

## Zusammenfassung zum Schlussbericht

### Aktive Verpackungen zur Haltbarkeitsverlängerung bei Obst, Gemüse und Schnittblumen (FreshInPac)

---

#### **Worum ging es?**

Das Vorhaben FreshInPac dreht sich um die Entwicklung von Verpackungen mit aktiver Wirkung gegen die zwei wesentlichen haltbarkeitsbegrenzenden Prozesse klimakterischen Obstes, Gemüses und Schnittblumen: ethyleninduzierte frühzeitige Reifung und mikrobielles Wachstum. In klimakterischen Pflanzen wird die Reifung durch das Pflanzenhormon Ethylen gesteuert. Dieses wird von den Pflanzen produziert und treibt seinerseits die Reifung voran. Verschiedene Pflanzen produzieren Ethylen in unterschiedlichem Maß und sind unterschiedlich empfindlich auf seine Wirkung. Daher stammt zum Beispiel der bekannte Rat, Äpfel und Bananen nicht nebeneinander zu lagern. Erstere sind starke Ethylenproduzenten, letztere hochempfindlich. Außerdem werden diese Produkte durch verschiedene Mikroorganismen (Bakterien, Hefen und Schimmelpilze) in ihrer Haltbarkeit beschränkt.

Der von FreshInPac verfolgte Ansatz zur Lösung dieser beiden Probleme basiert auf aktiven Materialien, die in die Verpackung eingearbeitet werden können: Ethylenfänger (Scavenger) gegen die frühzeitige Reifung und antimikrobielle Wirkstoffe gegen Verderb durch mikrobiellen Befall. Im Vorhaben wurden aktive Substanzen entwickelt und charakterisiert, sowohl in Isolation als auch in Verpackungen, und in Lagertests und Simulationen hinsichtlich ihrer haltbarkeitsverlängernden Wirkung untersucht.

#### **Zu Ethylenfängern**

Ethylenfänger wirken dadurch, dass sie das gasförmige Ethylen aus der Umgebung der Pflanzen entfernen – bei verpackten Gütern also aus dem Kopfraum. Untersucht wurden verschiedene Trägermaterialien für das als Scavenger bekannte Kaliumpermanganat sowie weitere Scavenger auf Basis metallischer Katalysatoren und Tonpartikeln. Hier stellt sich die Frage des Lebensmittelkontakts, für den nicht alle Materialien geeignet sind. Diese Problematik kann vermieden werden, indem die Scavenger hinter einer Schicht verborgen werden, welche sie vom Lebensmittel fernhält, aber durchlässig für Ethylen ist, sei es im Verpackungsmaterial selbst oder in Sachets.

Einige der untersuchten Materialien zeigten ein durchaus vielversprechendes Verhalten gegenüber Ethylen. Das Einbringen der Substanzen in eine Polymermatrix oder eine Papierbeschichtung hatte unglücklicherweise dazu geführt, dass die Wirksamkeit als Scavenger aufgehoben wurde. Die vermutliche Ursache dazu liegt darin, dass die aktiven Stellen der Scavenger durch die Umgebung blockiert sind. Versuche legen ebenfalls nahe, dass Feuchtigkeit die Wirksamkeit vieler Scavenger beeinträchtigt. Eine Verwendung in Sachets ist aber im Allgemeinen möglich.

Lagertests mit Tomaten, Heidelbeeren und Glockenblumen zeigten, dass die getesteten Scavenger nicht nur den Ethylengehalt im Kopfraum bei kontinuierlicher Nachproduktion durch die gelagerten Pflanzenteile niedrig halten können, sondern auch die Qualität dieser erhalten (wobei die Heidelbeeren keine deutlichen Unterschiede zur Kontrollgruppe zeigten). Mit Kaliumpermanganat beladene Zeolithe zeigten eine besondere Effektivität darin, die Ethylenkonzentration niedrig zu halten.

Begleitende Shelf-Life-Simulationen zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Lagertests bezogen auf die Kopfraumzusammensetzung (aus Sauerstoff, Kohlendioxid und Ethylen). Aus weitergehenden Simulationen folgten geeignete Verpackungskonfigurationen für verschiedene Lebensmittel. Auf Basis der Simulationen können lebensmittlangepasste Perforationen abgeleitet werden, um eine haltbarkeitsverlängernde gleichgewichtige Schutzatmosphäre zu erzielen und das Meiste aus dem Einsatz von Scavengern herauszuholen.

### **Zu antimikrobiellen Wirkstoffen**

Als antimikrobielle Wirkstoffe wurden Metallpartikel und ätherische Öle untersucht und in ihrer Wirkung gegen eine Reihe von Bakterien-, Hefen und Schimmelpilzspezies beurteilt. Im Gegensatz zu den Ethylenfängern müssen diese mit den Mikroorganismen und damit mit dem Lebensmittel in Kontakt kommen. Dabei reicht eine kleine Menge, um eine antimikrobielle Wirkung zu erzielen, entweder durch Unterdrückung des Wachstums oder das Abtöten der Mikroorganismen.

In beiden Substanzklassen wurden vielversprechende Kandidaten gefunden. Bei den ätherischen Ölen stellte sich eine Kombination aus vier Ölen als besonders effektiv gegen die volle Bandbreite der Versuchsorganismen heraus. Beim Einbringen in Polymere oder Papierbeschichtungen wurde die Effektivität in einigen Fällen zwar vermindert, jedoch nicht soweit aufgehoben, dass eine Anwendung ausgeschlossen wäre.

Auch die antimikrobiellen Wirkstoffe erwiesen sich in Lagertests als effektiv darin, die Haltbarkeit der gelagerten Lebensmittel zu verlängern, wobei hier hauptsächlich Tomaten verwendet wurden. Während bei der Kontrollgruppe ein sichtbarer Befall auftrat, waren die mit aktiver Verpackung gelagerten Proben länger unversehrt.

### **Was können wir lernen?**

Obst, Gemüse und Schnittblumen sind komplexe Lagergüter: sie bieten Lebensraum für eine Vielzahl potentiell schädlicher Mikroorganismen und sind selbst noch biologisch aktiv. Anders als bei vielen anderen Lebensmitteln verbietet sich eine hermetisch geschlossene Verpackung in den meisten Fällen, da die gelagerten Pflanzenteile in diesem Fall den vorhandenen Sauerstoff aufbrauchten und schlichtweg erstickten, was zu einem raschen Verfall führte. Eine geschickte Wahl der Verpackung, beispielsweise durch gezielte Perforation, hingegen führt bekanntermaßen zur Einstellung einer im Vergleich zu offener Lagerung vorteilhaften gleichgewichtigen Schutzatmosphäre (EMAP). Während diese bereits dazu beiträgt, den Stoffwechsel der Lagergüter zu verlangsamen, ebenso wie das Wachstum von Mikroorganismen, bleibt noch ein gewisses Potential offen, das durch aktive Verpackungen in Form von Ethylenfängern und antimikrobiellen Wirkstoffen ausgereizt werden kann.

Für beide Zwecke gibt es eine Vielzahl an Substanzen, die sich in Laborversuchen als überaus vielversprechend zeigen. In der Praxis zeigen sich indes einige Schwierigkeiten, wenn diese Substanzen als integrierte Verpackungsbestandteile eingesetzt werden sollen, insbesondere für Ethylenfänger. Hier ist jedoch der Einsatz in Sachets denkbar und effektiv. Beide Klassen von aktiven Verpackungsteilen zeigen ihre Wirkung in Lagertests und können die Haltbarkeit frischer, klimakterischer Lebensmittel verlängern. Wann und wo ist der Einsatz aktiver Verpackung für diese Lebensmittel (und Zierpflanzen) sinnvoll? Diese Entscheidung muss letztlich im Einzelfall getroffen werden. Nicht jede Frucht profitiert gleichermaßen. Doch dort, wo eine um einige Tage längere Haltbarkeit Verluste vermeiden kann, wäre dieser Verpackungsansatz sicherlich sinnvoll. Dabei muss es sich nicht zwingend um Verpackungen für den Endverbraucher handeln, auch im B2B-Bereich kann dieses Potential genutzt werden.

IVLV-Mitglieder können den vollständigen Projektabschlussbericht auf unserer Homepage herunterladen. Hierzu ist nur eine Anmeldung in der Rubrik „[Meine IVLV](#)“ erforderlich. Nicht-Mitglieder können den Abschlussbericht bei der IVLV-Geschäftsstelle unter [office@ivlv.org](mailto:office@ivlv.org) anfordern.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

Das IGF-Vorhaben 252 EBG der Forschungsvereinigung Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e. V. – IVLV, Giggenhauser Str. 35, 85354 Freising, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) und –entwicklung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.