

Gentechnik-Nachrichten Spezial 16

April 2004

Sind ökologisch angebaute Lebensmittel gesünder?

INHALT

Einleitung	2
Begriffe	2
Qualitätsuntersuchungen in Lebensmitteln	2
Gesetzlich vorgeschriebene Qualität	3
Ernährungsphysiologische Qualität	4
Sensorische Qualität	5
Komplementäre Ansätze zur Erfassung der Lebensmittelqualität	5
Kupferchloridkristallisation	6
Ultraschwache Photonenemission	6
Nachernteverhalten	7
Futterwahltests und Fütterungsversuche	8
Stichwort Gentechnik	8
Fazit	9
Quellen	9

Einleitung

Die Spezial-Ausgaben der Gentechnik-Nachrichten vertiefen mehrmals im Jahr einen speziellen Aspekt der Gentechnik in der Landwirtschaft. Diese Ausgabe widmet sich der Betrachtung einer Alternative zur Agro-Gentechnik: dem ökologischen Landbau.

Der ökologische Landbau erfüllt zahlreiche, von VerbraucherInnen für die Lebensmittelherstellung gewünschte Attribute, z. B. landschafts-, ressourcen- und naturschonende Erzeugungsprozesse und tiergerechte Haltungsformen. Ein Großteil der VerbraucherInnen hält Bio-Lebensmittel deshalb heute für wohlschmeckender, gesünder und sicherer als die Erzeugnisse der konventionellen Landwirtschaft. Dieses Spezial befasst sich mit der Frage, ob aus der höheren *Prozessqualität* im Ökolandbau tatsächlich auch eine höhere *Produktqualität* resultiert. Da gerade auf dem Gebiet der Qualitätsforschung im Nahrungsmittelbereich erst wenige gesicherte Ergebnisse vorliegen, beschränkt sich diese Ausgabe auf Qualitätsuntersuchungen im Bereich der pflanzlichen Nahrungsmittel, speziell Obst und Gemüse.

Begriffe

Kennzeichen des **konventionellen Landbaus** sind unter anderem eine intensive Bodennutzung, Entkoppelung von Vieh- und Ackerbau, hoher Kapital- und Energieeinsatz sowie Monokulturen bzw. vereinfachte Fruchtfolgen. Der Einsatz von leichtlöslichen mineralischen Stickstoffdüngern ist erlaubt, ebenso sind Wachstumsregulatoren üblich. Im Pflanzenschutz werden alle nach dem Pflanzenschutzmittelgesetz erlaubten Maßnahmen zur Schadensabwehr genutzt. Produktmenge, Verarbeitungseignung und marktgerechte Qualität der Produkte sind wichtige Kriterien. Auch gentechnische Methoden dürfen angewendet werden.

Im **ökologischen Landbau** wird eine Kreislaufwirtschaft mit möglichst geschlossenen Nährstoffzyklen angestrebt. Die Schonung nicht erneuerbarer Ressourcen steht im Vordergrund. Weitere Kennzeichen sind vielseitige Fruchtfolgen und eine Verstärkung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit durch schonende Bodenbearbeitung, Bodenruhe, Gründüngung etc. Der Einsatz mineralischer Stickstoffdünger ist restriktiv geregelt, synthetische Pflanzenschutzmittel sind nicht erlaubt. Die Produktion ist auf die Qualität des Systems und die hohe Qualität des Produktes ausgerichtet. Auf gentechnische Methoden wird verzichtet.

Mit der **Prozessqualität** werden die Auswirkungen auf die Um- und Mitwelt von der Produktion bis zur Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse erfasst und bewertet. Dazu gehören verschiedene Bereiche, z. B. Boden, Wasser, Luft, Energie und Artenvielfalt. Insgesamt weist der Ökolandbau in diesen Bereichen eine höhere Prozessqualität auf als der konventionelle Anbau. Beispielsweise wirkt sich der intensive Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln im konventionellen Anbau negativ auf die Wasserqualität aus, da Nitrat und Pflanzenschutzmittel in Grund- und Oberflächenwasser eingetragen werden. Die Nitratbelastung begünstigt die Eutrophierung (Anreicherung von Nährstoffen in Gewässern), die zu einer Abnahme der Artenzahl in den Gewässern führt. Böden, die ökologisch bewirtschaftet werden, weisen höhere Humusgehalte, bessere physikalische Stabilität und besseres Wasserrückhaltevermögen auf, Nährstoffe werden rascher recycelt. Durch vielseitige Fruchtfolgen und das Verbot synthetischer Pflanzenschutzmittel trägt der ökologische Landbau aktiv zum Artenschutz sowohl bei Nutzpflanzen als auch bei der Ackerflora und -fauna bei.

Qualitätsuntersuchungen in Lebensmitteln

Die Qualität von Lebensmitteln lässt sich nach verschiedenen Kriterien beurteilen. Im folgenden wird auf die gesetzlich vorgeschriebene Qualität, die ernährungsphysiologische Qualität und die sensorische Qualität (Genusswert) ökologisch erzeugter Lebensmittel eingegangen und den konventionell angebauten gegenübergestellt.

Umfangreiche Untersuchungen der letzten Jahre haben allerdings gezeigt, dass die Qualität pflanzlicher Erzeugnisse insgesamt wesentlich mehr von der Sortenwahl, den Standortbedingungen

und den klimatischen Gegebenheiten abhängt als von anbauspezifischen Parametern (z. B. Ehrenbergerova et al., 1997; Varga et al., 2000). Eine qualitätsorientierte Erzeugung sollte sich daher sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau entsprechend geeigneter Sorten bedienen. Des Weiteren gibt es qualitätsmindernde Faktoren, denen alle pflanzlichen Erzeugnisse unabhängig von ihrer Anbauart ausgesetzt sind. Dazu gehören Umweltkontaminanten wie Dioxin, Schwermetalle und lange verbotene, aber persistente Verbindungen aus Pflanzenschutzmitteln (u. a. Lindan, DDT, polychlorierte Biphenyle). Auch hier hängt die Belastung der landwirtschaftlichen Produkte maßgeblich vom Standort und der früheren Landnutzung ab.

Gesetzlich vorgeschriebene Qualität

Die gesetzlich vorgeschriebene Qualität von Lebensmitteln leitet sich aus den geltenden Rechtsvorschriften ab. Unter anderem das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG) sowie nationale und EG-Verordnungen sollen die Sicherheit von Lebensmitteln garantieren und die VerbraucherInnen vor Täuschung schützen. Ökologische Produkte müssen zusätzlich unter Berücksichtigung der EG Öko-Verordnung (EWG 2092/91) erzeugt werden.

Für Rückstände von Pflanzenschutzmitteln ist in der Rückstands-Höchstmengenverordnung (RHmV) eindeutig festgelegt, welche Pestizide in welcher Menge in einem pflanzlichen Produkt auftreten dürfen. Der ökologische Landbau verzichtet jedoch vollständig auf den Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel. Obwohl durch Abdrift aus konventionellen Anbauflächen teilweise auch in Ökoprodukten geringe Rückstände auftreten können, sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Anbauarten signifikant. Das Ökomonitoring 2002 des Landes Baden-Württemberg (Amt für Lebensmittelüberwachung und Tiergesundheit) konnte in 93 % der untersuchten Öko-Lebensmittel keinerlei Pestizidrückstände feststellen. Eine Mehrfachbelastung durch Rückstände aus verschiedenen Pflanzenschutzmitteln tritt bei ökologischen Produkten quasi nicht auf. Die wenigen Proben mit auffälligen Rückständen sind in aller Regel über mehrere Handelsstufen aus dem Ausland importiert worden. In konventionellen Lebensmitteln werden dagegen häufig Rückstände – auch von mehreren verschiedenen Pflanzenschutzmitteln – nachgewiesen (75 % der getesteten Obst- und Gemüseproben im Jahr 2002). Überschreitungen der zulässigen Höchstmengen sind jedoch selten und hängen stark von der Art des Gemüses ab. Die Zeitschrift Öko-Test wies beispielsweise im Jahr 2002 bei 50 % der untersuchten Paprikaproben Überschreitungen der zulässigen Höchstmengen nach. Die untersuchten Proben aus kontrolliert biologischem Anbau waren dagegen nahezu rückstandsfrei (Öko-Test, 2002). Eine Pestizid-Analyse von Früh-Erdbeeren im Februar 2004 zeigte, dass bei 10 % der konventionell angebauten Beeren der gesetzliche Grenzwert für Pestizidrückstände überschritten wurde; nur 19 % waren rückstandsfrei. In den untersuchten Erdbeeren aus biologischem Anbau konnten keine Rückstände nachgewiesen werden (Krautter, 2004).

Der Nitratgehalt spielt vor allem für Gemüsepflanzen und Blattsalate eine große Rolle. Nitrat gelangt zum überwiegenden Teil durch die Stickstoff-Düngung im konventionellen Landbau in das Gemüse. In der Regel enthalten Produkte aus konventionellem Anbau folglich mehr Nitrat als Ökogemüse. Nitrat kann im Körper zu Nitrit umgesetzt werden, das krebserzeugende Nitrosamine bilden kann. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt daher eine Begrenzung der täglichen Nitrataufnahme auf weniger als 3,65 mg/kg Körpergewicht. Dieser Wert kann schon dann überschritten werden, wenn eine Person von 50 kg Körpergewicht z. B. eine große Portion Winterkopfsalat verzehrt. Gerade bei Babynahrung, für die laut Diätverordnung (DiätV) strengere Grenzwerte gelten, dominieren deshalb längst Ökoprodukte den Markt.

Schwermetalle gelangen zum einen über Abgase von Straßenverkehr und Industrie, zum anderen über Klärschlamm, der zur Düngung eingesetzt wird, in landwirtschaftlich genutzte Flächen. Zulässige Höchstmengen sind in der EG-Verordnung 466/2001 festgelegt. Den Schwermetallen in der Atmosphäre sind alle landwirtschaftlichen Erzeugnisse gleichermaßen ausgesetzt. Die Aufbringung von Klärschlamm ist im ökologischen Landbau jedoch verboten, so dass man hier prinzipiell von einer geringeren Schwermetallbelastung ausgehen kann. Genauere Untersuchungen fehlen jedoch. Die Schwermetallkonzentration hängt zusätzlich stark vom jeweiligen Standort sowie von der früheren Landnutzung ab.

Pathogene Keime (z. B. Salmonellen, *E. coli*) können grundsätzlich sowohl bei konventionellen als auch bei ökologischen Produktionsverfahren auftreten. Häufig wird angenommen, dass das Risiko einer Infektion mit pathogenen Keimen bei ökologisch erzeugten Pflanzen höher sei, da das Verbot des Einsatzes von chemisch-synthetischen Fungiziden der Verunreinigung durch Pilzgifte Vorschub leiste. In neueren Untersuchungen wurden jedoch lediglich in 1,5 % der biologisch angebauten Gemüseproben pathogene Keime gefunden (Sagoo, 2001). Dies stützt die Annahme der britischen Verbraucherschutzorganisation Food Standards Agency, dass die Erzeugnisse bei guter landwirtschaftlicher Praxis frei von krankheitserregenden Mikroorganismen sind.

Ernährungsphysiologische Qualität

Der gesundheitliche Wert von Nahrungsmitteln wird bestimmt durch die Energie- und Nährstoffgehalte wie beispielsweise die Anteile an Eiweiß, Fett, Kohlenhydraten, Vitaminen und Mineralstoffen. Auch Ballaststoffe (unverdauliche Bestandteile pflanzlicher Nahrungsmittel, z. B. Fasern, Gerüstsubstanzen, Schalen, Zellwände) und die sogenannten sekundären Pflanzenstoffe (s.u.) spielen für den gesundheitlichen Wert eine Rolle. Die ernährungsphysiologische Bedeutung vieler Inhaltsstoffe ist jedoch noch unbekannt. Generell besteht noch großer Forschungsbedarf, inwieweit sich ökologisch erzeugte von konventionellen Produkten hinsichtlich dieser Stoffe unterscheiden. Die vorhandenen Ergebnisse sind häufig widersprüchlich und lassen deshalb keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu.

Sicher ist, dass ökologische Erzeugnisse höhere Trockenmassegehalte aufweisen, was mit der geringeren Stickstoffverfügbarkeit aufgrund geringerer Düngung zusammenhängt (Sorensen et al., 1996). Damit verbunden sind höhere Konzentrationen aller enthaltenen Nährstoffe. Ein Bioapfel beinhaltet also mehr wertgebende Inhaltsstoffe als ein konventionell angebaute Apfel des gleichen Gewichts.

Im folgenden werden weitere Ergebnisse einer Übersichtsstudie zur Qualität ökologische Lebensmittel (Heaton, 2001) kurz dargestellt:

- Für den Gehalt der Vitamine A, B₁, B₂ und B₆ konnten keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Anbauarten festgestellt werden, obwohl die Konzentration an Provitamin A und Thiamin (Vitaminvorstufen für die Vitamine A und B₁) durch erhöhte Stickstoffzufuhr (z. B. durch Düngung) gesteigert werden kann.
- Die Menge an Vitamin C ist in einigen Obst- und Gemüsesorten (v.a. Spinat, Kopfsalate) des ökologischen Landbaus höher. Auch das kann auf die Stickstoffdüngung im konventionellen Landbau zurückgeführt werden.
- Bioprodukte enthielten in der Hälfte der Untersuchungen mehr Mineralstoffe. Vor allem der Gehalt an Eisen ist tendenziell höher. Eine Erklärung gibt es dafür bislang nicht. Im konventionellen Landbau werden dagegen durch die Düngung größere Mengen an Phosphor und Kalium zugeführt.

Sekundäre Pflanzenstoffe (SPS) sind Substanzen, die nur in ganz bestimmten Zellen vorkommen. Sie sind für die Zelle selbst entbehrlich, können aber für den Organismus als Ganzes nützlich sein. Darunter fallen Blütenfarbstoffe, Duftstoffe und Festigungselemente. Heute geht man davon aus, dass sekundäre Pflanzenstoffe in natürlich vorkommenden Konzentrationen gesundheitsfördernd oder heilend wirken, z. B. durch Stimulierung des Immunsystems, antioxidative, antibakterielle und antivirale Wirkung sowie Reduktion des Bluthochdrucks (Lampe, 1999). Ein hoher SPS-Gehalt in pflanzlichen Erzeugnissen ist also wünschenswert.

Bioaktive Inhaltsstoffe wie die SPS entstehen in Pflanzen im Zusammenhang mit der Reifung und insbesondere als Reaktion auf äußeren Stress, beispielsweise Pilzinfektionen, Sonneneinstrahlung, Trockenheit und Ozongehalte der Luft. Auch die Stickstoffverfügbarkeit spielt eine Rolle. Da die Produkte des ökologischen Landbaus meist einer kürzeren Reifedauer unterliegen (weil keine Überversorgung mit Stickstoff auftritt), besser ausgereift sind und durch das Verbot synthetisch-chemischer Pestizide Angriffen von Fraßfeinden stärker ausgesetzt sind, werden für Bio-Obst und -Gemüse höhere SPS-Gehalte postuliert (Brandt et al., 2001). Verschiedene Untersuchungen bestätigen diese Annahme: Tomaten wiesen höhere Carotinoid-Konzentrationen auf (Pither et al., 1990), bei Brokkoli wurden doppelt bis sechsfach höhere Gehalte an Sulforaphan, dem eine krebsprotektive

Wirkung zugeschrieben wird, festgestellt (Adam, 2002), Kartoffeln enthielten 10 % mehr Polyphenole (Hamouz et al., 1999).

Allerdings ist auch die Biosynthese der sekundären Inhaltsstoffe nicht nur von der Anbauart, sondern ebenso von der Sorte und den Standortbedingungen abhängig. Des weiteren ist es für die Beurteilung des gesundheitlichen Wertes nicht ausreichend, die Gehalte einzelner Stoffe zu ermitteln. Die pflanzlichen Stoffwechselwege sind eng miteinander verzahnt; synergistische und additive Wirkungen werden durch reine Inhaltsstoffangaben nicht erfasst. Weitere Forschungsarbeiten, insbesondere zur Bioverfügbarkeit der SPS (Rate und Ausmaß, in denen die SPS aufgenommen und für die Wirkung verfügbar werden), sind deshalb nötig.

Sensorische Qualität

Für die sensorische Qualität, also den Genusswert, sind Aussehen (Farbe, Form), Geruch, Geschmack und Konsistenz der Produkte entscheidend. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die sensorischen Eigenschaften von Lebensmitteln zu überprüfen. Zum einen existieren Unterscheidungstests, bei denen den Versuchspersonen – meist ungeschulte KonsumentInnen – drei Proben vorgelegt werden, von denen zwei identisch sind. Die Prüfpersonen werden gefragt, welches die abweichende Probe sei. Die Ergebnisse zeigen also, ob überhaupt ein geschmacklicher Unterschied zwischen den Proben wahrnehmbar ist. Anschließend kann von den Testpersonen zusätzlich erfragt werden, welche der Proben sie bevorzugen. Zum anderen können sensorische Analysen auch mit geschulten TesterInnen durchgeführt werden, die die Proben und ihre unterschiedlichen Geschmacksausprägungen nach bestimmten Kriterien beschreiben und quantifizieren.

Die Ergebnisse aus sensorischen Tests, in denen konventionell erzeugtes Obst und Gemüse mit ökologisch angebautem verglichen wurde, sind uneinheitlich. Zwar favorisierten die Versuchspersonen in einer Studie von Basker (1992) Bio-Bananen, die selben TesterInnen bevorzugten aber auch Mangos aus konventionellem Anbau. Bei Tomaten hängt die Präferenz von ökologischer oder konventioneller Anbauart offensichtlich von der Sorte ab (Johansson, 1999). Die höheren Trockenmassegehalte in Ökoprodukten bedingen eine höhere Konzentration aller Pflanzeninhaltsstoffe (s.o.) – also auch der geschmacksrelevanten. Häufig werden daher bei Bio-Gemüse die Geschmacksausprägungen „süß“ und „gemüsetypisch“ verstärkt genannt (Bourn, 2002). Die Textur von Bio-Obst und -Gemüse ist wegen des meist geringeren Wassergehalts in der Regel fester als die von konventionell angebautem.

Aus den derzeit bekannten Untersuchungen ergibt sich also kein eindeutiges Bild zum Genusswert ökologisch erzeugter pflanzlicher Erzeugnisse. Auch ist unklar, inwiefern es einen Zusammenhang zwischen Schmackhaftigkeit und wertgebenden Inhaltsstoffen in Obst und Gemüse gibt. Es ist jedoch unbestritten, dass Appetitentwicklung und Aufnahmebereitschaft in hohem Maße davon abhängen, ob ein Produkt den Geschmack der KonsumentInnen trifft. Da ein hoher Obst- und Gemüseverzehr nachweislich das Risiko für degenerative Erkrankungen wie unter anderem Herz-Kreislauf- und Krebserkrankungen vermindern kann, sind schmackhafte Produkte gerade in diesem Sektor wünschenswert.

Komplementäre Ansätze zur Erfassung der Lebensmittelqualität

Neben den chemisch-analytischen Untersuchungen zur Erfassung von wertgebenden und wertmindernden Inhaltsstoffen in Lebensmitteln gibt es eine Reihe alternativer Methoden, die nicht die Analyse einzelner Substanzen in den Mittelpunkt stellen, sondern Lebensmittel als Ganzes betrachten. Zugrunde liegt diesem Ansatz die Prämisse, dass das lebende Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile. Wichtig sind dabei Ordnung und Struktur der Lebensmittel. Ordnungs- und Strukturverlust sind demnach mit hoher Lebensmittelqualität verbunden, Strukturzerfall ist gleichbedeutend mit Lebensende. Günstige Struktur bzw. Ordnung eines Lebensmittels geht mit einer hohen „Vitalaktivität“ einher, die positiv auf den ernährten Organismus einwirkt. Ziel der „komplementären“ Analysemethoden ist es, zur Charakterisierung der Vitalaktivität beizutragen.

Im folgenden werden einige komplementäre Methoden und die mit ihnen erarbeiteten Ergebnisse

Die Gentechnik-Nachrichten sind im Internet zu finden unter: <http://www.oeko.de/gennews.htm>.

Sie können auch per e-mail abonniert werden:

E-mail senden an listserv@oeko.de, OHNE Betreff, Text: subscribe_gen-news@oeko.de

beschrieben. Dazu gehört die zu den sogenannten Bildschaffenden Methoden zählende Kupferchloridkristallisation, die ultraschwache Photonenemission, Untersuchungen zum Nachernteverhalten sowie Futterwahltests und Fütterungsversuche.

Kupferchloridkristallisation

Mit der Kupferchloridkristallisation wird die typische Fähigkeit der organischen Welt, Gestaltbildung zu erwirken, erfasst. Dazu wird die zu analysierende Flüssigkeit (Pflanzensäfte, Milch etc.) einer Kupferchloridlösung bestimmter Konzentration zugesetzt. Die Lösung lässt man auf einer Glasplatte auskristallisieren. Man erhält geordnete, substanzspezifische Kristallstrukturen, die für jedes Probenmaterial charakteristisch sind. Während die Kristallmuster früher ausschließlich visuell ausgewertet wurden (was geschulter Personen und großer Erfahrung bedurfte), übernimmt diese Aufgabe heute ein Computerprogramm.

Die Kupferchloridkristallisation und andere bildschaffende Methoden (Steigbild-/Rundbildchromatographie) wurden bislang in einer Reihe von Vergleichstudien unterschiedlicher Anbaumethoden eingesetzt. Geübte Personen konnten dabei verschlüsselte Proben von Produkten aus ökologischem und konventionellem Anbau unterscheiden. Das Schweizer Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) hat beispielsweise die Kristallbilder von Äpfeln der Sorte Golden Delicious aus biologisch-dynamischem Anbau und konventionellem Anbau verglichen. Die Bioäpfel zeigten dabei feine, vielfach verzweigte Kristallnadeln, die die Glasplatte dicht bedeckten, während die konventionell angebauten Äpfel ein deutlich gröberes Kristallmuster und dickere Nadeln aufwiesen.¹

Trotz solcher Erfolge fehlten aber Grundlagenarbeiten über die Selektivität, Reproduzierbarkeit und Präzision der Methoden. In einem neuen Forschungsprojekt der Universität Kassel haben ForscherInnen jedoch die Kupferchloridkristallisation nach der Norm ISO 17025 validiert. Es gelang ihnen damit, bei standardisierten ökologischen und konventionellen Möhren- und Weizenproben signifikante Unterschiede der Anbausysteme zu belegen (Informationsdienst Wissenschaft, 2004). Die Methoden müssen zwar noch verfeinert und überprüft werden, die Kupferchloridkristallisation könnte aber in Zukunft wertvolle Hinweise auf die Produktherkunft geben.

Ultraschwache Photonenemission

Die ultraschwache Photonenemission (auch Biophotonenemission) bezeichnet das Phänomen, dass pflanzliches Material nach der Beleuchtung (optischen Anregung) mit einer Lichtquelle Strahlung geringer Intensität aussendet. Für die Qualitätsuntersuchungen im Lebensmittelbereich wird nach Beendigung der Beleuchtung die Strahlungsintensität über einen gewissen Zeitraum (meist zehn Sekunden) gemessen. Die Lichtemission klingt dabei mit fortschreitender Zeit ab (delayed luminescence, DL), wobei Intensität und Abklingkinetik der emittierten Strahlung in Abhängigkeit des untersuchten Materials variieren.

Bereits vor mehr als 20 Jahren wurde mit Untersuchungen zur Unterscheidbarkeit verschiedener Anbaubedingungen bei Obst und Gemüse mit Hilfe der ultraschwachen Photonenemission begonnen. Zunächst erfolgte die optische Anregung der Untersuchungsobjekte mit weißem Licht. Die Ergebnisse waren allerdings widersprüchlich. Erst die Anregung mit verschiedenen Farben lieferte stabile Resultate. Beispielsweise strahlen Samen intensiver, wenn sie mit blauem Licht angeregt werden; rotes und gelbes Licht bewirken dagegen nur schwache Emission. Die zusätzliche spektrale Auswertung lässt also weitaus differenziertere Interpretationen zu.

Im derzeitigen Entwicklungsstand erlaubt das Verfahren den Vergleich von Proben gleicher Sorte. Untersucht wurden unter anderem Calendula-Samen (Strube et al., 2001), Äpfel (Strube et al., 2002) und weiße Bohnen (Strube et al., 2000). Bei Calendula-Samen konnten konventionell angebaute von kontrolliert ökologischen Samen im Blindversuch getrennt werden. Die ökologisch erzeugten Samen strahlten nach der Beleuchtung mit gelbem und roten Licht signifikant schwächer als die konventionell

¹ Bilder der Kristallmuster sind im Internet unter folgender Adresse zu finden: <http://www.fibl.net/forschung/anbautechnik-mehrjaehrig/obstqualitaet.php#kristall>

angebauten, was als stärker „samentypische“ Ausprägung des ökologischen Saatguts gedeutet wird. Ebenfalls durch die Auswertung der spektralen Bandbreiten wurden Äpfel im Blindversuch verschiedenen Reifegraden zugeordnet. Je reifer die Äpfel sind, desto stärker ist die „vegetative“ Ausprägung, d. h. desto intensiver emittieren die Früchte auch bei rotem und gelbem Anregungslicht. Des weiteren konnten Bohnen beim Vergleich von Anbau in Hydrokultur und in Erde ebenfalls signifikant getrennt werden.

Für die ganzheitliche Lebensmittelforschung ist die Lichtemission ein Maß für die Energie, die in den lebenden Zellen gespeichert ist. Eine lange Lichtspeicherfähigkeit, dargestellt als Abklingkurve oder hohe Photonenfrequenz, ist ein Zeichen hoher Überlebensqualität (Velimirov, 2003). Nach Strube deutet die Blaubetonung eines Anregungsspektrums in Richtung Leblosigkeit, die Breitbandigkeit der Anregung Richtung pflanzliche Herkunft. Samen, die die Ruheform der Pflanzen darstellen, liegen bezüglich der Anregbarkeit dazwischen. Die Schmalbandigkeit der Anregung und die Blaubetonung sind demnach ein Zeichen für eine ausgeprägte „Samenruhe“, die als qualitätssteigernd angesehen wird. Die zunehmende Breitbandigkeit des Anregungsspektrums zum Beispiel im Reifungsprozess von Äpfeln wird auf eine stärkere „innere Differenzierung“ zurückgeführt und als zunehmende Organisationsleistung der Pflanze interpretiert.

Das Verfahren wird inzwischen zunehmend angewandt. In den vorliegenden Studien hat sie sich für die Unterscheidung von Lebensmitteln nach verschiedenen Anbauvarianten als relativ zuverlässig erwiesen. Trotzdem fehlen grundlegende Arbeiten über Präzision, Stabilität und Reproduzierbarkeit der Methode sowie über die physiko-chemischen Grundlagen der gemessenen Unterschiede. Beispielsweise ist über den Ursprung der Fluoreszenzerscheinungen in Pflanzen wenig bekannt. Es wird jedoch ein Zusammenhang mit Chlorophyll und anderen Komponenten des Photosynthesystems vermutet (Lichtenthaler et al., 2000).

Beide Methoden, die Biophotonenemission und die Kupferchloridkristallisation, können also Unterschiede zwischen den verschiedenen Anbauvarianten belegen. Welche Faktoren jedoch die „gestaltbildenden Kräfte“ beeinflussen und woher diese Unterschiede kommen, ist weitgehend unerforscht. Aussagen über die Qualität von Lebensmitteln scheinen vor diesem Hintergrund schwierig. Die Möglichkeit, landwirtschaftliche Erzeugnisse nach ihrer Anbauweise zu unterscheiden, könnte jedoch in Zukunft einen wertvollen Beitrag zur VerbraucherInnen-sicherheit leisten.

Nacherntverhalten

Zur Kontrolle des Nacherntverhaltens werden zum einen Wasser- und Substanzverluste, Anreicherung schädlicher Stoffe (Nitrat, Amine, Mykotoxine,...) und Anfälligkeit für mikrobielle Infektionen untersucht. Zum anderen lässt sich das Lagerungsverhalten durch Abbau oder Umbau von Inhaltsstoffen und die strukturelle Beschaffenheit (z. B. Festigkeit) charakterisieren. Im konventionellen Anbau sind Nacherntbehandlungen wie künstliches Wachsen oder Fungizidapplikation zur Reduzierung von Lagerverlusten üblich. Die Lagerfähigkeit ökologisch erzeugter Produkte wird im ganzheitlichen Ansatz jedoch als ein im Produkt selbst determinierter Qualitätsaspekt angesehen. Das Nacherntverhalten hängt demnach direkt mit den Umwelt- und Wachstumsbedingungen der Pflanze zusammen.

Nach Ahrens (1988) begünstigen unter anderem eine hohe Gewebe- und Schalenfestigkeit, ein hoher Trockenmassegehalt und hohe Vitamin- und Gesamtzuckeranteile die Lagerungsstabilität. Ungünstig wirken sich dagegen hohe Stickstoff- und Nitratgehalte aus. Schon daraus lässt sich ein günstigeres Nacherntverhalten für ökologische Erzeugnisse vermuten. In Übereinstimmung damit haben verschiedene Untersuchungen (Ahrens, 1988) gezeigt, dass ökologisch erzeugte Produkte vor allem hinsichtlich Verderbnis und Schrumpfung besser abschneiden. Des weiteren bauen sie Vitamin C langsamer ab und werden an der Oberfläche weniger mit Mikroorganismen besetzt.

Das Kriterium des Nacherntverhaltens wird bislang erst (zu) wenig für die Qualitätsbeurteilung von pflanzlichen Erzeugnissen genutzt. Ergebnisse lassen sich jedoch direkt in Bezug zum Gesundheits- und Genusswert setzen. Insofern sind detaillierte Studien auf diesem Gebiet sinnvoll und nützlich.

Futterwahltests und Fütterungsversuche

Bei Futterwahlversuchen wird die Wirkung von Lebensmitteln auf das instinktive Fressverhalten von Tieren (Ratten, Kaninchen, Hühner) untersucht. Die Versuchstiere dürfen dabei zwischen gleichartigen Produkten aus biologischem und konventionellem Anbausystemen wählen. Die Präferenz wird durch die Bestimmung der gefressenen Menge pro Tag ermittelt. Alles fressende Laborratten sind aufgrund ihres wählerischen Fressverhaltens besonders gut für Futterwahlversuche geeignet. Studien zeigen, dass sie bei Möhren, Roten Rüben, Weizen und Äpfeln die ökologischen Erzeugnisse bevorzugen (z. B. Edelmüller, 1984; Plochberger, 1989; Velimirov, 2001). Worauf diese Bevorzugung zurückzuführen ist, wurde nicht untersucht, jedoch scheinen Säure- und Zuckergehalt der Produkte eine Rolle zu spielen (Velimirov, 2001). Bei den Untersuchungen stammten beide Varianten (konventionell und ökologisch) zwar aus den jeweils gleichen Anbaugebieten, jedoch wurden nur bei Äpfeln und Rüben auch gleiche Sorten miteinander verglichen, so dass die Ergebnisse nicht eindeutig interpretierbar sind. Für eine Qualitätsunterscheidung zwischen ökologisch und konventionell angebauten Pflanzen reichen Futterwahltests allein jedenfalls nicht aus.

In Fütterungsversuchen wird eine Gruppe von Labortieren mit Ökogemüse gefüttert, die andere mit den gleichen Erzeugnissen aus konventionellem Anbau, um den Einfluss des Futters auf die Leistungsfähigkeit der Tiere zu untersuchen. Dies wird durch Unterschiede in Gewichtsentwicklung und Fruchtbarkeit dokumentiert. In der Mehrzahl der vergleichenden Untersuchungen wurden deutliche Vorteile für die mit Produkten des ökologischen Landbaus gefütterten Tiere festgestellt. Sie zeigten u. a. höhere Gewichtszunahmen, höhere Fruchtbarkeit und weniger Fehlgeburten. In einer Langzeitstudie (Staiger, 1986) fiel besonders auf, dass erst in der zweiten und dritten Generation deutliche Leistungsunterschiede auftraten. Eine Erklärung gibt es dafür bislang nicht. Das Ergebnis zeigt jedoch, dass kurzfristige Untersuchungen nicht ausreichen, um die Qualität von Lebensmitteln mittels Fütterungsversuchen umfassend zu bewerten.

Stichwort Gentechnik

Im Biolandbau wird grundsätzlich auf gentechnische Methoden verzichtet. Einträge von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) sind aber dennoch möglich, auch wenn die geschlossenen Kreisläufe im Biolandbau dies weitgehend verhindern. Pollendrift von Feldern mit GV-Pflanzen (durch Wind oder Insekten) sowie Verbreitung von transgenen Samen und Pflanzen können Biofelder verunreinigen. Des Weiteren besteht die Gefahr, dass Saatgut mit GVOs verunreinigt ist. Auch im Biolandbau zugelassene Hilfsstoffe (z. B. bestimmte Pflanzenbehandlungsmittel und Dünger) können gentechnisch veränderte Komponenten enthalten. Eine zusätzliche Verunreinigungsgefahr stellen Transport und Verarbeitung der ökologisch angebauten Erzeugnisse dar (Nowack Heimgartner et al., 2002). Grundsätzlich ist der bewusste Einsatz der Gentechnik also ein Spezialfall im konventionellen Anbau. Die Effekte der GVOs auf die Gesundheit werden aktuell sehr kontrovers diskutiert.

In der Europäischen Union regelt die Richtlinie 2001/18/EG den Schutz der Umwelt und der menschlichen und tierischen Gesundheit im Zusammenhang mit Produkten, die GVO enthalten oder aus solchen bestehen. Sie schreibt Genehmigungsverfahren für das Inverkehrbringen von GV-Produkten vor, die die toxikologische und allergologische Unbedenklichkeit des entsprechenden Erzeugnisses gewährleisten sollen. Eine Studie des österreichischen Umweltbundesamtes (Spök et al., 2002) kommt jedoch zu dem Schluss, dass die gesetzlichen Vorschriften keine ausreichende Sicherheit vor potentiellen Gefahren gentechnisch veränderter Produkte bieten. In den in der Studie untersuchten laufenden bzw. bereits genehmigten Anträgen wurden nur sporadisch experimentelle, toxikologische Untersuchungen durchgeführt, meist beruht die vermeintliche Unbedenklichkeit auf theoretischen Annahmen. Auch zu den potentiell allergenen Eigenschaften der GV-Produkte gibt es keine hinreichenden experimentellen Untersuchungen. Als Hauptargument für die gesundheitliche Unbedenklichkeit wird die sogenannte Substanzielle Äquivalenz, also die vermutete wesentliche Gleichwertigkeit eines gentechnisch veränderten mit einem seit längerem eingeführten Vergleichsprodukt, angeführt. Die AutorInnen der Studie kritisieren in diesem Zusammenhang vor allem die mangelhafte Dokumentation und Nachvollziehbarkeit der Untersuchungen, die zur Annahme der Substanziellen Äquivalenz geführt haben. Insgesamt fehlen Aussagen über subchronische,

mutagene, reproduktionstoxische und ökotoxische Wirkungen von GV-Produkten. Des Weiteren müssen für eine umfassende Risikoabschätzung auch anbauspezifische Parameter (Sorten, Düngung, Bodenbearbeitung, Klima etc.) berücksichtigt und in den Untersuchungen dem Realszenario angepasst werden. Eine abschließende Beurteilung des gesundheitlichen Gefährdungspotentials von GV-Lebensmitteln ist auf dem aktuellen Stand der Forschung nicht möglich.

Fazit

Bislang kann die Produktqualität von Lebensmitteln aus unterschiedlichen Produktionsverfahren insgesamt nicht abschließend vergleichend bewertet werden. Es fehlen Studien, die gezielt mögliche Unterschiede im gesundheitlichen Wert von ökologisch und konventionell hergestellten Produkten, untersucht am Zielorganismus Mensch, darstellen können.

Dennoch gibt es einige signifikante Unterschiede zwischen den Produkten der beiden Anbaumethoden. Biogemüse und -obst ist nur in sehr geringem Umfang mit Pestizidrückständen belastet. Zwar werden in konventionell angebauten Produkten die Rückstandshöchstmengen für Pestizide nur selten überschritten – womit sie dem Gesetz nach gesundheitlich unbedenklich sind –, vor immer wieder auftretenden Verstößen gegen die Rückstands-Höchstmengenverordnung ist der Biolandbau jedoch besser geschützt. Außerdem enthält Obst und Gemüse aus ökologischem Anbau deutlich weniger Nitrat. Der erhöhte Anteil sekundäre Pflanzenstoffe in Bioprodukten kann zur Zeit noch nicht eindeutig beurteilt werden, da unter anderem Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit fehlen. Die gesundheitsfördernde Wirkung der SPS ist jedoch unbestritten, so dass vergleichende Untersuchungen auf diesem Gebiet nützlich wären.

Bisher können landwirtschaftliche Erzeugnisse nur unzureichend mit chemisch-analytischen Methoden nach ihren Anbaumethoden unterschieden werden. Komplementäre Analysemethoden scheinen jedoch eine solche Unterscheidung treffen zu können; sie sind allerdings gegenwärtig naturwissenschaftlich nicht anerkannt. Auch wenn eine Qualitätsaussage aufgrund günstiger „innerer Struktur und Ordnung“ fraglich scheint, so könnten die komplementären Methoden doch entscheidend dazu beitragen, dass in Zukunft landwirtschaftliche Produkte nach ihrer Anbauart unterschieden werden können. Eine umfassende Validierung der Methoden hinsichtlich Präzision, Robustheit etc. ist jedoch nötig.

Zum Schluss bleibt anzumerken, dass jedes Produkt aus ökologischem Landbau aufgrund der Anbauform zur Ressourcen- und Umweltschonung beiträgt und damit der gesamten Gesellschaft zugute kommt. Dieser Effekt trägt zum individuellen Wohlbefinden beim Lebensmittelkonsum bei und kann somit indirekt Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben.

Quellen

Die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) hat im Jahr 2003 einen ausführlichen Statusbericht zur Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren erarbeitet, auf dessen Grundlage dieses Spezial entstanden ist:

TAUSCHER, B., BRACK, G., FLACHOWSKY, G., HENNING, M., KÖPKE, U., MEIER-PLOEGER, A., MÜNZING, K., NIGGLI, U., PABST, K., RAHMANN, G., WILLHÖFT, C., MAYER-MIEBACH, E. (2003): Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren – Statusbericht 2003. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.

Der Bericht ist auch im Internet abrufbar unter http://www.bmvel-forschung.de/homeanst/senat_statusbericht2003.htm

AHRENS, E. (1988): Aspekte zum Nachernteverhalten und zur Lagerungseignung. In: Meier-Ploeger, A., Vogtmann, H. (Hrsg.): Lebensmittelqualität – ganzheitliche Methoden und Konzepte. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 113-146.

- AMT FÜR LEBENSMITTELÜBERWACHUNG UND TIERGESUNDHEIT IN BADEN-WÜRTTEMBERG (2002): Ökomonitoring 2002. <http://www.untersuchungsaeemter-bw.de/stuttgart/pdf/pestizide/oekomonitoring2002.pdf>
- BASKER, D. (1992): Comparison of taste quality between organically and conventionally grown fruits and vegetables. *American Journal of Alternative Agriculture* 7, 129-136.
- BOURN, D., PRESCOTT, J. (2002): A Comparison of the Nutritional Value, Sensory Qualities, and Food Safety of Organically and Conventionally Produced Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42 (1), 1-34.
- BRANDT, K., MØLGAARD, J.P. (2001): Featured Article – Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, 924-931.
- EDELMÜLLER, I. (1984): Untersuchungen zur Qualitätserfassung von Produkten aus unterschiedlichen Anbausystemen (biologisch-dynamisch bzw. konventionell) mittels Fütterungsversuchen an Kaninchen. Dissertation, Universität Wien.
- EHRENBERGEROVA, J., VACULOVA, K., ZIMOLKA, J. (1997): Grain quality of hull-less spring barely from different cropping systems. *Rostlinna Vyroba* 43 (12), 585-592.
- HEATON, S. (2001): *Organic Farming, Food Quality and Human Health – A Review of the Evidence*. Soil Association, Bristol, Great Britain, 87.
- INFORMATIONSDIENST WISSENSCHAFT (idw) (2004): Uni Kassel entwickelt Verfahren zur Analyse ökologischer und konventioneller Lebensmittel.
- JOHANSSON, L., HAGLUND, A., BERGLUND, L., LEA, P., RISVIK, E. (1999): Preference for tomatoes, affected by sensory attributes and information about growth conditions. *Food Quality and Preference* 10, 289-298.
- KRAUTTER, M. (2004): Greenpeace-Analyse von Pestiziden in Früh-Erdbeeren. Greenpeace Hintergrundinformation http://www.greenpeace.org/multimedia/download/1/434000/0/Hintergrund_Erdbeeren_150304.pdf
- LAMPE, J.W. (1999): Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *American Journal of Clinical Nutrition* 70 (3), 475.
- LICHTENTHALER, H.K., BABANI, F., LANGSDORF, G., BUSCHMANN, C. (2000): Measurement of differences in red chlorophyll fluorescence and photosynthetic activity between sun and shade leaves by fluorescence imaging. *Photosynthetica* 38, 521-529.
- NOWACK HEIMGARTNER, K., BICKEL, R., PUSHARAJAH LORENZEN, R., WYSS, E. (2002): *Sicherung der gentechnikfreien Bioproduktion*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 340. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 9-11.
- ÖKO-TEST (2002): Scharfe Schoten. *Öko-Test* 2, 22-25.
- PLOCHBERGER, K. (1989): Feeding Experiments. A criterion for quality estimation of biologically and conventionally produced foods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 27, 419-428.
- SAGOO, S.K., LITTLE, C.L., MITCHELL, R.T. (2001): The microbiological examination of ready-to-eat organic vegetables from retail establishments in the United Kingdom. *Letters in Applied Microbiology* 33, 434-439.
- SORENSEN, J.N., JOHANSEN, A.S., KAACK, K. (1996): Marketable and nutritional quality of leeks as affected by water and nitrogen supply and plant age at harvest. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 68 (3), 367-373.
- SPÖK, A., HOFER, H., VALENTA, R., KIENZL-PLOCHBERGER, K., LEHNER, P., GAUGITSCH, H. (2002): *Toxikologie und Allergologie von GVO-Produkten*. Monographien Band 109, Umweltbundesamt, Wien.

- STAIGER, D. (1986): Einfluß konventionell und biologisch-dynamisch angebauten Futters auf Fruchtbarkeit, allgemeinen Gesundheitszustand und Fleischqualität beim Hauskaninchen. Dissertation, Universität Bonn.
- STRUBE, J., STOLZ, P. (2000): Fluorescence Excitation Spectroscopy for the Evaluation of Seeds. IFOAM 2000 – The World Grows Organic, 13th International IFOAM Scientific Conference, Basel, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 306-309.
- STRUBE, J., STOLZ, P. (2001): Untersuchungen zur Qualität von Calendula-Samen mittels zeitaufgelöster Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie. Tagung Gewürz- und Heilpflanzen. 36. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) DGQ e.V., Jena, 93-98.
- STRUBE, J., STOLZ, P. (2002): Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie zur Bestimmung der Qualität vom Äpfeln aus ökologischem Anbau. Tagung Qualität und Pflanzenzüchtung. 37. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) DGQ e.V., Universität Hannover. (Tagungsband noch nicht erschienen, Manuskript bei den Verfassern erhältlich, e-mail: kwalis@t-online.de).
- VARGA, B., SVECNIJAK, Z., POSPISIL, A. (2000): Grain yield and yield components of winter wheat grown in two management systems. *Bodenkultur* 51 (3), 145-150.
- VELIMIROV, A. (2001): Ratten bevorzugen Biofutter. *Ökologie & Landbau* 117 (1), 19-21.

Hinweis: Wenn Sie Interesse an Informationen zu speziellen Themen im Bereich der Gentechnik haben, die wir im Rahmen einer zukünftigen Spezialausgabe der Gentechnik-Nachrichten bearbeiten können, dann schicken Sie Ihre Anfrage an folgende Adresse:

via e-mail: j.teufel@oeko.de

via Post: Dr. Jennifer Teufel; Öko-Institut e.V.; Postfach 6226; 79038 Freiburg

Diese Spezialausgabe der Gentechnik-Nachrichten wurde erstellt von: Wiebke Harms
