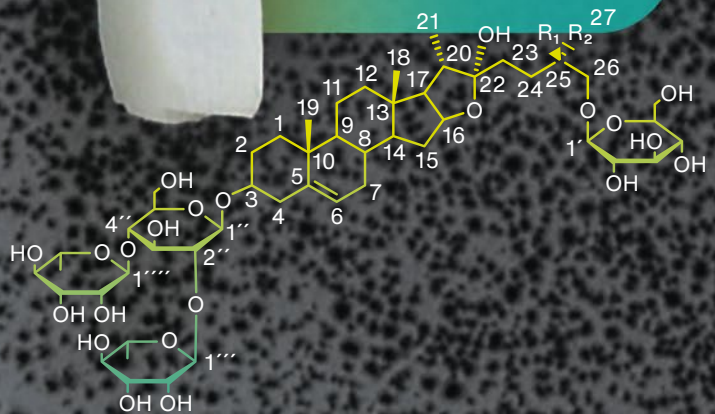


Link

[www.molekulare-sensorik.de](http://www.molekulare-sensorik.de)

Bitter   
Adstringierend   
Buttrig-belegend 

**Spargel enthält rund 80.000 Inhaltsstoffe**, sechs davon sind bitter. Prof. Corinna Dawid hat sie ausfindig gemacht und ihre chemische Struktur ermittelt (links unten ein Beispiel). Andere Inhaltsstoffe verursachen einen adstringierenden oder – besonders an den Spargelspitzen – einen buttrigen Geschmack.



Bildquelle, Grafik: edlundsepp (Quelle: TUM)

# Das Kaleidoskop des guten Geschmacks

Manche Lebensmittel enthalten mehrere Dutzend chemische Stoffe, die ihren Geschmack bestimmen. Sie voneinander zu trennen und zu identifizieren ist eine Sisyphusarbeit, der sich das Team um die Lebensmittelchemikerin Prof. Corinna Dawid verschrieben hat. Die Forscherinnen und Forscher arbeiten dabei mit einer Mischung aus Messgeräten und menschlichen Zungen.



**Die menschliche Wahrnehmung ist letztlich entscheidend:** Geschulte Testpersonen wie die Doktorandin Sabrina Schalk verkosten wässrige Lösungen der Geschmacksstoffe in unterschiedlicher Konzentration (siehe rechts oben die vorbereiteten Reagenzgläser). So können sie die Verdünnung ermitteln, ab der ein Bitterstoff zu schmecken ist.

**D**ie Klammer auf der Nase zwickt ein bisschen und lässt meine Stimme wie Donald Duck klingen. „Das muss sein“, entschuldigt sich Christoph Hald, „weil wir beim Geschmackstest mögliche Geruchsreize ausschalten wollen.“ Ort der Handlung ist eine Sensorik-Kabine im Institut für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik am Wissenschaftszentrum Weihenstephan. Vor mir stehen zwei Reihen zu je acht Röhrchen. Sie sind mit Wasser gefüllt und sehen alle gleich aus, enthalten aber unterschiedliche Konzentrationen eines Bitterstoffs. „Die verkosten wir jetzt eine nach der anderen, von rechts nach links, von den niedrigen zu den höheren Konzentrationen. Mit der Pipette einfach einen Milliliter aufziehen, auf die Zunge träufeln, aber nicht schlucken, und dann ausspucken!“, erklärt der junge Wissenschaftler, der hier am Institut seine Doktorarbeit macht.

Gar nicht so einfach, doch nach ein paar Anläufen klappt es ganz gut. Meine Aufgabe besteht darin, jeweils zwei Flüssigkeiten zu vergleichen. Eine enthält den Bitterstoff, die andere nicht. Die Lösung kennt nur der Versuchsleiter. Die ersten drei Verdünnungsstufen schmecken alle gleich, nämlich nach nichts. Doch von der vierten Verdünnungsstufe an schmeckt jeweils eine der beiden Flüssigkeiten eindeutig bitter. Damit ist die Schwelle gefunden, ab der die Geschmacksrezeptoren den gelösten Bitterstoff gerade noch wahrnehmen können.

Was Christoph Hald mir eben beigebracht hat, ist für ihn selbst Routine – ebenso wie für seine rund 40 Kolleginnen und Kollegen, die als (Gast-)Wissenschaftler oder Doktoranden am Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik den Geschmack von Nahrungs- und Genussmitteln erforschen. Die Übung ist fester Bestandteil eines

cleveren Forschungskonzepts namens Sensomics. Von Münchner Lebensmittelchemikern entwickelt, wird es heute von Forschern und Lebensmittelherstellern in aller Welt angewendet. Das Besondere daran: Es kombiniert präzise Analysen durch hochauflösende Messgeräte mit dem Geschmacksurteil menschlicher Testpersonen. So lassen sich unter den Zigtausenden von Substanzen in Rotwein, Kaffee, Brot oder Käse jene Stoffe identifizieren, die den jeweiligen Geschmack dieser Lebens- und Genussmittel ausmachen. Oder störende Geschmacksnoten aufspüren, die ansonsten hochwertige Speisen ungenießbar machen.

### **Bitter ist ein Warnsignal**

„Wenn etwas zu bitter schmeckt, sind wir alarmiert und essen das lieber nicht. Denn unser Körper hat seit Urzeiten gelernt, dass bittere Pflanzen oft giftig sind. Schließlich will die Pflanze damit Fressfeinde abwehren und kann so auch unserer Gesundheit schaden“, erklärt Prof. Corinna Dawid, einst Doktorandin und heute kommissarische Nachfolgerin von Prof. Thomas Hofmann am Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik. Ausnahmen bestätigen die Regel, so die Wissenschaftlerin: „Nicht jeder pflanzliche Bitterstoff ist in den Konzentrationen, die wir aufnehmen, giftig, und Genussmittel wie Kaffee und Bier oder Grapefruit und Radicchio schätzen wir ja gerade wegen ihrer bitteren Note.“ In vielen Produkten ist ein bitterer Beigeschmack jedoch unakzeptabel – zum Beispiel in Backwaren, pflanz-



lichen Brotaufstrichen und Wurstanaloga oder gar in Milchersatzprodukten. Diese und viele weitere Lebensmittel ließen sich mit wertvollen pflanzlichen Proteinen aus Hülsenfrüchten, Kartoffeln oder Getreide anreichern – wenn da nicht dieser störende Bittergeschmack wäre. So fallen heute große Mengen von nahrhaften Pflanzenproteinen als „Nebenstromprodukte“ an, das heißt, als Restprodukte bestimmter Herstellungsprozesse, die nicht für die menschliche Ernährung genutzt werden können. Stattdessen werden sie in geringen Konzentrationen dem Tierfutter beigemischt oder dienen zur Erzeugung von Biogas. ▶

**Die Beleuchtung der Testkabinen** wird so eingestellt, dass die Testperson nicht anhand der Farbe Rückschlüsse auf den Geschmack der Lösung ziehen kann.





Um tierische Proteine herzustellen, wird sechsmal so viel landwirtschaftliche Fläche benötigt wie für pflanzliche Proteine.

6x

### Der Kampf gegen die Bitterkeit

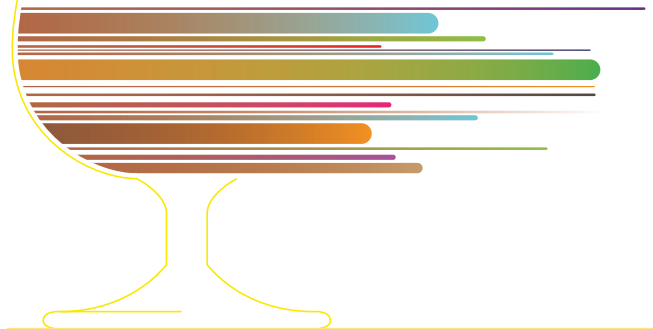
Beispiel Raps: Um aus den Früchten das begehrte Speiseöl zu gewinnen, werden die reifen Samen gepresst. Übrig bleibt der Rapskuchen, der zu 30 bis 40 Prozent aus Eiweiß besteht. „Rapsprotein hat in Kombination mit anderen pflanzlichen Proteinen eine für die menschliche Ernährung ideale Aminosäuren-Zusammensetzung. Dazu kommt, dass seine Erzeugung nachhaltig ist und keine zusätzlichen Agrarflächen benötigt werden, weil die Pflanze ja ohnehin zur Ölproduktion angebaut wird. Deshalb sollten wir diese Proteinquelle unbedingt nutzen“, fordert Dawid. Tatsächlich wird heute weltweit mehr als sechsmal mehr Fläche als Weideland und zum Anbau von Viehfutter beansprucht als für die Erzeugung von Getreide, Obst und Gemüse. Die massenhafte Haltung von Nutztieren verschärft den Kampf

um das begrenzte Ackerland auf unserem Planeten, und ihre Ausdünstungen tragen zum weiteren Anstieg klimaschädlicher Gase bei. Vor diesem Hintergrund scheint es dringend geboten, mehr pflanzliche Eiweißquellen für die menschliche Ernährung zu erschließen.

Auch als Quelle für hochwertige Ballaststoffe könnten künftig Nebenstromprodukte der Getreide und Kartoffelverarbeitung wie beispielsweise Spelzen und Schalen dienen. Allerdings stellt sich hier das gleiche Problem wie beim Raps: Den aufgereinigten Hafer-, Weizen- und Kartoffelballaststoffen haften Bitterstoffe an, die sich als Geschmacksverderber erweisen. „Mit unserem Sensomics-Konzept haben wir inzwischen herausgefunden, um welche Substanzen es sich handelt. Anders als beim Rapsprotein haben wir es jeweils mit einem ganzen Blumenstrauß an verschiedenen Bitterstoffen zu tun. Jetzt suchen wir nach Möglichkeiten, sie abzureichern und damit die Ballaststoffe genießbar zu machen“, sagt Dawid. Falls das gelingen sollte, könnten die neuen Pflanzenfasern eines Tages durchaus in Pizza und Burger Verwendung finden und deren Verzehr gesünder machen (siehe dazu auch den Beitrag ab Seite 20).



# 36



## Vom Riechen und Schmecken

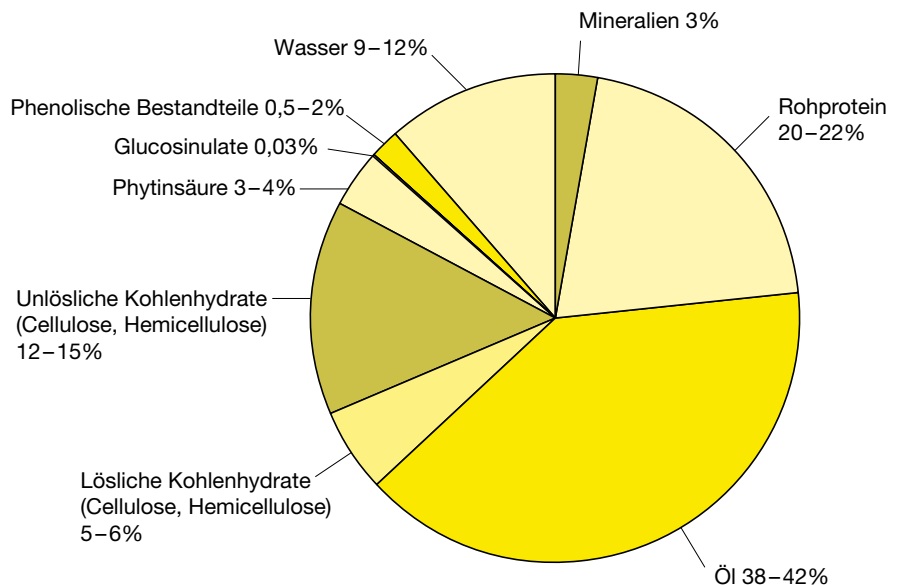
Zum Genuss von Lebensmitteln und Getränken tragen Geruch und Geschmack gleichermaßen bei. Die Aromastoffe steigen uns in die Nase, die löslichen Komponenten stimulieren die unterschiedlichen Rezeptoren im Mundraum. Nach dem ersten Bissen oder Schluck können weitere Geruchsstoffe entstehen, steigen über den Gaumen hoch und runden den Gesamteindruck ab. Meist genügen wenige Verbindungen in den richtigen Mengenverhältnissen, um einen unverwechselbaren Geruch zu erzeugen: Buttermilch erkennen wir an lediglich drei Aromastoffen, Ananas- oder Erdbeersaft benötigt neun respektive zehn und Bier bis zu 20 Verbindungen. Komplexere Gemische stecken hinter den Gerüchen von Getränken und Spirituosen: Bier enthält 17 – 20 geruchsaktive Substanzen, der Saft von Orangen oder Grapefruit 22 respektive 24. Komplexere Düfte verströmen Kaffee, Rotwein und Bourbon-Whisky mit 24 bis 27 Aromen. Unübertroffene Champions sind Cognac und Brandies mit charakteristischen Bouquets aus 36 verschiedenen Komponenten.

## Das Sensomics-Konzept

Nebenstromprodukte wie Raps-, Erbsen- oder Kartoffelproteine könnten dabei eine bedeutende Rolle spielen. Um ihren bitteren Geschmack zu entfernen oder zu kaschieren, muss man zunächst einmal wissen, von welchen Substanzen er verursacht wird. Hald hat den Hauptbitterstoff im Raps gefunden – mit viel Fleiß und einer guten Portion Glück. Denn wie sich zeigte, stammt er von einer einzigen Substanz namens Kaempferol-3-O(2''''-O-sinapoyl-β-sophorosid). Entdeckt und identifiziert hat der Doktorand die Verbindung mithilfe des Sensomics-Konzepts. Das Grundprinzip erklärt er so: „Zuerst wird das Rapsprotein gereinigt und mit verschiedenen Lösungsmitteln in mehrere Fraktionen – also Untergruppen gemäß ihrer Löslichkeit – aufgeteilt. Danach werden die Lösungsmittel entfernt, durch Wasser ersetzt und in der Sensorik-Kabine von geschulten Testpersonen verkostet. So finden wir die Gruppen, in denen sich der oder die Bitterstoffe befinden. Und die analysieren wir dann weiter.“ Mit immer feineren Methoden werden die bitter schmeckenden Fraktionen weiter aufgetrennt, gereinigt und erneut verkostet, bis schließlich nur jene Extrakte übrig bleiben, die die gesuchten Stoffe enthalten. „In meinem Fall war am Ende nur noch eine Fraktion übrig. Das war Zufall, denn in anderen Lebensmitteln wird der Bittergeschmack durch eine Vielzahl von Inhaltsstoffen verursacht.“

Bildquellen: Wolfgang Fliser, Grafik: edlundsepp (Quelle: www.depositionce.tu-berlin.de/bitstream/11303/680/1/Dokument\_40.pdf)

**Frisch geerntete Rapssamen** bestehen zu einem Fünftel aus hochwertigem Protein. Nachdem das Öl herausgepresst wurde, beträgt der Eiweißanteil im getrockneten Rapskuchen bis zu 40 Prozent.



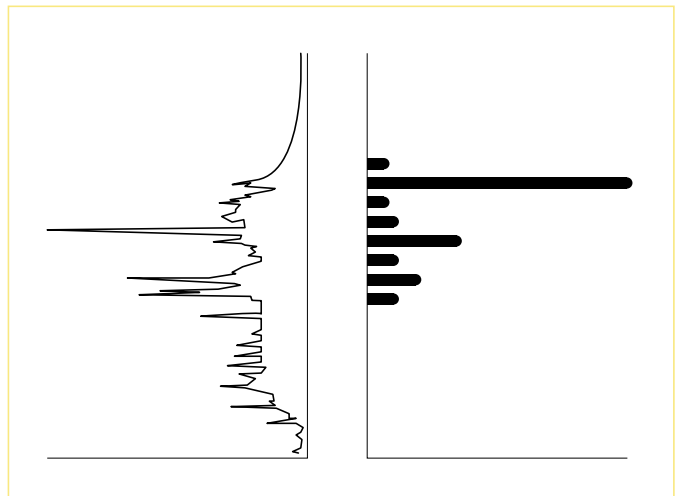
# Teamwork zwischen Mensch und Maschine: Das Sensomics-Konzept



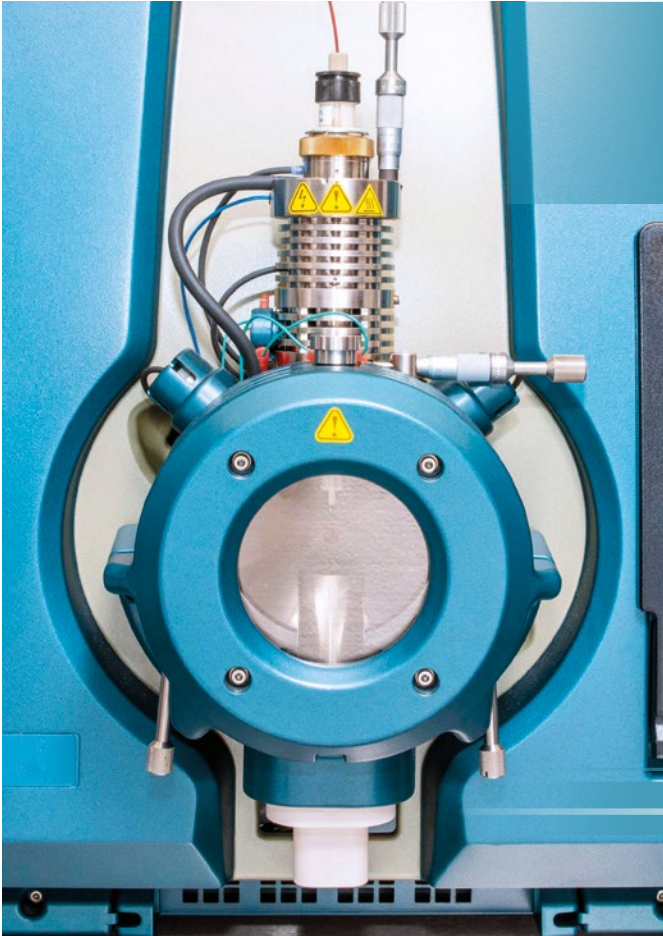
## Aktivität-orientierte Fraktionierung

Eine Lebensmittelprobe wird mittels unterschiedlicher Lösungsmittel in zahlreiche Fraktionen aufgeteilt. Jede Fraktion wird durch hochauflösende Analysegeräte weiterbehandelt, bis sämtliche Inhaltsstoffe voneinander separiert sind: Jeder Peak in der Kurve rechts kennzeichnet eine Einzelsubstanz.

Parallel dazu wird jede Fraktion von geschulten Testpersonen verkostet, um die geschmacksaktiven Bestandteile aufzuspüren. Je höher der Balken, desto potenter ist der Geschmacksstoff (die Balken rechts). Von den oft zigtausend Verbindungen eines Lebensmittels sind typischerweise nur einige wenige für den Geschmack wesentlich.

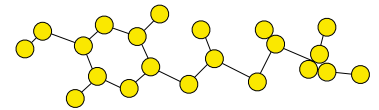
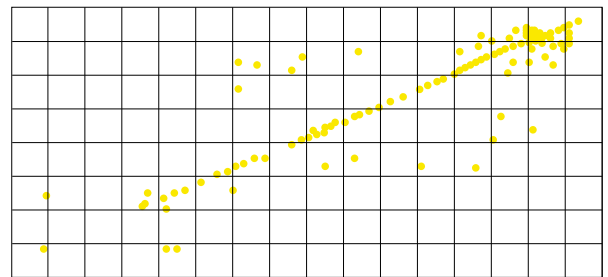


# 2



## Strukturaufklärung

Nun gilt es, sämtliche Einzelverbindungen, die von menschlichen Testpersonen geschmeckt wurden, zu identifizieren. Dazu werden im Massenspektrometer (links) die Atomgewichte ermittelt und im Kernspinresonanzspektrometer (unten) deren räumliche Anordnung bestimmt.





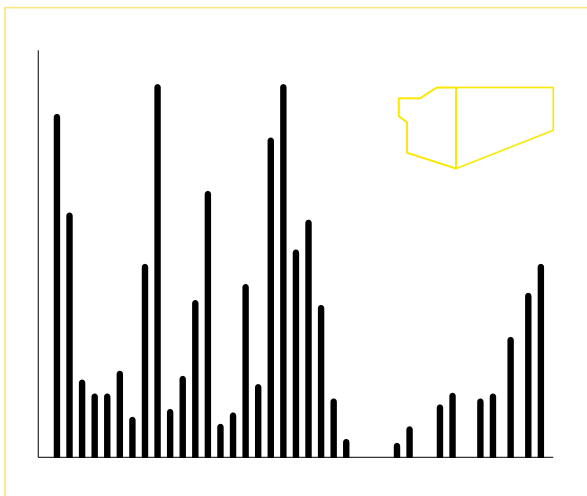
# 3.



Christoph Hald an einer Reihe von Geräten, die das Lösungsmittel aus den Geschmacksstoffen verdampfen. Es wird dann durch Wasser ersetzt.

### Quantitative Analytik

Wenn sämtliche geschmacksaktiven Komponenten identifiziert sind, müssen ihre natürlichen Konzentrationen und Mengenverhältnisse im Lebensmittel bestimmt werden. Diese Quantifizierung geschieht in der Regel maschinell und erfordert äußerst präzises Arbeiten.

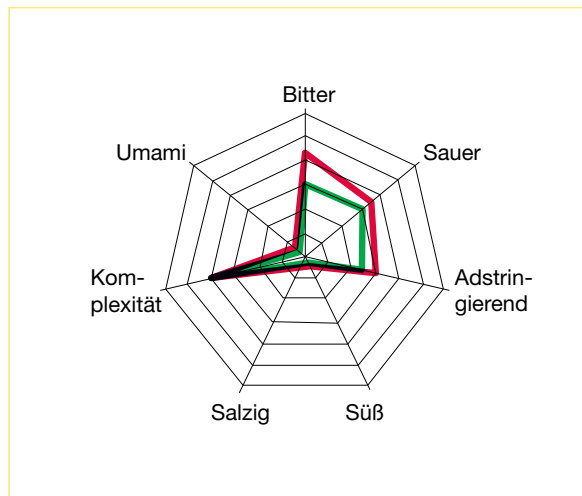


### Rekombinationsexperimente

Zuletzt werden sämtliche geschmacksaktiven Bestandteile, jeweils in ihren natürlichen Mengenverhältnissen, zusammengefügt. Dieses Rekombinat sollte nun exakt dieselben Geschmackqualitäten aufweisen wie das echte Lebensmittel. Wenn die Testpersonen keinen Unterschied zwischen Rekombinat und Original feststellen können, ist der Coup geglückt. Falls doch, geht die Suche nach eventuell noch fehlenden Substanzen oder einer etwas abweichenden Mengenzusammensetzung in die nächste Runde.



# 4.



Bei zu unterschiedlichen Ergebnissen erneuter Testlauf



Erfolgreiches Rekombinat

**Messgeräte wie Massenspektrometer** und Hochleistungsflüssigkeitschromatographen stehen den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik zur quantitativen Analytik zur Verfügung.



Das Prinzip des Sensomics-Konzepts klingt simpel. Doch seine Anwendung erfordert einen immensen Aufwand an Messtechnik. Entsprechend beeindruckend ist die Geräteausstattung in den Laborräumen des Lehrstuhls, die sich auf drei Stockwerke verteilen: Diverse Chromatographie-Anlagen können kleinste Mengen einer Lebensmittelprobe vollautomatisch in ihre Komponenten auftrennen. Hochauflösende Massenspektrometer geben Auskunft über die Molekulargewichte unbekannter Verbindungen. Und um die räumliche Struktur von Substanzen aufzuklären, stehen am Zentrum für Lebensmittelchemie drei Kernspinresonanz-Spektrometer mit 400, 500 und 600 Megahertz Leistung parat. „Das sind echte High-End-Geräte“, schwärmt Dawid. Mit diesen Messgeräten lassen sich auch wissenschaftliche Fragen jenseits des Geschmacks untersuchen,

so die kommissarische Lehrstuhlleiterin: „Wir interessieren uns für den Stoffwechsel und wollen wissen: Was passiert mit einem Lebensmittel in unserem Körper? Wie viel davon kommt in der Leber an, wie viel wird im Urin ausgeschieden? Oder wir messen zusammen mit Biologen Phytohormone und andere Pflanzenstoffe. Uns interessiert zum Beispiel, welche wertgebenden Lebensmittelinhaltsstoffe durch abiotischen und biotischen Stress neu gebildet oder in ihren Konzentrationen beeinflusst werden. Die Anwendungen sind fast unbegrenzt.“ ▶

*„Die Erzeugung von Rapsprotein benötigt keine zusätzlichen Agrarflächen.“*

Corinna Dawid

**Wie lässt sich der bittere Geschmack aus dem Rapsprotein tilgen?**



**Option Nummer 1**

Man sucht nach Bitterblockern, die den Bittergeschmack kaschieren und damit unsere Sinneszellen auf der Zunge quasi überlisten.

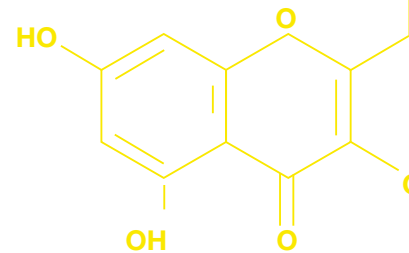


**Option Nummer 2**

Auch der technische Prozess der Proteingewinnung bietet Möglichkeiten, das Kaempferol 3-O(2''-O-sinapoyl-β-sophorosid) ganz oder teilweise zu entfernen. Entscheidend ist, dass der Bitterstoff im Endprodukt in Konzentrationen vorliegt, die unterhalb der vom Menschen noch wahrnehmbaren Geschmacksschwelle liegt.

**Raps ohne Bitterstoffe?**

Und wie geht es mit dem Rapsprotein weiter, nachdem nun der Bitterstoff identifiziert ist? „Es gibt zwei Möglichkeiten, den bitteren Geschmack loszuwerden. Zum einen suchen wir nach Rapslinien, die weniger oder gar kein Kaempferol-Derivat enthalten. Dazu arbeiten wir derzeit im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Programms mit Genetikern und Züchtungsforschern in Göttingen, Gießen und Bielefeld zusammen. Zum anderen versuchen wir in Kooperation mit einem Industriepartner in Magdeburg den Bitterstoff beim technologischen Prozess der Proteingewinnung zu entfernen. In beiden Fällen müssen wir die Konzentration des Kaempferol-Derivates exakt bestimmen können“, so Dawid. Diese Aufgabe meistern die hochauflösenden Analysegeräte perfekt. Doch selbst die besten Messgeräte haben einen Makel: Sie können nicht schmecken. Und so können sie auch nicht beurteilen, welche der gemessenen



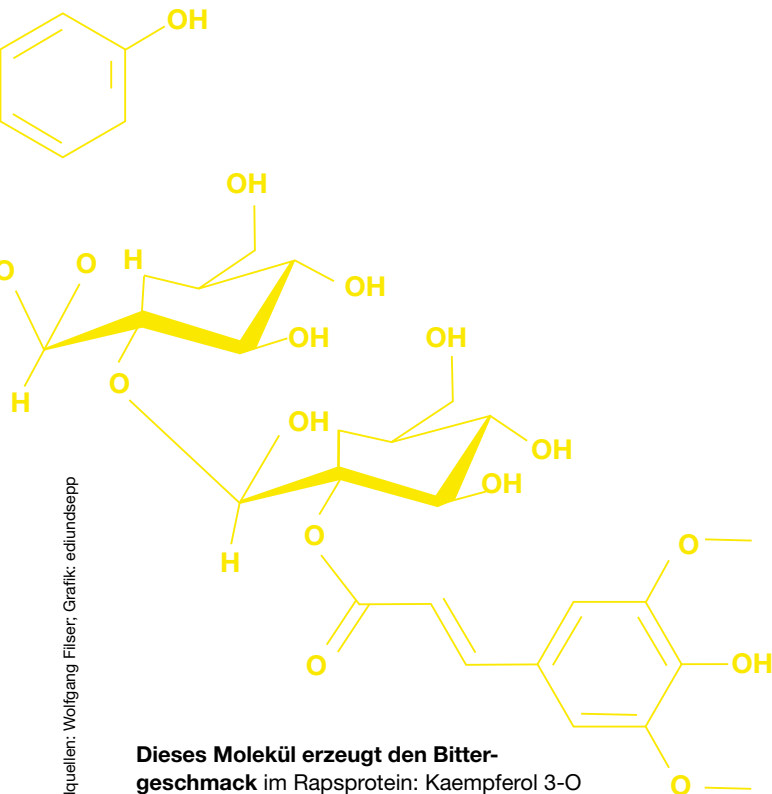
Konzentrationen für uns Menschen relevant sind. Diesen alles entscheidenden Job machen nach wie vor die Geschmackstester in der Sensorik-Kabine: von rechts nach links, von den niedrigen zu den höheren Konzentrationen. Mit der Pipette einen Milliliter auf die Zunge träufeln, aber nicht schlucken, und dann ausspucken.

■ Monika Offenberger



### Option Nummer 3

Pflanzenzüchter suchen gemeinsam mit Genetikern nach Rapspflanzen, die natürlicherweise weniger oder gar kein Kaempferol 3-O(2''-O-sinapoyl-β-sophorosid) herstellen. Dazu werden hunderte unterschiedlicher Rapslinien ausgepflanzt und auf ihren Gehalt an Bitterstoffen getestet. Vielversprechende Linien können in Eliterassen eingekreuzt werden.



**Dieses Molekül erzeugt den Bittergeschmack** im Rapsprotein: Kaempferol 3-O (2''-O-sinapoyl-β-sophorosid)

Bildquellen: Wolfgang Filser; Grafik: edlundsepp



**Prof. Corinna Dawid**

Nach dem Studium der Lebensmittelchemie an der Universität Münster begann Dawid noch in Münster eine Promotion bei Prof. Thomas Hofmann. 2007 folgte sie ihrem Doktorvater an das Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TUM. Während eines Forschungsaufenthalts an der University of Bangkok wirkte sie dort maßgeblich am Aufbau des Instituts für Molekulare Sensorik mit. Zurück in München begann sie ihre Habilitation mit Studien zur Stressresistenz bei Pflanzen. Nach der Ernennung von Hofmann zum TU-Präsidenten übernahm Dawid die kommissarische Leitung des Lehrstuhls für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik. Seither konzentrieren sich ihre Forschungsarbeiten wieder verstärkt auf die Geschmacks- und Aromaforschung.