

Authentizität von Honig

Nachweis und Identifizierung der honigfremden Substanz „Ectoin“ mittels LC-HRMS-Screening und Beurteilung ihres Potenzials als neuer Verfälschungsmarker in der Honiganalytik

Jürgen Hauck und Bernd Kämpf

Honig als Naturprodukt genießt in der Bevölkerung aufgrund seines Geschmacks sowie seiner wertvollen Inhaltsstoffe wie Enzyme, Mineralstoffe und Vitamine einen hohen Stellenwert. Bedingt durch den hohen Preis, die natürliche, schwankende Verfügbarkeit sowie den globalen Handel stellt Honig ein potenzielles Ziel für ökonomisch motivierte Verfälschung dar.

Seit Jahren ist Honig neben Milch und Olivenöl stets in den Top 10 der am häufigsten verfälschten Lebensmitteln gelistet [1,2]. Neben der Angabe falscher geographischer und botanischer Herkunft und der unerlaubten Behandlung, zum Beispiel mit Harzen zur Entfernung von Inhaltsstoffen, ist vor allem die Streckung von Honig mit billigen Zu-

ckersirupen unterschiedlichster Quellen ein großes Problem für den weltweiten Honighandel. In der Europäischen Union verbietet die Richtlinie 2001/110/EG in Anhang II jeglichen Zusatz von Zuckersirupen [3]:

„Dem Honig dürfen weder Lebensmittelzutaten noch Lebensmittelzusatzstoffe noch andere Stoffe als Honig beigegeben worden sein, soll er als Honig in Verkehr gebracht oder in einem für den menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnis verwendet werden.“

Die Thematik Authentizität von Honig ist vergleichbar mit jener der Dopingbranche – aktuell modifizierte Dopingmittel können mit den gängigen Analyseverfahren nur schwer nachgewiesen werden. Dies erfordert eine Weiter- oder Neuentwicklung von Analysemethoden durch Laboratorien. Sirupe zur Verfälschung von Honigen werden ebenfalls stets weiter modifiziert, um durch aktuelle Analyseverfahren nicht nachweisbar zu sein. Aktuell werden auf Online-Plattformen wie Alibaba für die Streckung von Honigen optimierte Sirupe angeboten:



Jürgen Hauck

Zur Person: Nach dem Universitätsstudium (2005-2009) an der FAU Erlangen-Nürnberg und der Ausbildung zum staatlich geprüften Lebensmittelchemiker am Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit Bayern (2009/2010) folgte ein vierjähriger Forschungsaufenthalt am Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik, TU München. Seit 2016 in der Firma FoodQS

GmbH in Langenzenn tätig, Leitung des Bereichs Forschung und Entwicklung. Schwerpunkte der Tätigkeit sind vor allem die Authentizitätsanalytik von Honig, Bienenwachs und Sirupen sowie die Rückstands- und Kontaminantenanalytik in Bienenprodukten.

Fructose Syrup for Honey Food Grade (BS SMR TMR C3 C4 C13 test pass F55)

Dieser sogenannte Tailor-made-Sirup kann beispielsweise nicht durch die gängige Analytik von Reissirupmarkern und Isotopen nachgewiesen werden. Um derartige „maßgeschneiderte“ Verfälschungen aufdecken zu können, ist eine hohe Investitionsbereitschaft in modernste Technologie sowie qualifizierte Mitarbeiter notwendig.

Screening-Methoden

Seit Jahren werden in der Wissenschaft und in Handelslaboratorien vermehrt Screening-Methoden für die Authentizitätsanalytik von Lebensmitteln, unter anderem auch Honigen, entwickelt und angewandt. Diese Verfahren basieren vor allem auf spektroskopischen und spektrometrischen Techniken wie Infrarotspektroskopie (IR), Ramanspektroskopie, Kernresonanzspektroskopie (NMR) und hochauflösende Massenspektrometrie (HRMS). Insbesondere das NMR-Screening hat seit etwa 2017 vermehrt an Bedeutung und Akzeptanz gewonnen, was unter anderem auch auf das kommerzielle Angebot als NMR Honey Profiling™ von Bruker zurückzuführen ist. Unlängst sind Sirupe der neuesten Generation in Umlauf, welche nicht mithilfe des NMR-Screenings nachgewiesen werden können. Die Honig-Experten der FoodQS GmbH haben darauf reagiert und ein Screening-Verfahren mittels LC-HRMS entwickelt, um die neuesten Verfälschungen sensitiv detektieren zu können.

Bei der Entwicklung einer Screening-Methode zur Überprüfung der Authentizität von Honig, unabhängig von der Analystechnologie, ist es unabdingbar, eine Datenbank mit möglichst authentischen Honigen (Honigdatenbank) aufzubauen. Anschließend werden viele unterschiedliche Sirupe (Sirup-

datenbank) mit authentischen Honigen verglichen und Unterschiede ermittelt. Die Unterschiede, im Bereich der LC-HRMS sogenannte Marker, bestehend aus Paaren von Retentionszeit (R_t) und exakter Masse-zu-Ladungsverhältnis (m/z), werden mit der Honigdatenbank geprüft. Gesucht werden chemische Verbindungen, die zwar in Sirupen, nicht aber in authentischen Honigen vorkommen. Nur durch diese Vorgehensweise kann ausgeschlossen werden, dass ein vermeintlicher Marker in Honigen bestimmter geographischer oder botanischer Herkunft natürlicherweise vorkommt. Die Gefahr von falsch-positiven Ergebnissen wird so auf ein Minimum reduziert.

Trotz der Vorteile moderner Screening-Verfahren wie Sensitivität und Turn-Around-Time einer Laborprobe ist die Aussagekraft der Angabe der Ergebnisse mit „positiv/negativ“ oder auch „entspricht/nicht entspricht“ leider sehr begrenzt. Der Kunde erhält lediglich die Information, dass seine Probe untypisch ist oder dass Sirupmarker nachgewiesen wurden. Die Firma FoodQS GmbH hat diesen Mangel erkannt und ihr LC-HRMS-Screening, eingeführt im Jahr 2019 in der Version 1.0, stetig weiterentwickelt. Aktuell wird beim Ergebnis des Screenings V3.0 zwischen Nachweis von Sirupmarkern, Nachweis von Invertsirup und Nachweis von Fremddigosacchariden differenziert. Somit erhält der Kunden zusätzliche Informationen darüber, ob es sich um einen invertierten Sirup, zum Beispiel aus Zuckerrübe, oder um einen stärkebasierten Sirup, zum Beispiel aus Reis oder Getreide, handelt. Weiterhin werden diese Angaben in zwei Stufen eingeteilt, wodurch eine Abschätzung der Sirupmenge möglich ist. Stufe 1 weist auf kleine Mengen an Sirup hin, welche höchstwahrscheinlich aus Fütterungsresten resultieren. Größere Mengen an Zuckersirup

www.cem.de

Der schnellste Muffelofen der Welt.
Feuchtemessung in 2 Minuten.

Extraktion, Aufschlüsse, Hydrolysen
und Fettsäurebestimmung in der
Mikrowelle: einfach und schnell.

Gehalte an Fett, Öl, und Eiweiss
in nur 3 min.

CEM

Tel. +49 (0) 2842/9644-0

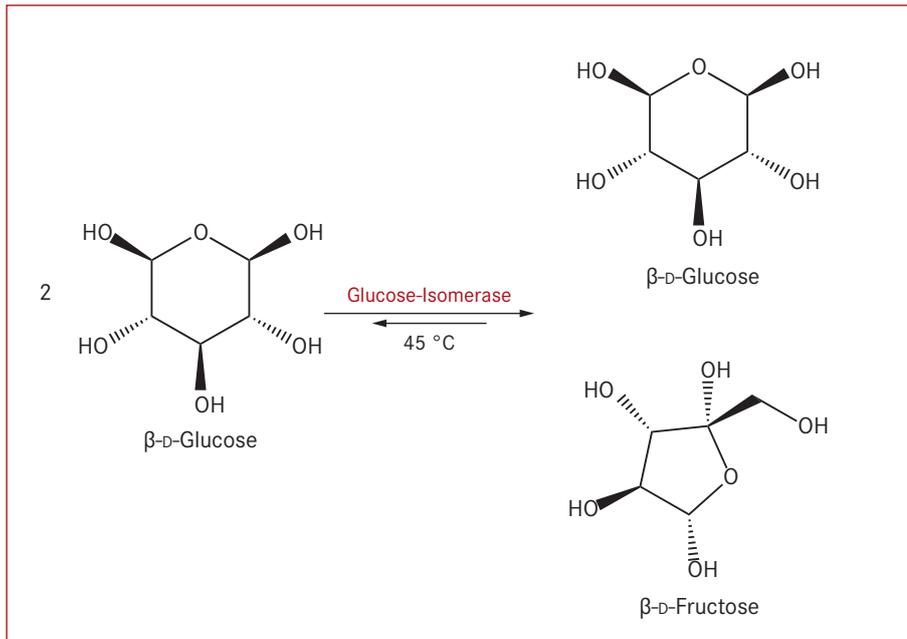


Abb. 1 Isomerisierung von Glucose zu Fructose

werden der Stufe 2 zugeordnet und sind auf einen aktiven Zusatz oder große Reste einer Fütterung zurückzuführen, was nicht mehr der guten imkerlichen Praxis entspricht. Eine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Eintragswegen ist aus analytischer Sicht allerdings nicht möglich.

Um die Vergleichbarkeit, Plausibilität und auch Vertrauenswürdigkeit einer Authentizitätsanalyse zu erhöhen, ist es immer von Vorteil, ermittelte Markerverbindungen zusätzlich zu identifizieren. Die Identität eines Markers erlaubt es, den Eintragsweg in den Sirup und somit in den verfälschten Honig nachvollziehbar darzustellen. Weiterhin sind auch Vergleichsanalysen zwischen Labora-

torien möglich. Die Firma FoodQS hat diese Vorgehensweise in der Vergangenheit bereits mehrere Male umgesetzt (Psicose [4], 3-Methoxytyramin (in Kooperation mit QSI – Quality Services International GmbH, Bremen) [5] und Phosphatidylcholine [6]).

Ermittlung und Identifizierung eines Markers

Vor allem hochaufgereinigte Sirupe, welche lediglich aus Glucose und Fructose bestehen, sind ideal für die Streckung von Honigen geeignet. Aufgrund der wenigen Begleitstoffe neben Glucose und Fructose sind diese Sirupe äußerst schwierig mit gängigen Verfälschungsmethoden

nachzuweisen. Aus diesem Grund erfolgte im Labor die Herstellung eines Fructose-Glucose-Sirups aus reiner Glucose unter Verwendung des Enzyms Glucose-Isomerase bei erhöhter Temperatur (Abb. 1). Dieser Sirup wurde für die Ermittlung neuer Marker mittels LC-HRMS-Screening herangezogen.

Authentische Honige sowie der selbst hergestellte Fructose-Glucose-Sirup wurden in einem Gemisch aus bidestilliertem Wasser und Acetonitril extrahiert, zentrifugiert und anschließend mittels LC-HRMS mit den in Tabelle 1 aufgeführten Parametern analysiert.

Mithilfe dieses Untargeted-Screenings werden möglichst viele Daten in Form von

Tab. 1 Setup des LC-HRMS Screening

Chromatographie (Sciex Exion AC)

Säule	Polare HPLC-Säule
Eluenten	Gradient aus Ammoniumformiat-Puffer und Acetonitril
Fluss	0,4 mL/min
Temperatur	40 °C
Injektionsvolumen	8 µL

Massenspektrometrie (Sciex X500R QTOF)

Ionisierung	ESI positiv
Messmodus	Full Scan (100-2000 Da) IDA MS/MS
Mass Error	≤ 5 ppm

Paaren aus m/z und R_t gesammelt. Diese Daten wurden mittels Statistik-Software aufbereitet und den zwei Gruppen „authentische Honige“ und „Fructose-Glucose-Sirup“ zugeordnet. Über statistische Verfahren wie einen t-Test werden die beiden Gruppen miteinander verglichen. Ziel ist es, über Algorithmen kleinste Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung zu finden. Auf diese Weise ist es möglich, Marker für authentische Honige oder für den Fructose-Glucose-Sirup zu finden. Zur Darstellung der Ergebnisse der Markersuche bietet sich ein sogenannter Volcano-Plot an. Jeder Punkt ist durch eine Kombination aus m/z und R_t definiert und stellt eine chemische Verbindung dar. Die hellgrau hinterlegten Datenpunkte stellen uninteressante Substanzen dar, welche für keine der beiden Gruppen ausgeprägt charakteristisch sind (Abb. 2). Die rot markierten Daten im linken Bereich des Plots repräsentieren Moleküle, welche in großen Mengen in authentischen Honigen nachge-

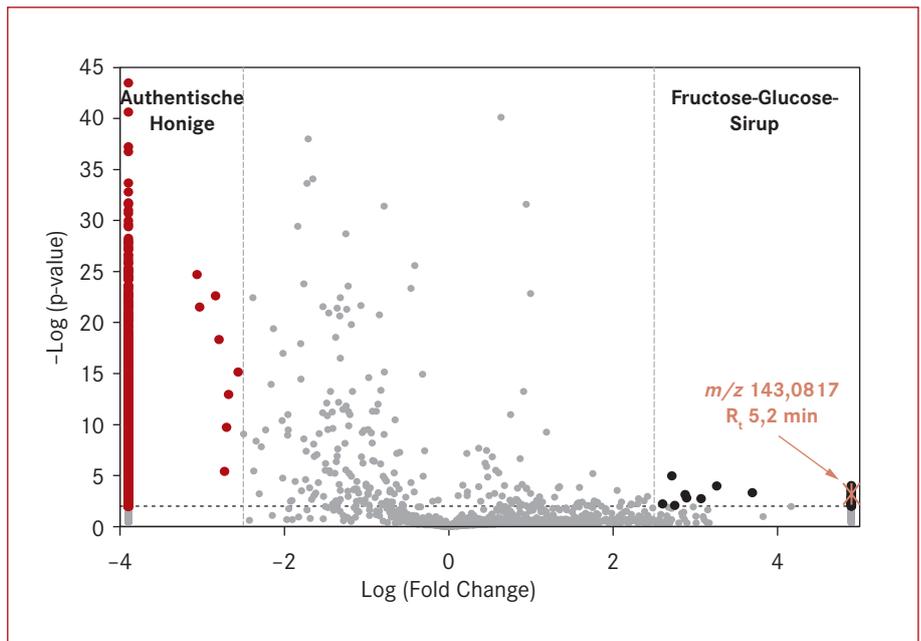


Abb. 2 Volcano-Plot: Ergebnis des t-Tests als $-\log(p\text{-value})$ gegen den $\log(\text{Fold Change})$, dargestellt als Volcano-Plot: authentische Honige (linker Bereich), Fructose-Glucose-Sirup (rechter Bereich)

wiesen wurden und typisch für diese sind. Die Substanzen, dargestellt durch die schwarzen Punkte rechts im Diagramm, zeigen hohe Signalintensitäten im Fructose-



Brillant kombiniert – Fall gelöst!

Bakterien und Viren sind äußerst geschickt darin, vielfältige Probleme in Lebensmitteln zu verursachen. Wir bei LADR kombinieren detektivisches Gespür nicht nur mit Robert Kochs Methoden, sondern auch mit modernster Technik und Expertise.

Neben Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen kommen wir selbst Noroviren, Hepatitis-A- und -E-Viren schnell auf die Spur. Einfach **04152 803-268** anrufen. Wir sind **24/7** erreichbar und beraten Sie gern.

Akkreditierte Lebensmittelanalytik:

- Umfassendes Analysespektrum
- PCR-Schnellanalytik
- Identifizierungen von Mikroorganismen
- Nachweise bakterieller Toxine
- Übersichtliche Richt- und Warnwerte
- Authentizitätsprüfung mittels NGS
- Schnelle und kommentierte Ergebnisse
- Online-Zugang zu Ihren Ergebnissen
- Eigener Laborkurierdienst

www.LADR-Lebensmittel.de

LADR Fachbereich
Lebensmittelanalytik

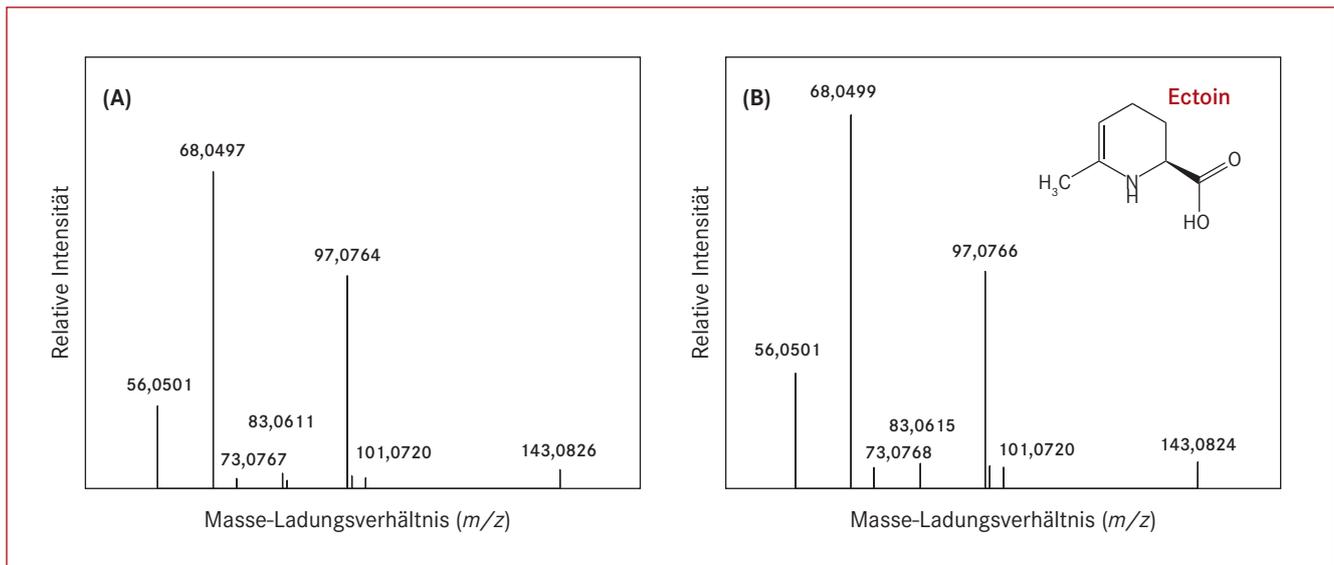


Abb. 3 MS/MS-Spektren des zu identifizierenden Markers im Fructose-Glucose-Sirup (A) und in einem analytischen Standard von Ectoin (B)

Glucose-Sirup und können als charakteristische Marker für diesen betrachtet werden, wozu auch das Datenpaar m/z 143,0817 | R_t 5,2 min zählt.

Dieser Marker wurde in einer retrospektiven Suche gegen die Honigdatenbank abgeglichen, um ein natürliches Vorkommen in Honigen bestimmten geographischen oder botanischen Ursprungs auszuschließen. Die nachfolgende Suche in der Datenbank Pubchem ergab für die monoisotopi-

sche Masse 142,0744 (143,0817- Masse [Proton]) die Summenformel $C_6H_{10}N_2O_2$ bei einem Massefehler von 1,4 ppm. Der Neutral Loss von 46 Da im MS/MS-Spektrum lässt auf die Anwesenheit einer Carbonsäure-Funktion in der Molekülstruktur schließen (siehe Abb. 3A).

Nach Abgleich mit weiteren Datenbanken und dem Vergleich von MS/MS-Spektren potenzieller Molekül-Kandidaten wurde vermutet, dass es sich bei der Sub-

stanz um Ectoin handelt. Um diese Annahme zu bestätigen, wurde Ectoin als analytischer Standard kommerziell erworben. Das MS/MS-Spektrum des Markers im Fructose-Glucose-Sirup stimmt gut überein mit jenem des Ectoins (Abb. 3B). Die Retentionszeit im Sirup entspricht jener des analytischen Standards. Die sogenannte Co-Chromatographie, eine Chromatographie einer Mischung aus Sirup und Standardsubstanz, zeigt lediglich einen Peak ohne Schulter oder Splitting, was die Identität des Markers als Ectoin abschließend beweist (Abb. 4). Folglich stellt das Molekül eine identifizierte Markerverbindung zum Nachweis von Fructose-Glucose-Sirup in Honigen dar.

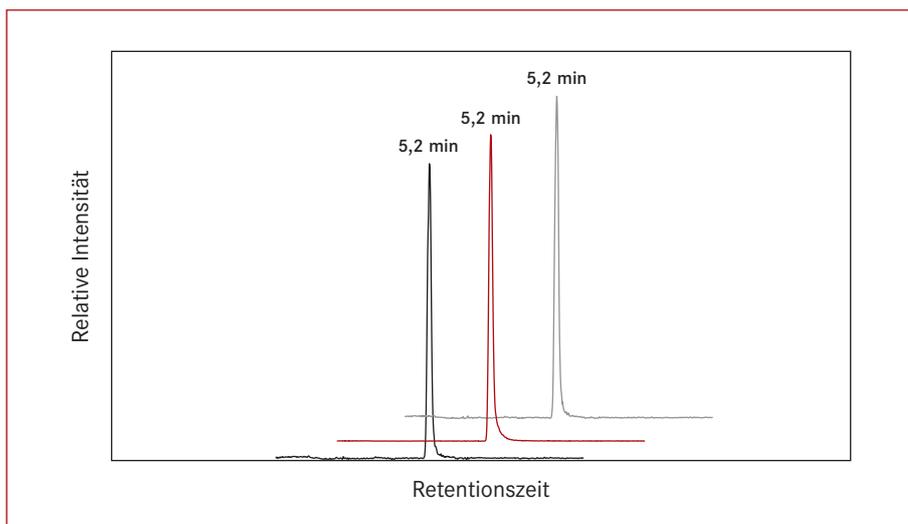


Abb. 4 Chromatogramme der extrahierten Massenspur m/z 143,0817 im Fructose-Glucose-Sirup (Schwarz), analytischen Standard (Rot) und in einer Mischung aus Fructose-Glucose-Sirup und Ectoin-Standard [Co-Chromatographie] (Grau)

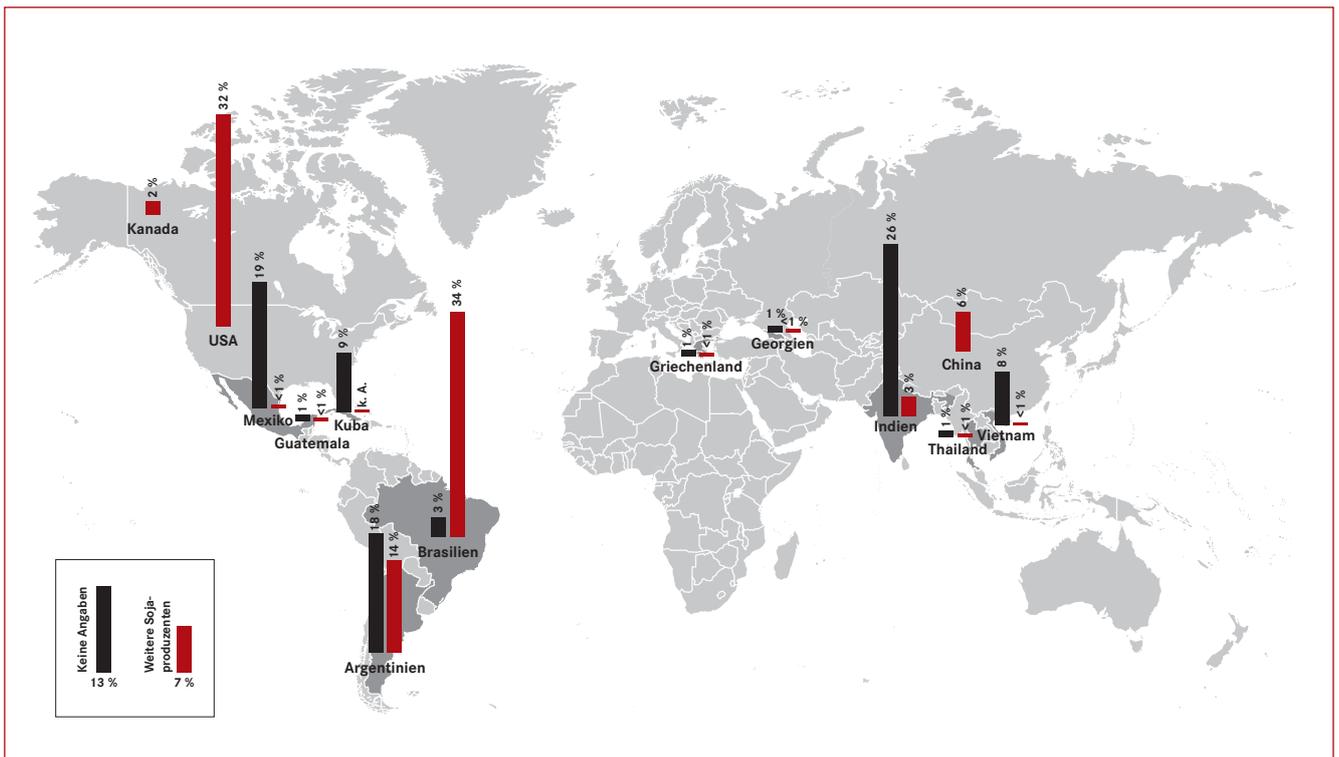


Abb. 5 Weltweite Verteilung der Honigproben mit positiven Ectoin-Befunden (dunkelgrau hinterlegte Länder). Die schwarzen Balken zeigen den prozentualen Anteil an positiven Proben. Die roten Balken stellen den prozentualen Anteil an weltweiter Soja-Produktion im Jahr 2020 dar [10].

Vorkommen von Ectoin

Die heterozyklische Aminosäure L-Ectoin (siehe Abb. 3) wird natürlicherweise von hauptsächlich aeroben, chemoheterotrophen und halophilen Bakterien gebildet. Aufgrund der wasserbindenden Eigenschaften stabilisiert das Molekül als kompatible Solute Zellmembranen und Makromoleküle wie Enzyme und DNA, wodurch die Zelle vor extremen Umweltbedingungen wie Hitze und hohen Salzkonzentrationen geschützt wird [8,9]. Die Anwesenheit von Ectoin im Sirup ist auf das verwendete Enzympräparat Glucose-Isomerase zurückzuführen, welches Ectoin zur Erhaltung der Enzymaktivität enthält. Dies konnte durch Analyse eines wässrigen Extraktes des Enzymes bestätigt werden. Das Enzympräparat findet auch bei der industriellen Produktion von Sirupen Anwendung, wodurch das Molekül Ectoin als Marker hierfür dienen kann. Mittels weiterer Messungen wurde die Substanz auch in authentischen südamerikanischen Bienen-

futtern auf Basis von Soja- und Jatobamehl in hohen Mengen detektiert. Geringe Mengen wurden in einem deutschen Futterteig nachgewiesen, dessen Zutatenliste Soja enthält. Möglicherweise wird Ectoin bei der Produktion oder Verarbeitung von Sojamehlen eingesetzt. Im Zuge von Routinemessungen wurde Ectoin in 151 Honigproben detektiert, wobei rund ein Viertel davon aus Indien stammen. Jeweils knapp 20 Prozent der Honige sind mexikanischen und argentinischen Ursprungs. Weitere positive Proben sind den Ländern Cuba (9%), Vietnam (8%) und Brasilien (3%) zuzuordnen. Die restlichen Honige stammen aus Guatemala, Griechenland und Thailand. 13 Prozent der Proben besitzen keine Angabe ihres geographischen Ursprungs (schwarze Balken, Abb. 5). Die positiven Proben sind überwiegend den Regionen Mittel- und Südamerika sowie Süd- und Südostasien zuzuordnen. Betrachtet man nun die Verteilung der weltweiten Soja-Produktion, können teilweise Korrelationen festgestellt werden (rote Bal-

» Das LC-HRMS-Screening ermöglicht eine sensitive Überprüfung der Authentizität von Honigen bezüglich des Zusatzes von Zuckersirupen. «



Bernd Kämpf

Zur Person: Seit mehr als 20 Jahren in der Qualitätssicherung von Honig und Bienenprodukten tätig. Zurzeit Geschäftsführer der FoodQS GmbH, einem akkreditierten Labor mit Schwerpunkt Authentizitätsanalytik von Honig/Bienenprodukten, veganen Süßungsmitteln, Fruchtsäften und Speiseölen; Mitglied in mehreren nationalen und internationalen Arbeitsgruppen; Erfahrungen im Bereich der instrumentellen Analytik von

Pestiziden, pharmakologisch wirksamen Stoffen, gentechnisch veränderten Organismen und anderen Kontaminanten.

ken, Abb. 5). Vor allem in Honigen aus Argentinien und Brasilien, welche zusammen für nahezu 50 Prozent der globalen Sojaproduktion verantwortlich sind, wurde relativ häufig Ectoin detektiert. Möglicherweise ist dies, wie auch in Mexico, Guatemala und Cuba, auf das Füttern von Bienen mit Soja-haltigen Produkten zurückzuführen. Auch in Asien, hauptsächlich Indien und China, wird viel Soja angebaut, was eventuell im Zusammenhang mit den Ectoin-positiven Honigproben aus Indien, Thailand und Vietnam

steht. Dennoch muss ein Eintrag von Ectoin auch über Sirup immer in Betracht gezogen.

Beurteilung der Ergebnisse des HRMS-Screening

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen kann festgehalten werden, dass Ectoin natürlicherweise nicht in Honigen vorkommt. Im Zuge eines HRMS-Screenings zur Authentizität von Honig kann neben dem Ergebnis „HRMS-Screening positiv/negativ“ nun eine Aussage bezüglich der Detektion von Ectoin getroffen werden. Der Nachweis des Markers weist auf einen Eintrag von fremdem Material in Honig hin. Hierbei kann analytisch leider nicht differenziert werden, ob es sich um Reste einer Fütterung von Soja-haltigem Material oder um den Zusatz von Fructose-Glucose-Sirup handelt. Diese Thematik kann in einem Text zur Beurteilung des Ergebnisses erläutert werden. Durch die Identifizierung des Markers Ectoin und die Angabe dessen Analyseergebnisses wird der Gehalt an Informationen und somit die Aussagekraft des HRMS-Screenings zur Bewertung der Authentizität von Honig deutlich erhöht. Der Kunde erhält mehr Informationen zur Beurteilung der Honigprobe und

Damit Sie wissen, was drin ist!

Hrsg. von der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie.
 Bearbeitet von Dr. Gaby Andersen und Katrin Soyka.
 5. Auflage 2011. XX, 484 Seiten. Format 11,5 x 16,5 cm.
 Kunststoff flexibel. ISBN 978-3-8047-2679-6. € 26,80 [D]
E-Book, PDF: € 26,80 [D].
 ISBN 978-3-8047-2939-1



Ob Kalorien, Vitamine oder Aminosäuren, in Austern, Parmesan, Nudeln, Pastinake oder Truthahn – hier steht's. Der kleine Bruder des bewährten „großen SFK“ liefert wissenschaftlich fundierte, mehrfach geprüfte und verlässliche Daten zu über 50 Inhaltsstoffen in über 340 Lebensmitteln, gegliedert nach Lebensmittelgruppen. Nährwerte, Energiegehalt, Hauptbestandteile und Inhaltsstoffe in einheitlicher Systematik und handlichem Format – schlagen Sie einfach nach!

WVG Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart
 Birkenwaldstraße 44 | 70191 Stuttgart
 Telefon 0711 2582 -341 | Telefax 0711 2582 -390
 www.wissenschaftliche-verlagsgesellschaft.de

Alle Preise inklusive MwSt. (D), sofern nicht anders angegeben. Lieferung erfolgt versandkostenfrei innerhalb Deutschlands. Lieferung ins Ausland zuzüglich Versandkostenpauschale von € 7,95 pro Versandstück. E-Books sind als PDF online zum Download erhältlich unter www.dav-medien.de

somit eine bessere Entscheidungsgrundlage, wie mit der entsprechenden Honigcharge verfahren werden kann. Ohne die Identifizierung und nachfolgenden Studien zum Vorkommen des Markers resultiert dessen analytischer Nachweis lediglich im Ergebnis „HRMS-Screening positiv“, was der Beurteilung „Es konnte ein Zusatz von Zuckersirup nachgewiesen werden“ entspricht. Diese Erläuterungen verdeutlichen, dass die Identifizierung eines Markers einer Screening-Methode eine exaktere und differenzierte Beurteilung der Laborprobe ermöglicht, wodurch falsch-positive Ergebnisse vermieden werden können.

Fazit

In der Qualitätssicherung von Honigen werden vermehrt moderne Screening-Verfahren mittels NMR und LC-HRMS zur Beurteilung der Authentizität eingesetzt. Im vorliegenden Artikel werden die Eigenschaften

von Screening-Methoden betrachtet. Mittels LC-HRMS-Screening wurde ein Marker für den Zusatz von Fructose-Glucose-Sirup in Honigen ermittelt und als chemisches Molekül Ectoin identifiziert. Weitere Untersuchungen ergaben, dass die Honige mit positivem Nachweis vor allem aus den Regionen Mittel- und Südamerika sowie Süd- und Südostasien stammen. Zudem wurde Ectoin in Bienenfutter auf Sojabasis nachgewiesen. Die beschriebene Identifizierung des Markers Ectoin sowie die Ergebnisse der weiteren Untersuchungen erlauben es, das Ergebnis des HRMS-Screenings differenzierter anzugeben. Anstatt eines positiven Ergebnisses des Screenings, was den Zusatz von Zuckersirupen bestätigt, kann nun der Nachweis von Ectoin separat angegeben werden. Um eine transparente und auch vergleichbare Analytik gewährleisten zu können, sollte die im Artikel beschriebene Vorgehensweise zur Identifizierung eines Markers immer das Ziel im Rahmen einer Screening-Methode sein.

» **Der Nachweis von Ectoin in Honigen weist auf Rückstände einer Fütterung oder auf den Zusatz eines Fructose-Glucose-Sirups hin – eine Unterscheidung auf analytischer Ebene ist nicht möglich!** «

Literatur

- [1] *Owolabi IO, Olayinka JA* (2021): Incidence of fraud and adulterations in ASEAN food/feed exports: A 20-year analysis of RASFF's notifications. *PLoS ONE* **16** (11)
- [2] *Jurica K et al.* (2021): Unauthorized food manipulation as a criminal offense: Food authenticity, legal frameworks, analytical tools and cases. *Foods* **10** (11):2570
- [3] Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 10/47, 12.01.2002, Richtlinie 2001/110/EG des Rates vom 20. Dezember 2001 über Honig
- [4] *Kämpf B* (2018): Psicose – eine neue Markersubstanz: Nachweis von Honigverfälschungen und Überprüfung der Authentizität. *Deut Lebensm-Rundsch* **114** (1):15–19
- [5] Kundeninformation FoodQS und QSI, Identität des SMB (Specific Marker-Beet, Marker für Rübenzuckersirup) geklärt, 2019, auf Anfrage erhältlich
- [6] *Kämpf B, Hauck J* (2019): HRMS in der Honiganalytik: Hochauflösende Massenspektrometrie – neue Möglichkeiten zur Überprüfung der Authentizität. *Deut Lebensm-Rundsch* **115** (6):255-261
- [7] www.cheminfo.org/Chemistry/Database/PubChem/Search_by_exact_mas_in_Pub_Chem/index.html
- [8] *Czech L et al.* (2018): Role of the extremolytes Ectoine and Hydroxyectoine as stress protectants and nutrients: Genetics, phylogenomics, biochemistry, and structural analysis. *Genes* **9** (4):177
- [9] *Bownik A, Stepniewska Z* (2016): Ectoine as a promising protective agent in humans and animals. *Arh Hig Rada Toksikol* **67** (4):260-265
- [10] Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAOSTAT, Crops and livestock products, countries all, item soybeans, elements production quantity, years 2020, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, aufgerufen am 04.05.2022

Kontakt

Jürgen Hauck
Bernd Kämpf
 FoodQS GmbH
 Mühlsteig 15
 90579 Langenzenn
 Juergen.hauck@foodqs.de
 www.foodqs.de