unterstützt die Phasenverschiebung und Reinigungsprozesse, während die Temperaturerfassung im Sensor nicht nur das Leitfähigkeitssignal, sondern auch die Genauigkeit des volumetrischen Flusssignals verbessert. Dies ist wichtig, wenn die Milch von einer Prozesskammer in die nächste geleitet wird, da die Temperaturänderung auch zu einer Veränderung des Volumens führt, die entsprechend ausgeglichen werden muss.

Wärmeregelung durch schnelle Temperaturmessungen

Der kritische Kontrollpunkt für eine erfolgreiche Pasteurisierung ist die Temperatur – und Endress+Hauser verfügt über die schnellsten Temperatursensoren für hygienische Prozesse. Der **iTherm QuickSens** liefert den korrekten Temperaturwert dreimal schneller als vergleichbare Sensoren. Die hervorragende Genauigkeit und Ansprechzeit stellen sicher, dass keinerlei Energie verschwendet und das Milchprodukt nicht mehr thermischer Belastung ausgesetzt wird als erforderlich. Auf diese Weise wird nicht nur die Milchqualität aufrechterhalten, sondern die Energiekosten werden zugleich gesenkt.

Differenzdrucksensoren im Wärmetauscher

Da zur Erhitzung der Milch Wärmetauscher eingesetzt werden, muss während des Prozesses sichergestellt werden, dass sich Rohmilch nicht mit bereits pasteurisierter Milch vermischt. Dafür wird der Differenzdruck im Wärmetauscher kontinuierlich überwacht. Der Druck im Bereich der pasteurisierten Milch muss stets höher sein. So wird selbst bei kleinsten Undichtigkeiten des Wärmetauschers die pasteurisierte Milch zur Rohmilch gedrängt und nicht umgekehrt. Für solche Hygieneanwendungen kommt in der Regel der digitale Drucktransmitter Cerabar **PMP51** von Endress+Hauser mit Metallmembran zum Einsatz. Das Quick-Setup-Menü mit anpassbarem Messbereich unterstützt die einfache Inbetriebnahme, reduziert Kosten und spart Zeit.

Sämtliche Daten dieser Kontrollpunkte müssen jedoch mit den gesetzlichen Kontrollen verbunden werden. Der revisions sichere Data Manager Memograph RSG45 von Endress+Hauser ist ein flexibles und leistungsstarkes System zur Gliederung und Strukturierung der Prozesswerte. Die gemessenen Prozesswerte werden übersichtlich auf dem Display dargestellt und zuverlässig protokolliert, während zugleich die Grenzwerte überwacht und analysiert werden. Die gemessenen und errechneten Werte können über gängige Kommunikationsprotokolle schnell und einfach an übergeordnete Systeme weitergeleitet und einzelne Anlagenmodule problemlos miteinander verbunden werden.

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Quecksilber in Milch- und Fischprodukten

Die beschleunigte industrielle und landwirtschaftliche Entwicklung in den letzten Jahrzehnten ging mit einem deutlichen Anstieg der Belastung mit toxischen Elementen wie Quecksilber einher. Nutztiere, die auf freiem Weideland gehalten werden, sind gute Indikatoren für Umweltverschmutzungen durch Schwermetalle und gleichzeitig eine potenzielle Quelle für Verunreinigungen.

Quecksilber ist dafür bekannt sich in Organismen anzureichern. So finden sich beispielsweise hohe Konzentrationen in Fisch, insbesondere Fischarten am oberen Ende der Nahrungskette, wie Thunfische, Haie, Makrelen oder Schwertfische. Quecksilber ist zudem auch in gefährlich hohen Konzentrationen in der toxischeren Form von Methylquecksilber vorhanden. Neben Fisch und anderen Meeresfrüchten stellen jedoch beim Menschen zahnmedizinische Amalgamfüllungen eine Hauptquelle für eine Quecksilberbelastung dar.

Allgemein ist bekannt und anerkannt, dass Quecksilber die neurologische Entwicklung des Gehirns beeinträchtigt – und dies vor allem bei Kleinkindern. Säuglinge, die gestillt werden, sind hierfür besonders anfällig. Dies gilt speziell in Gebieten, in denen viel Fisch und Meeresfrüchte verzehrt werden, da Methylquecksilber in die Muttermilch übergeht. Für Säuglinge, die über einen langen Zeitraum gestillt werden, besteht somit womöglich ein höheres Risiko, giftigem Methylquecksilber ausgesetzt zu sein. Demgegenüber hat eine Studie von Hapke aus dem Jahr 1991 festgestellt, dass Rinder in ihrem Pansen Quecksilber demethylieren können und damit weniger Quecksilber aufnehmen. Daher weisen Rindfleisch und Kuhmilch wesentlich geringere Konzentrationen von Quecksilber auf.

Bestimmung von Quecksilber in Milchpulver und Thunfisch

Mit einem **contrAA®** Continuum Source-Atomabsorptionsspektrometer (AAS) von Analytik Jena wurden geringe Konzentrationen von Quecksilber in Milchpulver, Thunfisch und Fischprotein bestimmt.

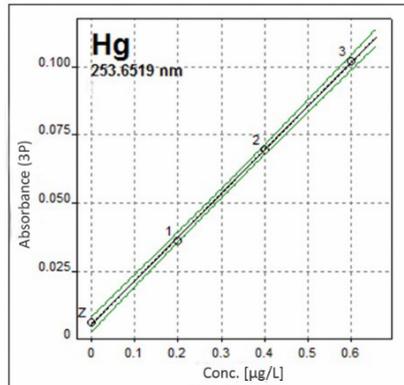
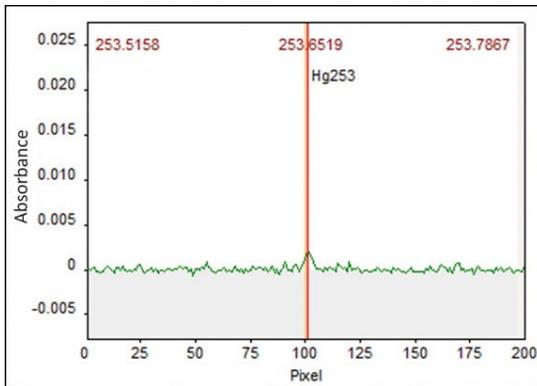
In Kombination mit dem HydrEA-Zubehör ermöglicht das **contrAA® 800** AAS die Ultraspurenbestimmung von Quecksilber mit Nachweisgrenzen im ppt-Bereich und somit weit unter den in Milchprodukten befindlichen Konzentrationen. Darüber hinaus ist mit dem exklusiven **solid AA®** Zubehör in Kombination mit dem Graphitofensystem **contrAA® 800 G** auch die direkte Untersuchung des Fischproteins ohne Probenaufschluss möglich.

Tabelle 6: Bestimmung von Hg im Spurenbereich in Milch- und Fischprodukten mit dem AAS **contrAA®**

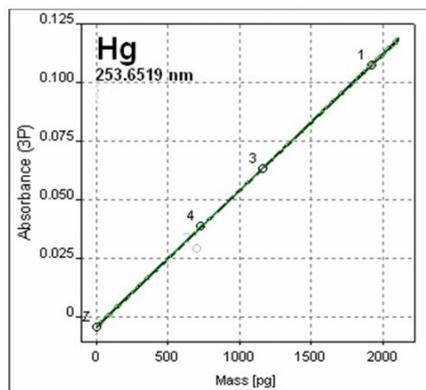
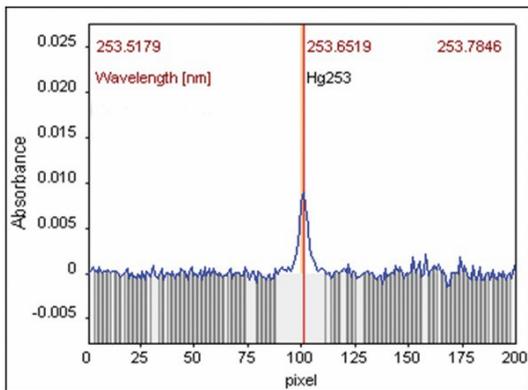
Element	Wellenlänge [nm]	Probe	Konzentration [µg/kg]
Hg	253,652	Laktosepulver	< 2
		Frische Thunfischfilets	372 ± 15
		Gefriergetrockneter Thunfisch	1.981 ± 77
		DORM-2*	4.330 ± 90

* Zertifiziertes Referenzmaterial für Fischprotein, zertifizierter Gehalt: 4.640 ± 260 µg/kg

Publikation
Lebensmittelsicherheit



Abbildungen 6a und 6b: Quecksilbersignal in Laktosepulver (6a) und generierte Kalibrierkurve (6b) auf dem contraAA® AAS mit HydrEA-Zubehör



Abbildungen 7a und 7b: Quecksilbersignal in frischem Thunfischfilet (7a) und generierte Kalibrierkurve (7b) auf dem contraAA® AAS mittels direkter Feststoff-AAS

Publikation

Lebensmittelsicherheit

Identifikation von Arsenspezies

Arsen (As) ist ein natürlich vorkommendes Element und in der Luft, im Boden, Wasser und in Lebensmitteln enthalten. Menschliche Aktivitäten, wie beispielsweise die Verbrennung von Kohle und anderen Kraft- bzw. Brennstoffen oder der Einsatz von Arsenverbindungen in der Medizin sowie in Pflanzen- und Holzschutzmitteln haben den Eintrag jedoch zusätzlich erhöht.

Neben dem Trinkwasserkonsum stellt der Verzehr von Reis eine bedeutende Arsenquelle dar, die rund drei Milliarden Menschen betrifft. Der weltweite Reiskonsum ist von 156 Mio. Tonnen im Jahr 1960 auf 496,6 Mio. Tonnen 2013 gestiegen. Darüber hinaus zeigen Studien, dass die Arsenbelastung bei Reis deutlich kritischer ist als bei anderen Lebensmitteln. So ist die Arsenkonzentration in Reis beispielsweise zehnmal höher als in Weizen oder Gerste. Der erhöhte Arsengehalt ist darauf zurückzuführen, dass Reis die einzige wichtige Getreideart ist, die auf gefluteten Flächen angebaut wird. Durch das im Wasser enthaltene Arsen finden sich daher hohe Arsenkonzentrationen nahe der Wurzeln. Neben der direkten Aufnahme über den Verzehr erhöht auch die Verwendung von Reisstroh als Viehfutter das Risiko einer Arsenbelastung.

Den Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation zufolge liegt die zulässige Höchstgrenze für den Arsengehalt in Trinkwasser bei insgesamt 10 ng/ml. Auch wenn für Lebensmittelprodukte keinerlei solche Grenzwerte bestehen, empfehlen die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) eine maximale Aufnahme von 15 µg pro Kilogramm Körpergewicht pro Woche.

Anorganisches Arsen steht mit zahlreichen gesundheitsschädlichen Auswirkungen in Verbindung, insbesondere wenn eine Belastung während der Schwangerschaft sowie im Säuglings- und Kleinkindalter erfolgt. Das Zentrum für Lebensmittelsicherheit und angewandte Ernährung (Center for Food Safety and Applied Nutrition) der US-amerikanischen Zulassungsbehörde FDA (Food and Drug Administration) hat eine Verbindung zwischen der längerfristigen Belastung durch Arsen aus Reis und Reisprodukten und einem Krebsrisiko, einschließlich Lungen-, Leber- und Nierenkrebs, sowie nicht karzinogenen gesundheitlichen Auswirkungen, einschließlich Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes und neurologischer Beeinträchtigungen, festgestellt.

Die Toxizität von Arsen hängt jedoch nicht nur von der Gesamtkonzentration ab, sondern auch von der jeweiligen chemischen Form, da sich diese hinsichtlich Mobilität, Toxizität und Bioverfügbarkeit unterscheiden. Lösliche dreiwertige anorganische Arsenverbindungen (AsIII) und fünfwertiges Arsen (AsV) sind die toxischsten Formen und können schnell vom Körper aufgenommen werden. Nach der Aufnahme wird das anorganische Arsen im Blut durch die Reduktion von AsV auf AsIII verstoffwechselt und von Gewebezellen aufgenommen, überwiegend in der Leber. Weitere häufig über den Verzehr aufgenommene Formen sind beispielsweise das organische Monomethylarsen (MMA) und Dimethylarsen (DMA) welche eine weitaus geringere Toxizität aufweisen. Anorganisches Arsen wird auch weitgehend durch intrazelluläre oxidative Addition zu MMA und DMA methyliert und die Stoffwechselprodukte anschließend in erster Linie über den Harn ausgeschieden.

Reis enthält üblicherweise einen hohen Anteil an anorganischen Arsenverbindungen, was die Bedeutung der Arsenspeziation für die Untersuchung von Reisproben unterstreicht. Studien haben gezeigt, dass ein gründliches Auswaschen und das Kochen in viel Wasser die Arsenmenge im verzehrfertigen Reis reduzieren kann. Wird der Reis jedoch mit arsenbelastetem Wasser gewaschen und gekocht, kann dies die Arsenbelastung hingegen weiter erhöhen.

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Die Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (HPLC) in Verbindung mit der ICP-MS ist die empfohlene Gerätekonfiguration zur Bestimmung von Arsenspezies in Lebensmitteln und Getränken. Die HPLC ermöglicht die schnelle Trennung aller wichtigen Arsenspezies in unter zehn Minuten, während das **PlasmaQuant® MS** für die ICP-MS von Analytik Jena eine Ultraspurenbestimmung bis zu <0,4 µg Arsen pro Kilogramm Reis ermöglicht.

Tabelle 7: Bestimmung von Arsenspezies in Basmatireis mittels HPLC-ICP-MS

	AsIII	DMA	MMA	AsV	Summe der 4 Spezies
Mittel	162	60	n. d.	95	317
% RSD	4,3	6,7	--	11,2	5,7

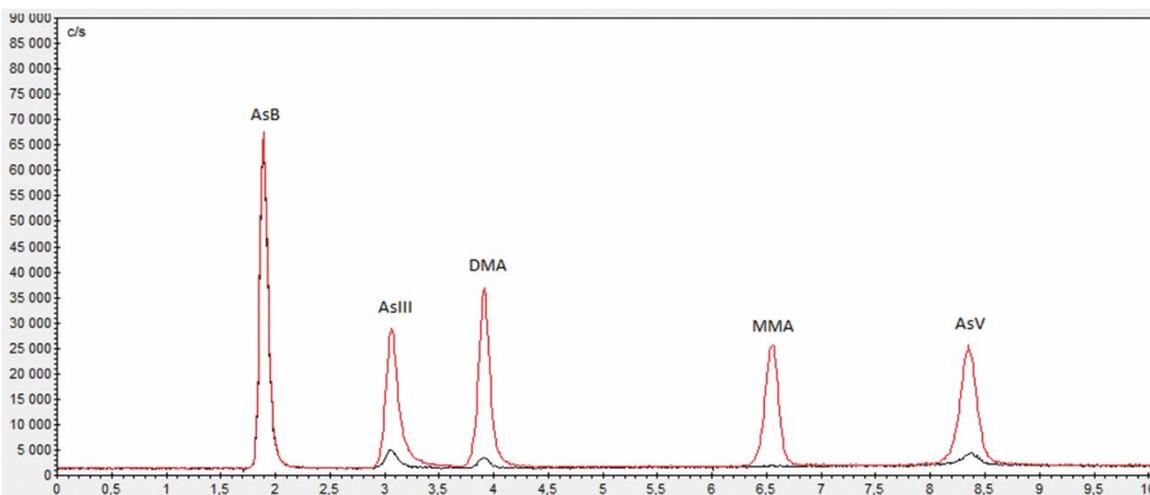


Abbildung 8: Überlagerung der Chromatogramme von Basmatireis ohne (Schwarz) und mit Addition von 250µg/kg (Rot)

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Identifikation von Tierarten

Die Identifikation von nicht deklarierten Bestandteilen tierischen Ursprungs ist erforderlich, um die internationalen regulatorischen Standards zur Einhaltung der religiösen Gebote und Gesundheitsschutzgesetze zu erfüllen. Die Verfälschung und Substitution von Lebensmitteln ist aus verschiedenen Gründen, wie der allgemeinen Gesundheit, religiöser Faktoren, der Authentizität oder eines unfairen Wettbewerbs in der Lebensmittelbranche besorgniserregend. Eine der praktischsten Methoden für eine zuverlässige Identifikation von Tierarten in verarbeiteten Lebensmitteln erfolgt über die in der DNA enthaltenen genetischen Informationen. Dies erfolgt beispielsweise bei der Bestimmung des Ursprungs der Gelatine in Gummibärchen, der unterschiedlichen Fleischsorten in Hackfleisch oder der Identifikation von etwaigen Spuren von Schweinefleisch in Reis.

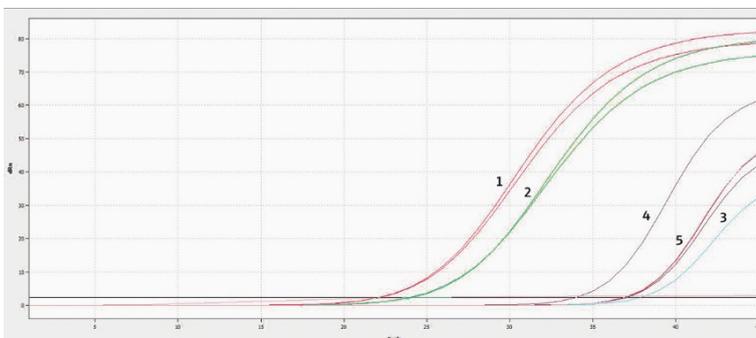
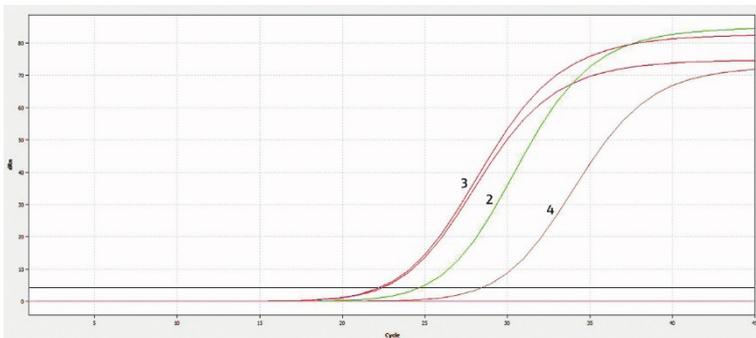
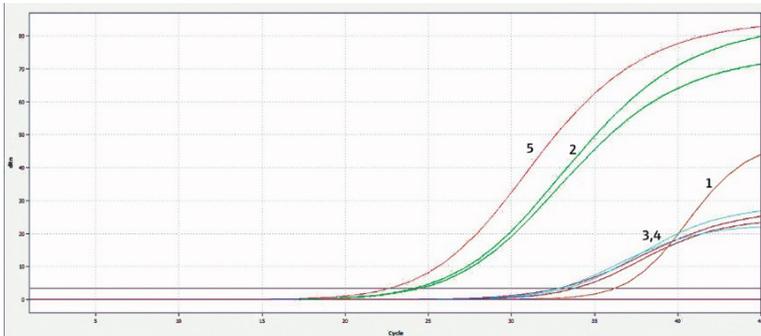
Der **InnuPure® C16 touch** von Analytik Jena zur vollautomatischen Nukleinsäureextraktion ermöglicht in Kombination mit dem Extraktionskit **innuPREP Food DNA Kit-IPC16** die automatische Vorbereitung, Isolierung und Erfassung der DNA mithilfe von vorbefüllten und versiegelten Reagenzienplastiken. Die Eluate werden mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR) in Echtzeit mit dem leistungsstarken Thermocycler qTOWER³ analysiert, wobei die **innuDETECT Species ID Assays** zum Nachweis von Ziegen-, Schafs-, Rind-, Schweine-, Pferde-, Esel- und Truthahn-DNA verwendet werden.

Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) ist eine in der molekularen Genetik angewandte Technik, die selbst bei Proben, die nur kleinste Mengen enthalten, die Untersuchung von kurzen DNA- oder RNA-Sequenzen ermöglicht. Die PCR wird zur Reproduktion und Vervielfältigung ausgewählter DNA-Abschnitte zu Analyse Zwecken angewendet. Die in Tabelle 8 aufgeführten Real-Time-PCR-Ergebnisse und die Amplifikationsplots in den Abbildungen 9a, 9b und 9c geben die tatsächliche tierische Herkunftsspezies von fünf unterschiedlichen Käsesorten an, die auf die Herkunft der Milch, einschließlich Kuh, Ziege und Schaf, untersucht und die Ergebnisse mit den entsprechenden Angaben auf der Originalverpackung abgeglichen wurden. Bei vier der fünf Käsesorten wurde bei der Analyse eine andere Milchquelle als die auf der Verpackung deklarierte Herkunft ermittelt.

Tabelle 8: Deklarierte ggü. ermittelter ursprünglicher Milchquelle von fünf unterschiedlichen Käsesorten

Nr.	Deklarierte Milchquelle	Ermittelte Herkunft		
		Ziege	Schaf	Kuh
1	Ziege	x		x
2	Ziege, Schaf, Kuh	x	x	x
3	Schaf	x	x	x
4	Büffel	x	x	x
5	Kuh	x		x

Publikation
Lebensmittelsicherheit



Abbildungen 9a, 9b und 9c: Amplifikationsplots für Kuh- (a), Schafs- (b) und Ziegen-DNA (c) in unterschiedlichen Milchquellen, Messung mit dem Thermocycler qTOWER³

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Erkennung von Lebensmittelpathogenen

Krankheiten, die durch Lebensmittel übertragen werden, sind überaus vielfältig. Sie stellen ein zunehmend größeres Problem für die Volksgesundheit dar, sind auf den Verzehr von mit Mikroorganismen verunreinigten Lebensmitteln zurückzuführen und können in jeder Phase der gesamten Lebensmittelproduktion vom Erzeuger bis zum Verbraucher auftreten. Die am häufigsten bei lebensmittelbedingten Erkrankungen beobachteten Symptome sind Infektionen oder Irritationen des Verdauungstrakts und umfassen in der Regel Erbrechen, Durchfall, Bauchschmerzen, Fieber und Schüttelfrost. Allerdings kann der Konsum verunreinigter Lebensmittel auch zu anderen Symptomen bis hin zu multiplem Organversagen und sogar Krebs führen. Durchfallerkrankungen sind die am stärksten verbreitete Krankheit. Jedes Jahr erkranken daran mehr als 550 Millionen Menschen und mehr als 230.000 Menschen sterben. Die Lebensmittelsicherheit sowie die Ernährung und Versorgungssicherheit sind untrennbar mit unsicheren Lebensmitteln verbunden, wodurch ein Teufelskreis aus Erkrankung und Mangel- bzw. Unterernährung entsteht, der am ehesten Säuglinge und Kleinkinder sowie ältere und kranke Menschen betrifft.

Die DNA-Extraktion mittels **SmartExtraction**-Technologie sorgt für eine noch schnellere Extraktion von lebensmittelbedingten Krankheitserregern, einschließlich Listerien, Salmonellen sowie Koli- und Campylobacter-Bakterien, während die TaqMan®-basierten **innuDETECT Pathogen Assays** eine überaus zuverlässige und routinemäßige Erkennung von Lebensmittelpathogenen ermöglichen.

Tabelle 9: Konzentrationen der Pathogene nach Standardkultivierung (1 ml zur Extraktion verwendet) und gemessener Ct-Wert

Nr.	cfu/ml	Ct-Wert
1	$8,3 \times 10^8$	14,08
2	$8,3 \times 10^7$	19,03
3	$8,3 \times 10^6$	22,22
4	$8,3 \times 10^5$	27,27

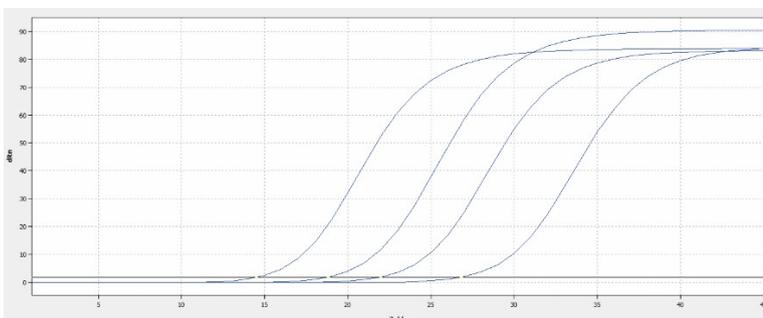


Abbildung 10: Amplifikationsplot für Salmonellen-DNA auf dem qTOWER³ im Anschluss an die SmartExtraction mit dem InnuPure® C16 touch

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Zusammenfassung

Analytik Jena und der Mutterkonzern Endress+Hauser bieten eine umfassende Auswahl an Messgeräten zur Elementaranalyse, molekularbiologische Lösungen sowie Fluss-, Temperatur- und Drucksensoren, die Tag für Tag zur Sicherstellung einer hohen Lebensmittelqualität beitragen, sodass sowohl nationale als auch internationale regulatorische Anforderungen erfüllt und die Lebensmittel, die in den Supermarktregalen angeboten werden, sicher verzehrt werden können. Analytik Jena und Endress+Hauser sind gut aufgestellt und bieten Ihnen komplette Lösungen für den Prozess vom Erzeuger zum Verbraucher, die all Ihren Anforderungen hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit gerecht werden.

Publikation
Lebensmittelsicherheit

Referenzen

1. Food and Drug Administration <https://www.fda.gov/food/>
2. Center for Food Safety and Applied Nutrition, Food and Drug Administration , U.S. Department of Health and Human Services - Arsenic in Rice and Rice Products, Risk Assessment Report <https://passthrough.fw-notify.net/download/335092/https://www.fda.gov/downloads/Food/FoodScienceResearch/RiskSafetyAssessment/UCM486543.pdf>
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://www.fao.org/home/en/>
4. World Health Organization: Food Safety <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/en/>
5. U.S. ATSDR, Public Health Service, Toxicological Profile for Mercury at <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf> p. 417
6. Total and inorganic mercury in breast milk in relation to fish consumption and amalgam in lactating women. Oskarsson A1, Schültz A, Skerfving S, Hallén IP, Ohlin B, Lagerkvist BJ. Department of Occupational and Environmental Medicine, University Hospital, Lund, Sweden.
7. Milk handling automation: Ensure high quality dairy production with accurate process control <http://www.endress.com/en/Endress-Hauser-group/industry-instrumentation-expertise/food-beverage-quality-productivity/Food-beverage-quality-compliance/Milk-quality-safety-dairy>
8. Application Note: Analysis of Food and Agricultural Samples using PlasmaQuant® MS
9. Application Note: Speciation of Arsenic in rice by LC-ICP-MS on PlasmaQuant® MS Elite
10. From Farm to Fork – from Sample to Result, InnuDETECT Food Analysis Solutions
11. Determination of the content of TOC / TN_b in soils after potassium sulfate extraction