

## „Wunderkorn“

### Auswahl der optimalen Verpackung für Amaranth-Mehl

Eine erfolgreiche Strategie, um am Markt bestehen zu können, ist die Herstellung von Spezialitäten und die Anwendung bisher wenig verwendeter Rohstoffe mit wertgebenden Inhaltsstoffen. Für die Außendarstellung kann dies als Alleinstellungsmerkmal genutzt werden, um höhere Erlöse am Markt zu generieren. Diese Rohstoffe sind jedoch oftmals empfindlicher als herkömmliche Inhaltsstoffe. Sie müssen daher besser geschützt bzw. besser verpackt werden. Diese Aufgabenstellung war Inhalt eines Projektes, das am Fraunhofer IVV für eine kleine Firma durchgeführt wurde. Das Projekt und die Finanzierung wurden begleitet durch das Steinbeis-Europa-Zentrum, das Firmen in Fragen der Forschungsförderung berät.

### Von der Analyse der Inhaltsstoffe zu den Produktanforderungen

Amaranth-Mehl wird wie andere Getreide für Backwaren eingesetzt. In der Populärwissenschaft wird es auf Grund seiner ernährungsphysiologischen Inhaltsstoffe als „Wunderkorn“ bezeichnet. Die Aufgabenstellung bestand darin, die Empfindlichkeit des Produktes zu analysieren und praxistaugliche Hinweise für eine optimale Verpackung und Lagerung zu erarbeiten. Da zu dem vorliegenden Amaranth-Mehl wenig über die Zusammensetzung bekannt war, wurde in einem ersten Schritt die Fettsäurezusammensetzung untersucht, aus der sich die oxidative Empfindlichkeit ableiten lässt.

Amaranth-Mehl enthält einen hohen Anteil einfach und mehrfach ungesättigter Fettsäuren. Sie sind ernährungsphysiologisch besonders wertvoll, jedoch sind sie auch sehr anfällig für die Reaktion mit Sauerstoff. Abbauprodukte der Fettsäureoxidation weisen geringe Aromaschwellen auf und führen in Folge zu einem Fehlgeschmack und -geruch. Um die Sauerstoffempfindlichkeit besser bewerten zu können, wurde die Sauerstoffaufnahme von Amaranth-Mehl bei verschiedenen Temperaturen unter Belichtung (2.000 Lux) und im Dunkeln (0 Lux) gemessen (Abb. 1).

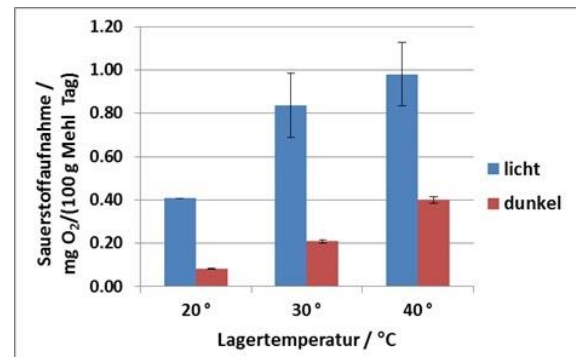


Abb. 1: Sauerstoffaufnahme von Amaranth-Mehl bei unterschiedlichen Temperaturen und unter Licht- und Dunkelbedingungen (Gesamtmesszeit drei Wochen).

## Was geschieht während der Lagerung - welche Faktoren beeinflussen die Lagerung

Amaranth-Mehl reagiert bereits bei der Lagerung im Dunkeln mit Sauerstoff (Abb. 1). Mit steigender Temperatur nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit stark zu. Eine Temperaturerhöhung von 10 °C führte zu einer Verdoppelung der Reaktionsgeschwindigkeit. Die Einwirkung von Licht erhöhte die Reaktionsgeschwindigkeit. Licht fördert die Oxidation. Die Reaktivität gegenüber Sauerstoff ist in erster Linie durch den Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren bedingt. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass Amaranth kühl, in einer lichtundurchlässigen Verpackung und unter Sauerstoffausschluss gelagert werden sollte.

In einem nächsten Schritt wurde das Amaranth-Mehl auf Oxidationsprodukte analysiert. Ein Reaktionsprodukt der Oxidation der mehrfach ungesättigten Linolsäure (C18:2; Bestandteil von Amaranth-Mehl) ist Hexanal. Hexanal kann in vielen Fällen als Indikatorsubstanz bzw. Leitsubstanz für den Fettverderb verwendet werden. Es steht häufig in einem konstanten Konzentrationsverhältnis zu den eigentlich für „Ranzigkeit“ verantwortlichen Verbindungen (Decadienale), die ebenfalls bei der Oxidation gebildet werden. Der Schwellenwert für Ranzigkeit liegt nach Erfahrungen des Fraunhofer IVV bei Hexanal bei > 2,5 counts (entspricht ca. 1 ppm). Abb. 2 zeigt, dass bei den in Licht gelagerten Proben nach drei Wochen bedeutende Mengen Hexanal identifiziert werden konnten. Bei der Lagerung unter Licht ist mit Fehlgerüchen durch Hexanal zu rechnen. Bei der

Dunkellagerung wurde kaum Hexanal nachgewiesen. Mögliche Ursache ist die verhältnismäßig stärker auftretende Reaktion mit anderen Inhaltsstoffen, z.B. Polyphenolen bei Dunkellagerung. Dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung des Lichtschutzes oder den Ausschluss von Sauerstoff im Fall der Lagerung in einer transparenten Verpackung.

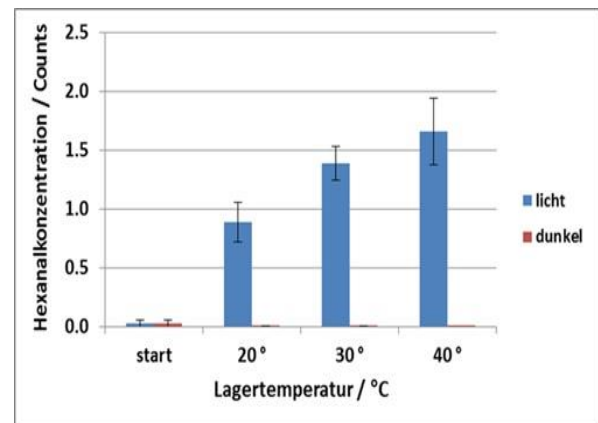


Abb. 2: Bildung von Hexanal bei Amaranth-Mehl nach dreiwöchiger Lagerung bei unterschiedlichen Temperaturen und unter Licht-/Dunkelbedingungen.

## Fundierte Analyse von Fehlgerüchen

Neben Hexanal führen weitere flüchtige Substanzen zu Fehlgerüchen. Um sie zu identifizieren wurde eine Headspace-Massenspektroskopie durchgeführt. Die Chromatogramme von frischem und gelagertem Amaranth-Mehl sind qualitativ vergleichbar, d.h. die identifizierten Verbindungen sind identisch. Es treten keine signifikanten neuen Verbindungen auf. Allerdings war das Aroma bereits bei der Eingangskontrolle durch eine Reihe von Alkoholen und Aldehyden geprägt, die für ein muffiges Aroma verantwortlich sein können.

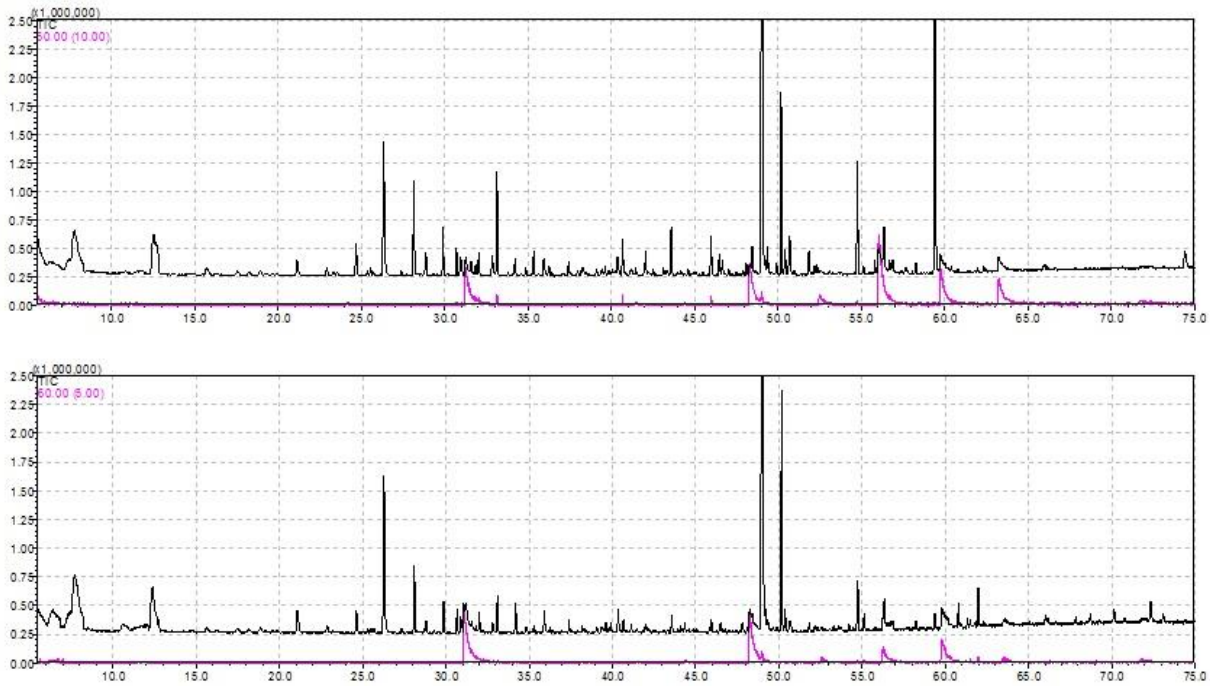


Abb. 3: Fingerprint der wasserdampfvlüchtigen Verbindungen von Amaranth-Mehl (oben: Eingangskontrolle, unten: Lagerung an Luft); schwarz: Totalionenstromchromatogramm, rot: Massenspur 60 m/z.

Ebenfalls auffallend war das Auftreten von freien Fettsäuren (Essigsäure, Hexansäure u.a., siehe rote Massenspur  $m/z=60$ ) in der Eingangskontrolle. Diese Fettsäuren können ebenfalls zum unangenehmen Aroma beitragen. Dies sind Indikatoren für ein oxidativ vorbelastetes also nicht mehr frisches Amaranth-Mehl. Für die Praxis bedeutet dies, dass die Headspace-Massenspektroskopie zur Qualitätskontrolle und zur Bewertung des Qualitätsstatus eingesetzt werden kann. Darüber hinaus sollte darauf geachtet werden, dass Amaranth schnell verarbeitet und in einer schützenden Verpackung abgefüllt wird. Wichtig ist der Hinweis, dass die Reaktionsmechanismen für die Entstehung von Ranzigkeit komplex sind. Für fundierte Analysen steht im Fraunhofer IVV eigens eine Arbeitsgruppe „Analytische Sensorik“ zur Verfügung. Diese interdisziplinäre Arbeitseinheit aus

Lebensmittelchemie, Lebensmitteltechnologie, Physiologie und Humansensorik befasst sich mit den verschiedenen Sinneswahrnehmungen beim Verzehr von Lebensmitteln und mit physiologischen und psychologischen Prozessen, die durch derartige Sinneswahrnehmungen und chemosensorisch aktive Substanzen im Menschen ausgelöst werden.

Die Charakterisierung der jeweiligen Geruchsstoffe erfolgt hierbei mittels hochauflösender (high resolution; HR) Gaschromatographie-Olfaktometrie (HRGC-O), in Kopplung mit massenspektrometrischen (MS) Methoden. Durch Einsatz der GC-O werden die geruchsaktiven Verbindungen von den geruchsinaktiven Verbindungen klar unterschieden. Bereits während der Analysen werden Verbindungen herausgefiltert, deren Geruchscharaktere mit dem Fehl aroma

in Verbindung stehen könnten. Bei der Auswertung der Ergebnisse kann auf diese Weise gleich ein Großteil der detektierten flüchtigen Verbindungen ausgeblendet werden. Das Fraunhofer IVV hat zusätzlich Methoden etabliert, die auf Protonen-tauschreaktions-Massenspektrometrie (PTR-MS) beruhen und es verfügt über ein PTR-Quadrupol-MS sowie ein PTR-Flugzeit-MS (PTR-QMS bzw. PTR-TOFMS) Gerät. Die Anwendung dieser Methoden wurde für Folgestudien in Betracht gezogen.

Amaranth-Mehl zeigt ein hygroskopisches Verhalten. Der Wassergehalt nimmt bis circa 70% relativer Feuchte linear zu und danach steigt der Wassergehalt progressiv an. Mikrobielles Wachstum findet bei Gleichgewichtsfeuchten oberhalb von 60% statt. Aus diesem Grund sollte das Amaranth-Mehl bei einer Gleichgewichtsfeuchte von kleiner 60 bzw. weniger als 7 Masseprozent Restwassergehalt abgepackt werden und vor Wasseraufnahme geschützt werden.

## Resümee

Die Analyse der Proben zeigt eine hohe Sensitivität gegenüber Sauerstoff: hohe Reaktivität mit Sauerstoff, prooxidative Wirkung von Licht und die Entstehung von stark aromaaktiven Oxidationsprodukten. Der Wassergehalt sollte unterhalb von 7 Masseprozent eingestellt werden. Eine erhöhte Lagertemperatur steigert die Oxidationsgeschwindigkeit. Durch eine Kühlungslagerung kann sie reduziert werden.

Aus den Ergebnissen leiten sich folgende Anforderungen an das Verpackungsmaterial und den Verpackungsprozess ab: hohe Barriere

gegenüber Sauerstoff, mittlere Barriere gegenüber Wasserdampf, Lichtschutz/intransparente Verpackung. Wenn möglich sollte Schutzgas (Stickstoff) zur Verdrängung von Sauerstoff im Kopfraum der Packung angewendet werden. Darüber würden Sauerstoffabsorber einen zusätzlichen Schutz erbringen. Sie absorbieren Sauerstoff aus dem Kopfraum, aus dem Produkt und permeierenden Sauerstoff. Bei transparenten Verpackungen sollte stärker auf den Schutz vor Sauerstoff geachtet werden.

Verpackungsmaterialien sollten Amaranth primär vor Sauerstoffaufnahme schützen. Die Anforderungen hängen naturgemäß stark von der Sauerstofftoleranz, den Lagerbedingen, der Lagerzeit, dem Restsauerstoffgehalt in der Verpackung und der Packungsgröße ab. Verpackungen mit Sauerstoffbarriere können durch die Anwendung von Mehrschichtfolien aus Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP) in Kombination mit einer Schicht aus Ethylvinylalkohol (EVOH), Polyethylenterephthalat (PET) oder Polyamid (PA) erreicht werden. PE oder PP fungieren als Barriere gegen Wasserdampf, EVOH, PET und PA als Barriere gegen Sauerstoff (Abb. 4). Um Lichtschutz zu gewährleisten, sollte eine Schicht des Verbundes stark eingefärbt werden. Alternativ kann eine Mehrschichtfolie eingesetzt werden, bei der eine Polyethylenterephthalat (PET)-Folie mit Aluminium bedampft ist. Diese Art Material wird standardmäßig bei Verpackung von Snacks eingesetzt (Abb. 5). Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von Papierverbunden, die mit Barrierschichten ausgerüstet werden. Sie bieten zusätzlich den Vorteil, dass sie vor

der möglichen Migration von Druckfarbenbestandteilen schützen können.

Um den Nutzen von Barriereverpackungen für Amaranth zu bewerten, sind Lagerversuche und die sensorische Bewertung durch ein geschultes Panel notwendig. Die Herausforderung in der Praxis besteht darin, einen Kompromiss zu finden zwischen dem notwendigen Produktschutz auf der einen Seite und den Anforderungen der Ökonomie und des Marketing, besonders dem Wunsch nach transparenten Verpackungen, auf der anderen Seite. Das Fraunhofer IVV unterstützt Firmen dabei, geeignete Verpackungsmaterialien auszuwählen.

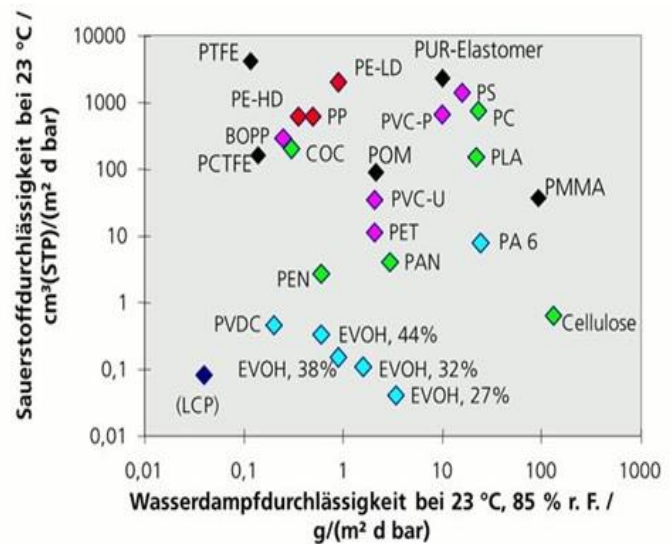


Abb. 4 (oben): Sauerstoff- und Wasserdampfdurchlässigkeiten von verschiedenen Polymeren normiert auf eine Dicke von 100  $\mu\text{m}$ , Sauerstoffdurchlässigkeit bei 50 % rel. F.

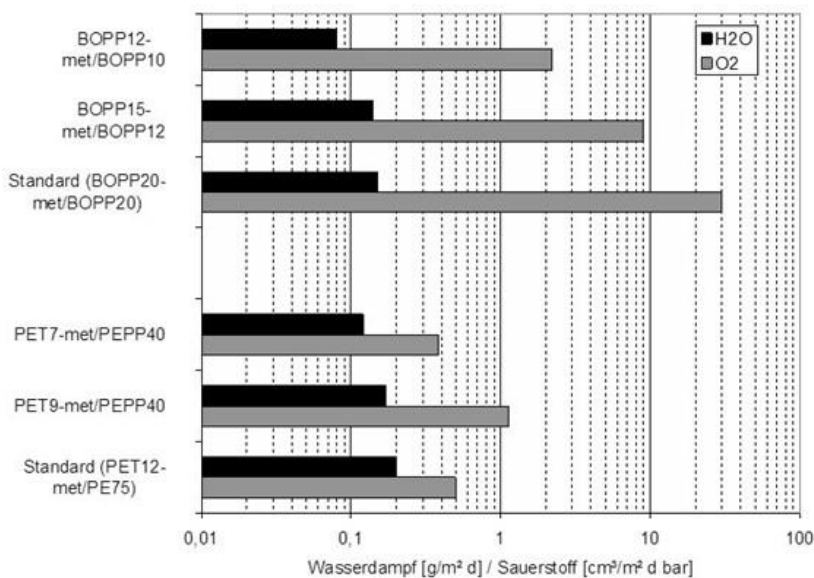


Abb. 5: Barriereigenschaften verschiedener Verpackungsmaterialien bei 23 °C; dünne Folien, BOPP: biaxialorientiertes Polypropylen, met.: metallisiert (Folie im Vakuum mit Aluminium bedampft), PET: Polyethylenteraphtalatfolie; Zahlen: Dicke in  $\mu\text{m}$ . A: Verpackung (Folie) für wasserdampf- und lichtempfindliche Produkte, z.B. Kartoffelchips; B: Verpackung (Folie) für sauerstoff-, wasserdampf- und lichtempfindliche Produkte, z.B. fetthaltige Snacks (Nüsse).

**Autoren:** Sven Sangerlaub, Klaus Rieblinger, Doris Gibis, Hartmut Welck, Karin Agulla

**Kontakt:**  
**Fraunhofer-Institut fur Verfahrenstechnik und Verpackung IVV**  
 Freising  
 Karin Agulla  
 Tel.: +49 8161 491-120  
[karin.agulla@ivv.fraunhofer.de](mailto:karin.agulla@ivv.fraunhofer.de)  
[www.ivv.fraunhofer.de/](http://www.ivv.fraunhofer.de/)