

Potsdam, den 09.11.2021

QS-Wissenschaftsfonds finanziert Forschungsprojekte

Abschlussbericht

Coating von Obst und Gemüse; Produkt- und Verbraucherverhalten

Akronym: **Fruit-Coat**

Projektleiter: Dr. Martin Geyer

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Abteilung Technik im Gartenbau

Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

e-mail: mgeyer@atb-potsdam.de

Unter Mitarbeit von Guido Rux und Christian Labude

Problemstellung

Seit wenigen Jahren steigt der gesellschaftliche Druck, der riesigen Verpackungsmüllmenge bei Lebensmitteln und insbesondere bei Obst und Gemüse etwas entgegen zu setzen. Solange es nur um die Verlängerung der Haltbarkeit und die Erhöhung der Sicherheit von O&G ging, waren Umverpackungen aus Plastik ohne Konkurrenz und nie in Frage gestellt worden. Zweifelsohne sind solche Verpackungen aus ökonomischer, technischer und pflanzenphysiologischer Sicht eine einfache, flexible, umfassende und durchaus optimale Lösung.

Seit mehreren Jahren sucht die Industrie jedoch zunehmend nach Alternativen zu Verpackungen aus Plastik; hin zu mehr Verpackungen aus biologisch abbaubaren, ggf. kompostierbaren Kunststoffen, zu Verpackungen aus Papier, Karton oder Gras oder dem kompletten Verzicht auf Verpackung.

Eine weitere Alternative kann Coating, eine dünne Beschichtung der Produktoberfläche, sein. Dabei verhält sich ein Coating ähnlich einer MAH-Verpackung (modified atmosphere humidity packaging). Die CO₂-Konzentration im Produkt wird erhöht und die von O₂ gesenkt. Außerdem sinkt der Wasserverlust durch Transpiration und die Empfindlichkeit gegenüber Fäulnis soll verringert sein.

Derzeit werden in Deutschland zahlreiche Coating's unterschiedlicher Hersteller auf Lipid- bzw. Zuckeresterbasis für verschiedene Obstarten eingesetzt. Für Coatings auf Zuckeresterbasis (E473) gilt die EU-Zulassung als Oberflächenbehandlung für O&G auch für essbare Schalen und auch für Bio-Lebensmittel. Für Coatings auf Lipid Basis (Mono- und Diglyceride, E471) gilt die Zulassung nur als Oberflächenbehandlung für Zitrusfrüchte, Granatapfel, Melone, Ananas, Banane, Papaya, Mango und Avocado. Für diese besteht keine Zulassung für Biolebensmittel. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass alle im Coating enthaltenden Stoffe, auch Emulgatoren und Lösungsmittel, von der EU zugelassen sein müssen.

Über die physikochemischen und mechanischen Eigenschaften dieser essbaren Überzüge gibt es derzeit noch wenige umfassende und aussagekräftige Informationen, sowie über deren Wirkung auf die Physiologie, den Geruch und die Haltbarkeit der Produkte, und insbesondere über deren Wirkung bei Gemüse. Außerdem ist unklar, wie und ob der Verbraucher beschichtetes O&G akzeptiert, insbesondere bei Arten, von denen die Schale mitgegessen wird, wie Gurken oder Birnen. Es handelt sich um eine kritische Abwägung der verschiedenen Vor- und Nachteile zwischen verpackt, unverpackt und gecoaed.

Zielstellung

Im Rahmen des Projekts FruitCoat soll untersucht werden, welches Potenzial die Anwendung essbarer Coatings auf gartenbaulichen Produkten hat, deren Haltbarkeit zu verlängern um Lebensmittelverluste zu reduzieren oder – als mögliche Alternative zu Kunststoffverpackungen – Verpackungsmüll zu vermindern. Das Projekt untersucht dabei, ob ausgewählte und am Markt befindliche essbare Coating's (1) grundsätzlich geeignete Material- und Barriereigenschaften für die Anwendung bei gartenbaulichen Produkten aufweisen und (2) bei der optimierten Anwendung auf spezifischen gartenbaulichen Produkten mit essbarer Schale zu einem Erhalt der Produktqualität während der Nachernte führen. Darüber hinaus soll (3) die Akzeptanz gegenüber den untersuchten essbaren Beschichtungsmaterialien bei Verbraucher:innen ermittelt werden.

Planung und Ablauf des Vorhabens; wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Abteilung für Technik im Gartenbau befasst sich bereits seit vielen Jahren mit Fragen zu Qualität und Sicherheit von Obst und Gemüse. Außerdem liegen intensive Erfahrungen über den Einsatz und die Wirkung unterschiedlicher Verpackungsmaterialien auf Qualitätserhalt und Shelf Life von Perishables vor. Deshalb ist es nachvollziehbar, die Wirkung von Coatings auf den Qualitätserhalt von O&G mit in die Untersuchungen aufzunehmen.

Das Projekt FruitCoat startete im Juli 2020 mit einer Kontaktaufnahme mit BLE, REWE und Edeka mit der Bitte um Unterstützung bei der Suche nach Kontakten zu Herstellern verschiedener Coatings. Dies hat sich als komplizierter herausgestellt als erwartet, da die meisten Coatings nicht frei gehandelt werden, sondern von den Herstellern direkt an deren Vertragskunden geliefert werden und diese verpflichtet sind, diese nicht an Dritte zu weiterzugeben. So war es uns, trotz intensiver Unterstützung vom Handel und mehreren internationalen Telefonaten mit den entsprechenden Herstellern, nicht möglich, alle gewünschten Coatings für die Untersuchungen zu erhalten.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden nach Abschluss aller Bemühungen die Coatings von zwei Herstellern in jeweils zwei Formulierungen untersucht.

Beim ersten Coating (nachfolgend **Coating A**) handelt es sich um eine Lösung auf Zuckeresterbasis (E473) die mit Wasser verdünnt in zwei unterschiedlichen Formulierungen (A1 und A2) eingesetzt wird. Das zweite Coating (nachfolgend **Coating B**) ist auf Lipidbasis (E471), wird unverdünnt eingesetzt und wurde uns ebenfalls in zwei Formulierungen, B1 und B2, für die unterschiedlichen Produkte zur Verfügung gestellt. B1 enthält im Gegensatz zu B2 einen Lösungsmittelzusatz.

Zusammenarbeit/Kooperationen

Es bestehen Kooperationen mit den beiden Herstellern der in die Untersuchungen eingebundenen Coatings, außerdem mit REWE, EDEKA und mit der Berliner Hochschule für Technik (BHT) im Rahmen einer Masterarbeit.

Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Zur Beantwortung der genannten Forschungsfragen ergaben sich drei Arbeitspakete (APs). Im ersten Schritt wurden die grundlegenden physikalischen Eigenschaften – wie Trocknungsverhalten, Schichtdicke, Gas- und Wasserdampfpermeabilität – der ausgewählten Coatings unabhängig von der Anwendung auf gartenbaulichen Produkten ermittelt (AP1). Darauf aufbauend wurde die Wirkung dieser Coatings auf die Qualitätsentwicklung – u.a. auf die Festigkeit, den Wasserverlust und die Stoffwechselaktivität – bei geeignet erscheinenden gartenbaulichen Produkten untersucht (AP2). Eine Konsumentenbefragung sollte zur Einschätzung der allgemeinen Verbraucherakzeptanz gegenüber den untersuchten essbaren Coatings beitragen (AP3). Abschließend werden die erzielten Ergebnisse und gesammelten Erkenntnisse in einer zusammenfassenden Betrachtung dargestellt und diskutiert. Die Darstellung der Ergebnisse wird im Folgenden entsprechend der AP's gegliedert.



Abb. 1: Gliederung der erzielten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und der gesammelten wesentlichen Erfahrungen.

AP1: Charakterisierung ausgewählter Coatings

In AP 1 wurden grundlegende physikalische Material- und Barriereigenschaften der ausgewählten Coatings untersucht. Relevante Eigenschaften dabei sind:

- Verteilung des Coatings auf der Oberfläche
- Einfluss der Auftragungsmethoden (Sprühen - Tauchen - Pinseln)
- Schichtdicke bzw. verbleibende Masse auf der Oberfläche
- Trocknungsverhalten des Coatings
- Transmissionsrate bzw. Permeabilität für Wasserdampf, O₂ und CO₂

Aufgrund der Vielzahl durchgeführter Vor und Hauptversuche werden nachfolgend nur die besonders relevant erscheinenden Ergebnisse dargestellt.

Materialien und Methoden AP 1

Zur Charakterisierung oben genannter Eigenschaften wurden verschiedene Versuche durchgeführt. Anhand von sich nicht verändernden Probekörpern (im Vergleich zu Obst/Gemüse), wurden die Schichtdicke, die Verteilung des Coatings auf der Oberfläche und grundlegende Trocknungscharakteristika bestimmt. Durch die Verwendung von Luftpostpapier als dünnes Trägermaterial für das Coating konnten die jeweiligen Transmissionsraten bzw. Permeabilitäten auch in Abhängigkeit von der Auftragungsmethode untersucht werden. Darüber hinaus wurden Birnen als Modelfrüchte verwendet, um die grundlegende Wirkung auf die Abgabe von Wasserdampf und CO₂ am realen Produkt zu bestimmen.

Ergebnisse AP 1

Alle verwendeten Coatings zeigten eine gleichmäßige Verteilung und eine annehmbare Anwendbarkeit sowie beim Tauchen, Sprühen oder Pinseln. Lediglich das Entstehen von Schaum bei zu starkem mechanischen Homogenisieren (bspw. Rühren, Schlagen oder Ultratorax-Mixen) kann zu Einschränkungen bei der Verteilung führen.

Der Einfluss der Auftragungsmethoden spielt unter praktischen Bedingungen nur eine geringe Rolle da es keinen signifikanten Unterschied bei der Schichtdicke und den gemessenen Charakteristika zwischen Sprühen und Tauchen gibt. Lediglich das manuelle Pinseln führte zu dickeren Schichten. Die Masse an Coating auf der Oberfläche (proportional zur Schichtdicke) variiert je nach Coating und zu beschichtender Oberfläche. Das zuckerbasierte Coating ist sehr dünn und hat für beide Varianten nur eine Masse von etwa 0.2 mg.cm⁻². Beim lipidbasierten Coating ist die Masse deutlich höher und liegt ohne Lösungsmittel (B2) bei 1.2 mg.cm⁻² und mit Lösungsmittel (B1) bei 2.0 mg.cm⁻². Alle Coatings trocknen in

moderaten Zeiten von maximal 1h (20 °C, 65-70% RH, freie Konvektion), wobei die zuckeresterbasierten Coatings (A1&2) deutlich schneller abtrocknen (etwa 20 min). Die tatsächliche Trocknungszeit ist Abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit des Produktes und den Umgebungsbedingungen (Temperatur, rel. Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit)

Zur Charakterisierung der verwendeten Coatings wurde zudem die Durchlässigkeit gegenüber O₂ und CO₂ ermittelt. **Abb.2** zeigt exemplarisch die Transmission von O₂ (A) und CO₂ (B) durch entsprechend beschichtetes Luftpostpapier. Die mittlere Transmissionsrate ist in **Tabelle 1** wiedergegeben in der auch die Transmissionsrate für Wasserdampf angegeben ist. Die Messungen zeigen eine deutliche Reduzierung der Wasserdampf- sowie Gaspermeabilität des lipid-basierten Coatings (B1). Der Verzicht auf das Lösungsmittel (B2) führt jedoch zu einem starken Anstieg der Transmissionen, vor allem für O₂ und CO₂, weshalb dieses Coating für die weiteren Versuche nicht mehr verwendet wurde. Das zuckeresterbasierte Coating zeigte erwartungsgemäß nur eine minimale Reduzierung der Wasserdampfdurchlässigkeit. Das Coating konnte zudem auch nicht den Durchgang von O₂ und CO₂ verringern.

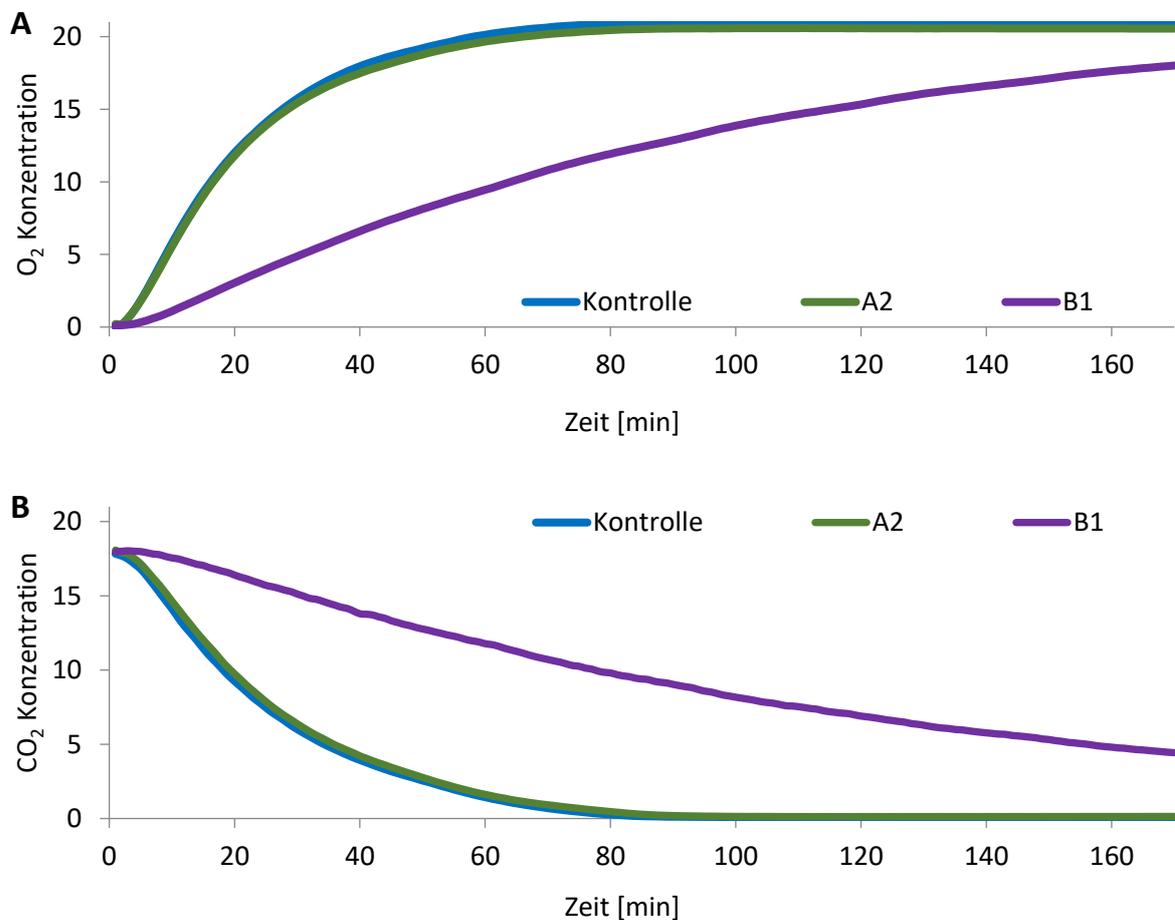


Abb. 2: Messung der O₂- (A) und CO₂-Transmission (B) durch beschichtetes Luftpostpapier.

Tabelle 1: Wasserdampf- und Gastransmission durch mit verschiedenen Coatings beschichtetem Luftpostpapier

	Kontrolle	A1	A2	B1	B2
O ₂ mg.h ⁻¹ .cm ⁻²	4,57 ± 0,54	4,31 ± 0,24	4,16 ± 0,20	1,68 ± 0,07	5,04 ± 0,36
CO ₂ mg.h ⁻¹ .cm ⁻²	3,58 ± 0,25	3,02 ± 0,21	2,92 ± 0,14	1,43 ± 0,32	3,46 ± 0,26
H ₂ O mg.h ⁻¹ .cm ⁻²	4.22 ± 0.16	3.74 ± 0.20	4.08 ± 0.15	1.66 ± 0.33	2.63 ± 0.28

Die Wasserdampf- und Gastransmission des lipidbasierten Coatings wurde ebenfalls direkt am Produkt Birne, welches hier als Modellfrucht fungierte, bestimmt. **Abb.3** zeigt exemplarisch die respirationsbedingte CO₂-Abgabe des Produktes, welche durch das Auftragen des lipidbasierten Coatings (B1) halbiert wird. Die Reduzierung der CO₂-Abgabe resultiert einerseits direkt aus der geringeren Permeabilität des Coatings, andererseits auch einer Reduzierung des Stoffwechsels aufgrund der ebenfalls stark reduzierten O₂-Verfügbarkeit. Eine verringerte Respiration zeigt gemeinhin eine reduzierte Stoffwechselaktivität an, bei der wertgebende Inhaltsstoffe wie Vitamine und organische Säuren langsamer abgebaut werden und die Qualität folglich länger erhalten werden kann.

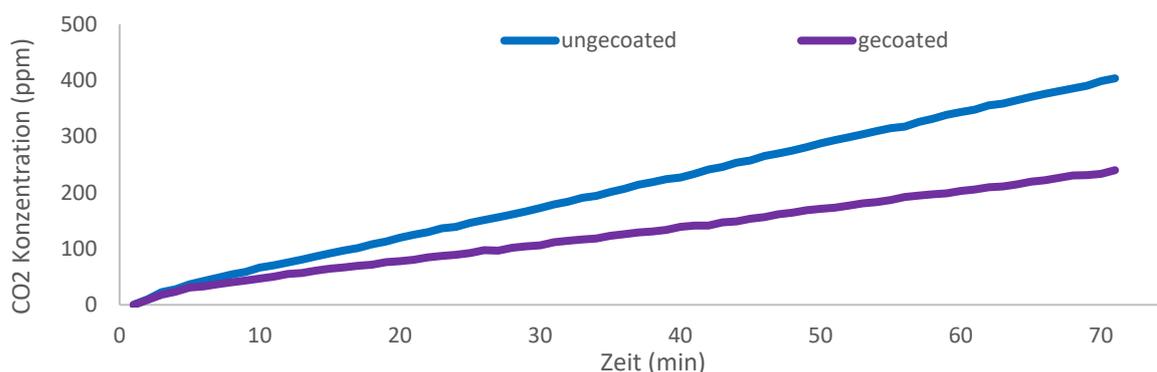


Abb. 3: Messung der CO₂-Abgabe einer Birne mit und ohne lipidbasiertes Coating (B1).

Bei der Transpirationmessung, welche exemplarisch in **Abb.4** dargestellt wird, wurde zunächst die Transpiration einer Einzelbirne bestimmt (im Beispiel etwa 326 mg.kg⁻¹.h⁻¹). Dann wurde das Coating aufgetragen und es folgte eine Trocknungsphase die von einem stärkeren Gewichtsverlust geprägt ist, da das Coating abtrocknet. Nach etwa 1h ist die Oberfläche soweit abgetrocknet, dass die Birne trocken erscheint und gehandhabt werden kann. Es folgt jedoch noch eine Phase in der die Transpiration noch etwas erhöht ist, bis das Coating restlos abgetrocknet ist. Nach dem Abtrocknen des Coatings wird der Wasserverlust der Birne um etwa 40 % des Ausgangswertes reduziert (im Beispiel etwa 140 mg.kg⁻¹.h⁻¹). Der tatsächliche Wasserverlust variiert von Einzelfrucht zu Einzelfrucht und verändert sich ebenfalls über die Zeit. Die Anwendung eines lipid-basierten Coatings reduziert insgesamt aber deutlich den Wasserverlust und kann somit zu einem längeren Qualitätserhalt beitragen.

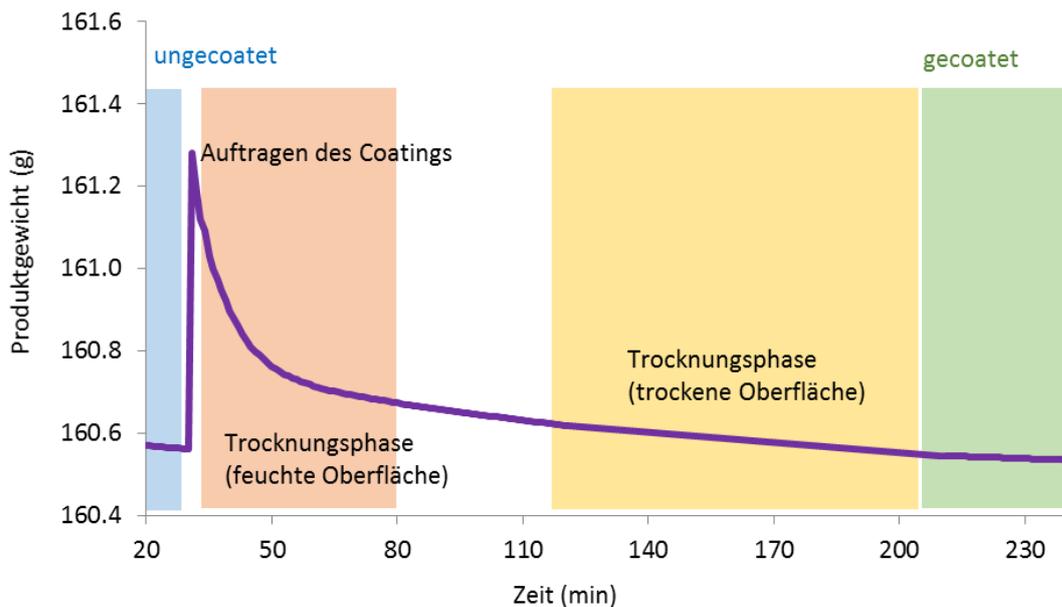


Abb. 4: Messung der Transpiration mit und ohne lipidbasiertes Coating (B1).

AP2: Qualitätsentwicklung behandelter gartenbaulicher Produkte

In AP 2 wurde die Wirkung der Anwendung spezifischer Coatings auf die Produktqualität ausgewählter gartenbaulicher Produkte mit essbarer Schale während der Nachernte untersucht. Die Ergebnisse werden hier der Übersichtlichkeit halber vorrangig stichpunktartig dokumentiert.

Materialien und Methoden AP 2

Die Versuche wurden mit verschiedenen Obst- und Gemüsearten durchgeführt, die in Verkaufsstellen in der Region gekauft wurden: Pflaumen, Apfel, Birnen, Salatgurke, Paprika. Für das thermische Gleichgewicht wurden die Produkte bis zum Versuchsbeginn für ca. 1-2 h bei 20 °C gelagert. Diese Temperatur wurde gewählt, um die im Einzelhandel vorliegenden Auslagebedingungen zu simulieren.

Die Produkte wurden in die Coatings getaucht oder sie wurden mit einem Pinsel auf die Produkte aufgetragen. Nach dem Auftrag wurden die Produkte getrocknet und auf Gittertischen bei ca. 20 °C gelagert. Die jeweilige Lagerdauer war produktspezifisch und die Untersuchung relevanter Qualitätsparameter wurde in Abständen von 2 bis 7 Tagen durchgeführt. Zu den relevanten Qualitätsparametern gehörten die Lagerfähigkeit, der Wasserverlust, die Festigkeit bzw. Elastizität, der Geschmack, das VOC-Profil, die Ethylensynthese, die Respirationsrate sowie die photosynthetische Aktivität. Für mehrere Produkte wurden Zeitrafferfilme angefertigt, und das Aussehen der Produkte an den jeweiligen Testtagen wurde zusätzlich mit Einzelfotos dokumentiert.

Die Wasserverluste der Produkte wurden gravimetrisch mit einer Waage gemessen. Die Messung der Atmung erfolgte bei einer konstanten Temperatur von 20 °C für bis zu 2 h. Für die Messung der Respirationsraten (RR) der Proben wurde ein speziell angefertigtes geschlossenes Gasaustauschsystem verwendet, bestehend aus neun Acrylglasküvetten (8,2 L Volumen), die mit GMP222 Infrarot-CO₂-Analysatoren (Vasalia, Helsinki, Finnland) ausgestattet waren. In jede Küvette wurden 3-5 einzelne Früchte gelegt, die Küvetten mit einem Acrylglasdeckel hermetisch verschlossen und die CO₂-Akkumulation gemessen. Diese Daten wurden auf einem Datenlogger (NetDAQ 2645A, Fluke Deutschland GmbH, Glottertal, Deutschland) gespeichert und zur Berechnung der RR verwendet.

Die Gewebefestigkeit der Produkte wurde mit einem Texturanalysator (TA-XT Plus, Stable Micro Systems, Surrey, UK) gemessen. Zur Bestimmung der Gewebefestigkeit wurde der Analysator mit einer SMS-P/4-Zylindersonde ausgestattet und auf 3 mm Eindringtiefe eingestellt (Geschwindigkeit 1 bzw. 10 mm s⁻¹ (Testgeschwindigkeit und Nachtest). 5-10 Proben pro Behandlung wurden analysiert und die Festigkeit als maximale Druckkraft (N) angegeben. Die Elastizitätsmessungen erfolgten mit Prüfkugel P/0.25S und einer Geschwindigkeit von 0,05 mm s⁻¹ bis zu einer Belastung von 1 N.

Ergebnisse AP 2

Masseverlust (Transpiration)

A1 und A2:

- die meisten Produkte zeigten keine signifikante Reduzierung des Wasserverlustes durch die Verwendung von A1 und A2
- der größte Effekt wurde bei Gurken, Pflaumen und Birnen beobachtet
- A1 zeigte eine stärkere Verringerung des Wasserverlustes als A2, das keine Wirkung auf Apfel und Gurke hatte oder den Wasserverlust bei roter Paprika sogar erhöhte.

B1:

- Wasserverlust und Wirkung von B1 sind produktspezifisch
- Die Reduktion des Wasserverlustes durch den Einsatz von B1 liegt bei allen Produkten zwischen 12-83 %.
- die meisten Produkte zeigten mehr als 40 % weniger Wasserverlust durch den Einsatz von B1 als die Kontrolle
- der größte Effekt wurde bei Gurken beobachtet
- Paprika zeigte jedoch nur eine geringe Reduktion, wahrscheinlich aufgrund der Oberflächeneigenschaften

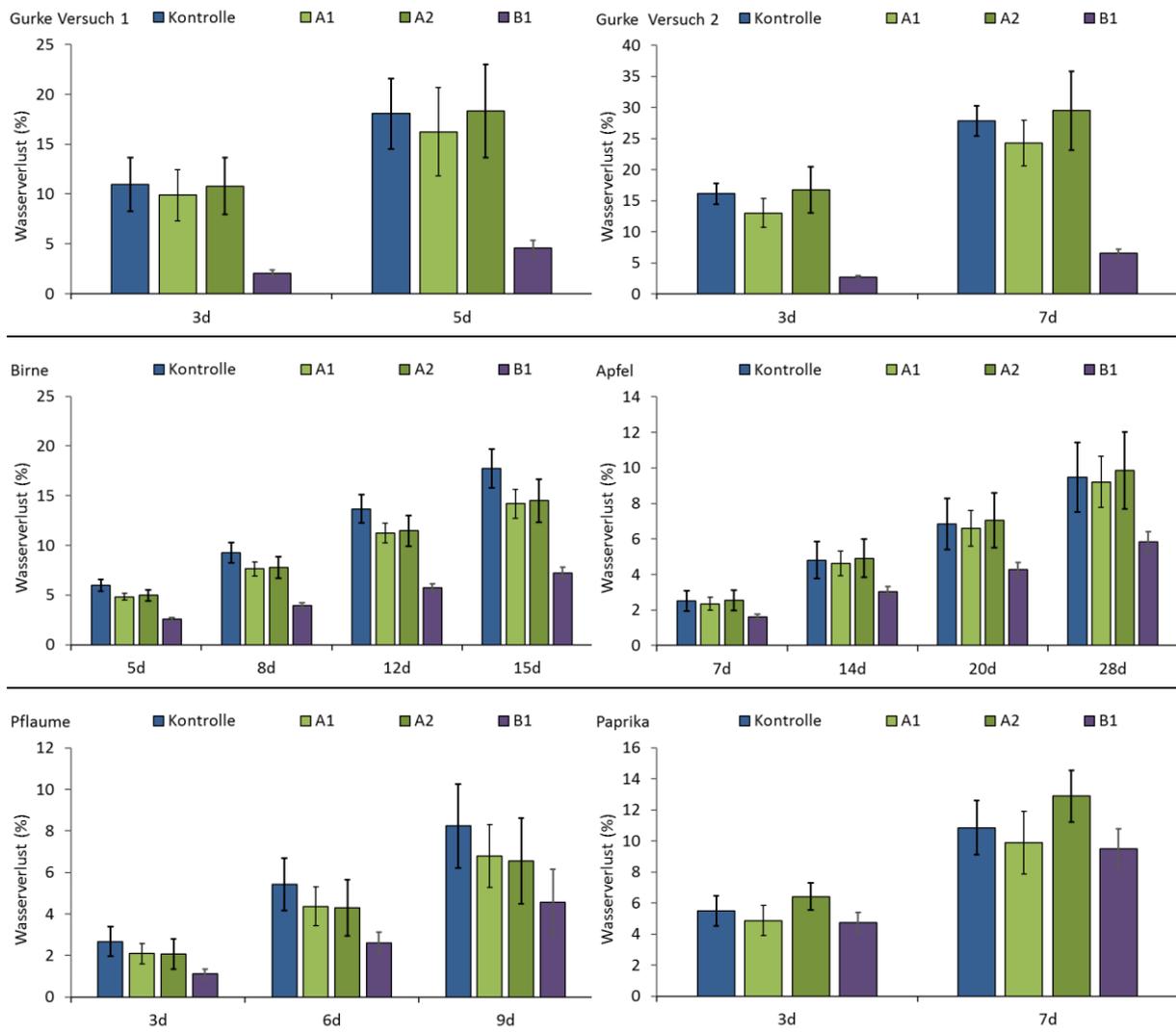


Abb. 5: Prozentualer Masseverlust verschiedener Obst- und Gemüsearten nach 3 bis 28 d.

Atmung

A1 und A2:

- keine signifikante Reduktion der Atmung bei Verwendung der A1 und A2 - Beschichtungen

B1:

- Die Atmung ist produktspezifisch und kann während der Haltbarkeit je nach Produkt und individuellem Reifegrad zunehmen oder abnehmen
- Eine verringerte Atmung verlängert in der Regel die Haltbarkeit, da sie mit dem Abbau von Inhaltsstoffen verbunden ist
- Generell verlangsamt der Einsatz von B1 die Atmung

- Allerdings ist dieser Effekt nur bei Birnen und Gurken ausreichend ausgeprägt und damit relevant
- Bei Gurke und Birne wurde die Atmung um bis zu 48 % bzw. 65 % reduziert

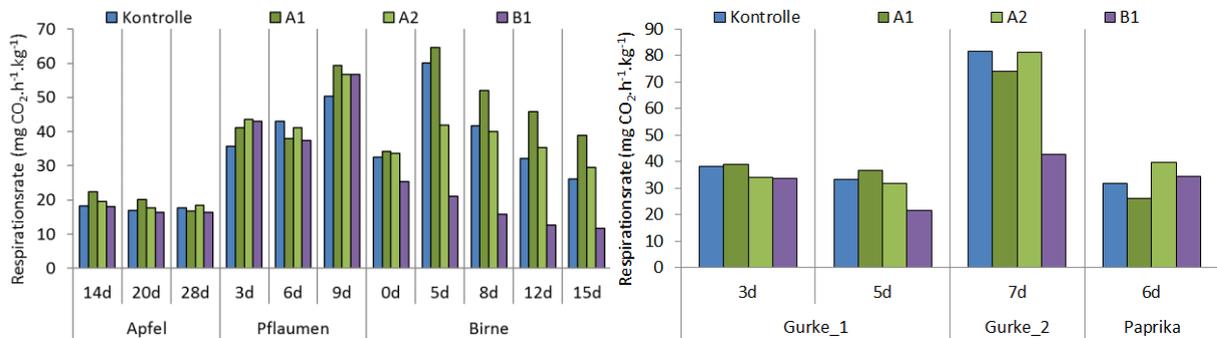


Abb. 6: Atmung verschiedener Obst- und Gemüsearten nach 3 bis 28 d.

Gewebefestigkeit/Elastizität

A1 und A2:

- keine signifikanten Reduzierungen der Gewebefestigkeit oder -elastizität durch die Verwendung beider A1 und A2 -Beschichtungen

B1:

- Verluste von Gewebefestigkeit oder Elastizität sind produktspezifisch
- Die Festigkeit/Elastizität nimmt bei den meisten Produkten kontinuierlich ab
- Bei Birnen nimmt die Gewebefestigkeit in den ersten 5 Tagen der Lagerung aufgrund des eingeleiteten Reifungsprozesses stark ab
- Die Anwendung von B1 kann das weich werden aller Produkte reduzieren
- Der größte Effekt wurde bei Gurken und Birnen beobachtet
- Bei Gurken wurde kein weich werden durch den Einsatz von B1 beobachtet, verglichen mit 35 % Elastizitätsverlust ohne B1
- Bei Birnen wurde die Abnahme der Gewebefestigkeit um ca. 40-60 % im Vergleich zur Kontrolle reduziert

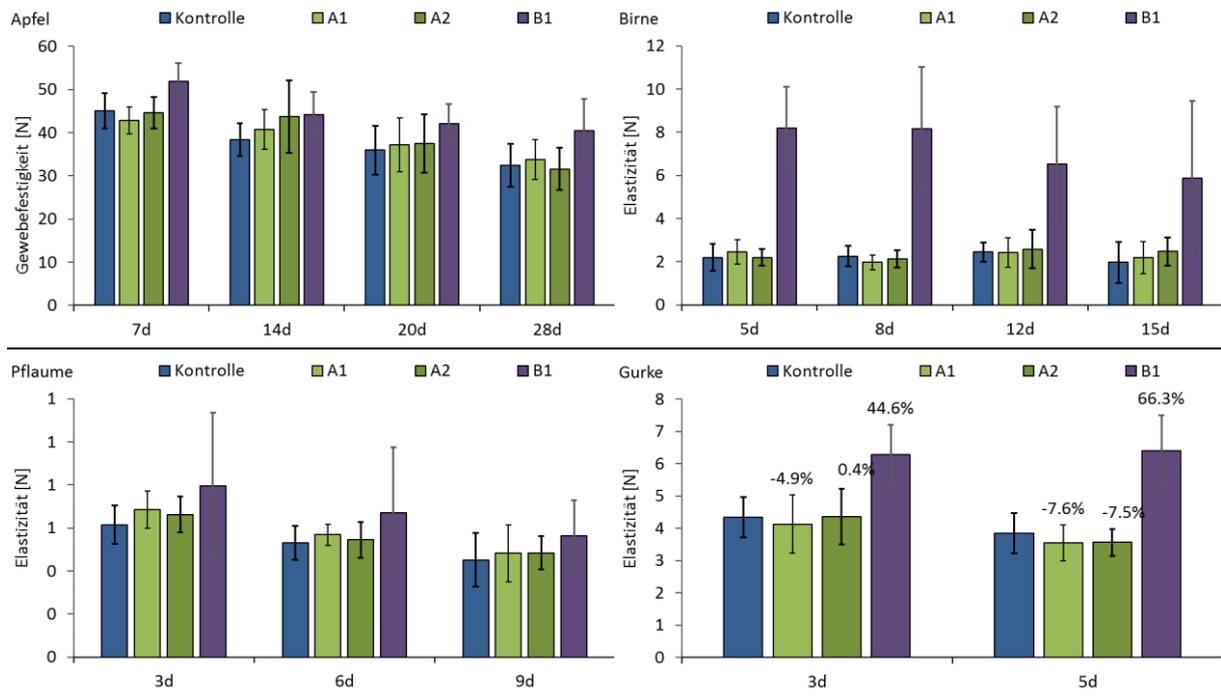


Abb. 7: Elastizität / Festigkeit von verschiedenen Obst- und Gemüsearten nach 3 bis 28 d.

Aussehen

A1 und A2:

- Anwendung beider A -Beschichtungen führte zu signifikant besserer Qualität mit weniger Bräunung bei Birne
- Anwendung beider A-Beschichtungen führte zu leicht, aber signifikant besserer Qualität bei Pflaume, Apfel und Gurke
- Anwendung beider A-Beschichtungen führte zu keinen Unterschieden/geringfügig schlechterer Qualität bei Paprika
- Auftragung von A2 führte tendenziell zu besserer Qualität als A1-Beschichtung

B1:

- B1 führte zu deutlich besserer äußerer Qualität und längerer Haltbarkeit, da die Produkte weniger Wasser verlieren
- Der wachsartige Überzug hat jedoch den Nachteil, dass Pflaumen die blaue Bereifung verlieren und schwarz und andere Früchte etwas „speckig“ erscheinen
- Der Glanz bei B1 beschichteten Früchten ist verändert

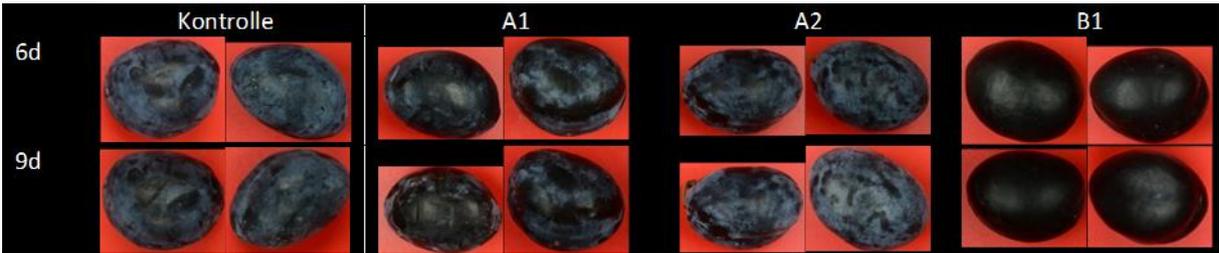
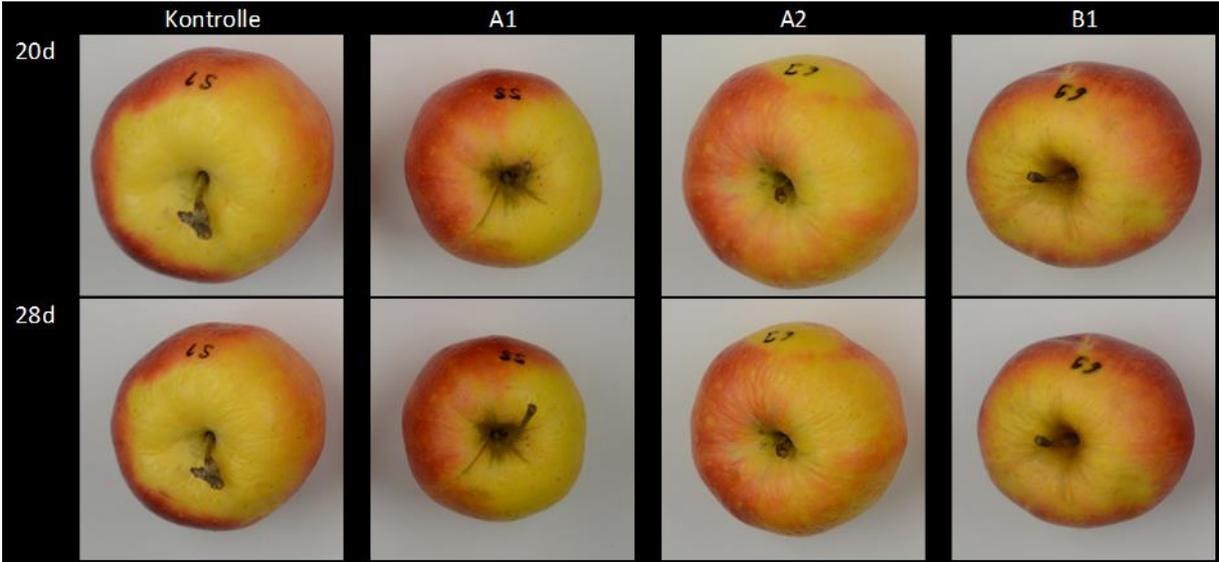




Abb. 8: Visuelle Veränderungen verschiedener Obst- und Gemüsearten am Ende des Shelf-Life.

Zusammenfassung der Ergebnisse aus AP 2

Coating A1 und A2:

Durch die Verwendung der beiden Beschichtungen A1 und A2 kann die Qualität von Pflaumen und Birnen und in geringerem Maße von Apfel und Schlangengurke verbessert werden. Die Unterschiede sind jedoch nicht so ausgeprägt wie erhofft. Der Einsatz von A1-Beschichtungen auf Paprika zeigte keine Wirkung. Die Anwendung von A1 und A2 reduziert den Gewichtsverlust von Pflaumen und Birnen und führt zu einer signifikant besseren visuellen Qualität mit weniger Bräunung bei Birnen und leicht besserer Qualität bei Pflaume, Apfel und Gurke. Es gab keinen Effekt von A1 und A2 auf die Atmung und die Gewebefestigkeit/-elastizität für alle Produkte. Im Allgemeinen zeigte A2 bessere Ergebnisse als die A1-Beschichtung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Beschichtung mit A vor allem bei Produkten mit empfindlicher Oberfläche, die wie Birnen zur Bräunung neigen, einen positiven Effekt hat. Bei

Produkten mit wachsartiger oder sehr dichter Epidermis ist der Effekt gering. Tomaten z.B. wurden nicht untersucht. Es ist aber zu erwarten, dass nur ein geringer positiver Effekt erzielt werden kann.

Coating B:

Gurke

B1 führt zu einer signifikanten Reduktion des Wasserverlustes und der Atmung bei Erhaltung der Elastizität. Allerdings scheint das Lösungsmittel bei Gurken teilweise physiologische Schäden zu verursachen (Gewebeschäden und Kavernenbildung). Hier wäre vielleicht ein anderes Lösungsmittel vorzuziehen, was nach Absprache mit dem Hersteller mit B2 erfolgt, oder eine stärkere Verdünnung angebracht.

Birne (Conference)

Bei Birnen wurden durch die Anwendung von B1 sehr gute Ergebnisse erzielt. Die Birnen verloren deutlich weniger Wasser, die Atmung wurde deutlich reduziert und sie blieben lange grün, fest und knackig. Allerdings war die Geschmacksentwicklung der B1-behandelten Birnen verzögert bzw. gestört, und ihr Geschmack war nicht überzeugend. Dies hängt wahrscheinlich mit einer zu stark reduzierten O₂-Verfügbarkeit zusammen. Auch die VOC-Analyse (nicht gezeigt) konnte diese Entwicklung aufzeigen und die Vermutung bestätigen. Daher wird auch hier empfohlen, die B1-Schicht dünner zu machen, d.h. B zu verdünnen, um die Gasdiffusion und damit die O₂-Verfügbarkeit etwas zu erhöhen. Dadurch könnten möglicherweise die nachteiligen Effekte beseitigt werden, ohne die vorteilhaften Effekte wesentlich zu verringern.

Pflaume (Hauszwetschge)

Bei Pflaumen bot B1 wenige Vorteile gegenüber der Kontrolle, was damit zusammenhängt, dass Pflaumen einen relativ hohen Gewebewiderstand aufweisen. Ein Nachteil ist, dass die wachsartige B-Beschichtung die Pflaumen fast schwarz erscheinen lässt und sie weniger attraktiv macht. Dennoch wurden negative Veränderungen im Fruchtfleisch hinausgezögert.

Paprika (rot, grün)

Bei Paprika ist der Effekt ebenfalls gering, was damit zusammenhängen kann, dass aufgrund der wachsartigen Epidermis kein optimaler Verschluss erreicht wird. Eine Messung der Gaskonzentrationen im hohlen Innenraum von grünen Paprikaschoten ergab eine signifikante Erhöhung des CO₂-Gehaltes durch B1, bei nur geringer Veränderung des O₂-Gehaltes.

Apfel (Gala)

Bei Gala-Äpfeln ist der positive Effekt von B1 im Vergleich zur Kontrolle ebenfalls eher gering, was darauf zurückzuführen ist, dass Äpfel auch ohne Beschichtung einen hohen Gewebewiderstand haben und somit wenig Wasser verlieren. Die Anwendung von B1 verlangsamte die Abnahme der Gewebefestigkeit, aber nicht in demselben Ausmaß wie bei Birne oder Gurke. Auch der positive Einfluss auf die Reduktion der Atmungsrate war gering.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Beschichtung mit B1 vor allem bei Produkten mit hohem Wasserverlust und Gasaustausch aufgrund eines geringen Gewebewiderstandes einen positiven Effekt hat. Dazu gehören Gurken und Birnen. Bei Produkten mit wachsartiger oder sehr dichter Epidermis ist der Effekt gering.

AP3: Konsumentenbefragung zur Verbraucherakzeptanz

In AP 3 soll die Akzeptanz von Verbrauchern für die untersuchten essbaren Coatings ermittelt werden.

Durchführung und Rahmenbedingungen AP 3

Für die Bewertung der Akzeptanz essbarer Coatings wurden relevante Informationen mit Hilfe einer Umfrage gesammelt. Die Umfrage orientierte sich an den Annahmen der von [Ajzen \(1991\)](#) entwickelten Theorie des geplanten Verhaltens (Theory of Planned Behavior, TPB), welche der Vorhersage menschlichen Verhaltens dient. In der Konsumforschung handelt es sich dabei um eine weit verbreitete Methode, um das Kauf- und Konsumverhalten von Verbrauchern vorherzusagen. Die Konzeptionierung der Konsumentenbefragung in Form eines Fragebogens wurde auf der Grundlage von [Raab, Unger & Unger \(2018\)](#) und [Ullmann \(2020\)](#) erstellt. Im Fragebogen wurden offene und geschlossene Fragen verwendet. Er enthielt zwei zusätzliche Informationsblätter zur Problematik Verpackungsmüll und zum Thema essbarer Coatings für die Verbraucher:innen, die zum ersten Mal mit diesem Thema in Berührung kamen. Der Fragebogen wurde auf Grundlage verschiedener Rubriken erstellt, welche unterschiedlichen Zielen des Kenntniserwerbs unterliegen und in dem auch Hinweise und Fragen von REWE eingeflossen sind. Ziel der Umfrage war es, die Einstellung der Verbraucher:innen zu Plastikverpackungen allgemein und zur Akzeptanz essbarer Überzüge bei gartenbaulichen Produkten im Besonderen zu bewerten. Die Daten wurden sowohl online als auch an einem Stand vor einem Einzelhandelsgeschäft in Potsdam erhoben.

Der Fragebogen wurde von insgesamt 149 Befragten ausgefüllt, von denen lediglich eine Person unvollständige Antworten gab. Zu den Teilnehmer:innen gehörten Erwachsene im Alter von unter 20 bis über 65 Jahren. Der größte Anteil gehörte dabei zu den 20- bis 30-Jährigen (44 %) und 30- bis 45-Jährigen (29 %). Mit etwa 62 % Beteiligung bildeten Frauen die Mehrheit der Befragten. Die Größe der Haushalte, in denen die Teilnehmer leben, variierte, wobei die 1-Personen- (27 %) und 2-Personenhaushalte (35 %) überwogen. In der Studie sind Frauen sowie die Gruppe der 20- bis 45-jährigen überrepräsentiert. Die Alterskohorten jünger als 20 Jahre und älter als 65 Jahre sind dagegen unterrepräsentiert. Die 46- bis 65-jährigen entsprechen in etwa der Verteilung der deutschen Grundgesamtheit. Die einzelnen Fragen und deren Beantwortung sind in **Tabelle 2** und **Tabelle 3** dargestellt.

Ergebnisse AP 3

Bei der Befragung konnte durchaus eine breite Verteilung bezgl. Alter, Geschlecht und Haushaltsgröße erzielt werden. Die Überrepräsentation an Frauen deckte sich mit der Tatsache das Frauen in der Familie nach wie vor überwiegend für den Einkauf verantwortlich sind und bilden somit gut die durchschnittliche Kundschaft ab. Der Großteil der Befragten gehörte mit 73 % zu den unter 45-Jährigen. Dies repräsentiert zwar nicht die reale Verteilung in der Bevölkerung, ist für die Bewertung der Kundenmeinung dennoch von besonderer Bedeutung. Diese Altersgruppen bilden die zukünftige Bevölkerungsmehrheit und Forderungen dieser Gruppe werden zunehmend an Relevanz gewinnen. Die Verteilung der Haushalte, bei denen die 1-Personen- (27 %) und 2-Personenhaushalte überwiegen, spiegelt die allgemeine Entwicklung im urbanen Raum wider. Dennoch ist zu beachten, dass es bei den Umfrageteilnehmer:innen wie bei allen Befragungen eine Überrepräsentation an grundsätzlich offenen und interessierten Personen gab, welche überhaupt zur Teilnahme motiviert werden konnten. Es ist, auch auf Basis der während der Befragung teilweise geführten Gespräche, davon auszugehen, dass die Befragten überdurchschnittliche Kenntnisse in Bezug auf Ernährung, Gesundheit und Umwelt aufweisen. Dies zeigte sich auch im hohen Anteil an Befragten, welche angaben, beim Kauf von Obst & Gemüse vorrangig Bio- bzw. saisonale und/oder regionale Produkte zu kaufen.

Tabelle 2: Ergebnisse der Konsumentenbefragung; Fragen mit Bewertungsskala

Frage	1	2	3	4	5	6	7
F1 Wie viel frisches Obst & Gemüse kaufen Sie? (1=sehr wenig; 7=sehr viel)	1.4 %	1.4 %	6.8 %	17.6 %	25.7 %	29.7 %	16.9 %
F2 Wie viel Geld geben Sie für frisches Obst & Gemüse aus? (1=möglichst wenig; 7=sehr viel)	2.0 %	3.4 %	10.8 %	24.3 %	37.8 %	16.2 %	5.4 %
F4 Wie viel verpacktes (frisches) Obst & Gemüse kaufen Sie? (1=keins; 7=sehr viel)	2.0 %	22.3 %	18.2 %	25.7 %	17.6 %	11.5 %	2.7 %
F5 Stört Sie beim Kauf von Obst & Gemüse anfallender Verpackungsmüll? (1=überhaupt nicht; 7=ja sehr)	1.4 %	0.7 %	1.4 %	2.7 %	6.1 %	22.3 %	65.5 %
F6 Was halten Sie davon, Obst & Gemüse zur Vermeidung von Plastikverpackungen mit einem essbaren Schutzfilm zu überziehen? (1=nicht gut; 7=sehr gut)	5.4 %	4.7 %	6.1 %	6.8 %	16.9 %	23.6 %	36.5 %

Tabelle 3: Ergebnisse der Konsumentenbefragung; Fragen mit gesetzten Antworten

Frage	Anteil
F3 Worauf achten Sie beim Kauf von Obst & Gemüse vorrangig?	
<i>Ich kaufe Bioprodukte</i>	47.3 %
<i>Ich kaufe saisonale und/oder regionale Produkte</i>	70.3 %
<i>Ich achte auf die Qualität der Produkte</i>	80.4 %
<i>Ich achte auf einen niedrigen Preis</i>	33.8 %
<i>Keins der genannten Kriterien ist für mich kaufentscheidend</i>	2.0 %
F7 Wie würde ein essbarer Schutzfilm auf Obst und Gemüse Ihre Kaufentscheidung beeinflussen?	
<i>Ich würde solche Produkte bevorzugt kaufen</i>	59.5 %
<i>Ein solcher Schutzfilm würde für meine Kaufentscheidung keine Rolle spielen</i>	18.2 %
<i>Ich würde Produkte ohne solchen Schutzfilm bevorzugen</i>	16.2 %
<i>Solche Produkte würde ich nicht kaufen</i>	2.0 %
<i>Weiß ich nicht</i>	8.8 %
F8 Ein essbarer Schutzfilm auf Obst und Gemüse sollte meiner Meinung nach ...	
<i>restlos abwaschbar sein</i>	68.2 %
<i>auf dem Produkt nicht wahrnehmbar sein</i>	48.0 %
<i>detailliert auf dem Etikett ausgewiesen sein</i>	50.7 %
<i>zu günstigeren Preisen von Obst & Gemüse führen</i>	16.9 %

Insgesamt stört sich der Großteil der Befragten stark bis sehr stark (78.8 %) am anfallenden Verpackungsmüll. Dies macht noch einmal die eingangs beschriebene Relevanz für die Entwicklung geeigneter Alternativen deutlich. Der grundsätzlichen Idee, O&G zur Vermeidung von Plastikverpackungen mit einem essbaren Schutzfilm zu überziehen, standen mit 77 % der Großteil der Befragten positiv gegenüber. Der überwiegende Anteil an Umfrageteilnehmer:innen (59.5 %) würden Produkte mit Coating bevorzugt kaufen und nur 2 % würden solche Produkte grundsätzlich nicht kaufen wollen. Allerdings wurde während der Befragung und durch alternative Antwortmöglichkeiten im Fragebogen auch deutlich, dass sich die Bevorzugung von O&G mit Coating im Wesentlichen gegenüber in Kunststoff verpackten Produkten bezieht, also als Alternative zur Verpackung. Die meisten Befragten gaben an, vorrangig gänzlich unverpackte Produkte noch vor Produkten mit Coating zu bevorzugen. Es wurde oft eine klare Priorisierung in der Reihenfolge „unverpackt“ > „mit Coating“ > „Kunststoffverpackung“ kommuniziert. Demnach erscheint die Verwendung von Coatings vor allem für Produkte relevant, welche gemeinhin nur verpackt angeboten werden. Die Verwendung von Coating bei regionalen Produkten mit kurzen Transportwegen wird dagegen kritisch beurteilt.

Zu den Anforderungen welche an ein Coating seitens der Verbraucher:innen gestellt werden, erscheint die Abwaschbarkeit (68 %) besonders relevant. Für knapp die Hälfte der Befragten ist es außerdem wichtig, dass das Coating detailliert auf dem Etikett ausgewiesen und auf dem Produkt nicht wahrnehmbar ist.

Zusammenfassende Betrachtung

Die vorrangigsten Ergebnisse zeigen, dass es bereits bei den verwendeten Coatings eine große Varianz in ihren Charakteristiken gibt und eine übergreifende Bewertung schwerfällt. Die Anwendung von Coatings hat durchaus das Potenzial den Qualitätserhalt sicherzustellen, oder zumindest zu diesem beizutragen. Hierbei erscheint vor allem das lipidbasierte Coating bei ausgewählten Produkten geeignet zu sein. Sehr positive Ergebnisse wurden bei Gurken und Birnen erzielt. Bei diesen Produkten wird davon ausgegangen, dass eine gezielte Optimierung der Coatings zu einer weiteren Verbesserung der Qualitätserhaltung führen wird. Es besteht durchaus die Aussicht, dass diese zukünftig erfolgreich im Handel eingesetzt werden können. Die zuckeresterbasierten Coatings A1 und A2 konnten in den untersuchten Anwendungsfällen nicht überzeugen, obwohl sie teilweise auch eine Verbesserung der Qualitätserhaltung bewirken konnten. Diese war jedoch vergleichsweise gering und eine Anwendung erscheint somit wenig effektiv.

Um das Potenzial der Anwendung essbarer Coatings auf gartenbaulichen Produkten als Alternative zu Kunststoffverpackungen zu bewerten, muss noch einmal auf diese eingegangen werden. Die wesentlichen Hauptfunktionen für Verpackungen neben der Qualitätserhaltung des Packguts sind das Bilden von Verkaufseinheiten, die Informationsbereitstellung, eine einfachere Handhabbarkeit (Lagerung, Transport, Vertrieb und Haushalt) sowie die Erhöhung der Aufmerksamkeit im Handel. Die Qualitätserhaltung wird erreicht durch einen Schutz gegenüber mechanischer (auch Berühren und Zurücklegen) und klimatischer Beanspruchung sowie mikrobieller Kontamination. Der Wasserverlust kann deutlich reduziert werden und die Veränderung der Atmosphäre (Reduzierter Gasaustausch) führt allgemein zu einer längeren Haltbarkeit der Produkte. Dem gegenüber stehen höhere Kosten (Verpackung z.T. teurer als Produkt), ein höheres Transportvolumen sowie die Umweltproblematik (Abfall, carbon foot print) und steigende Unzufriedenheit der Verbraucher:innen (wünschen "offene Ware"; gegen „Verpackungswahnsinn“).

Die Anwendung eines Coatings kann naturgemäß nur einige der Vorteile konventioneller Verpackungen liefern. Die Hauptfunktion ist die Verlängerung des shelf life (Qualitätserhaltung durch reduzierten Wasserverlust und Gasaustausch). Der zusätzliche technische Aufwand dafür erscheint gering. Größter Vorteil einer Anwendung ist das Vermeiden des Verpackungsmülls. Die Ware kann wieder offen angeboten werden, wodurch diese aber auch wieder angefasst und zurückgelegt werden kann. Coatings bieten leider keinen effektiven Schutz gegen mechanische Belastung und sind somit für bestimmte Produktgruppen nicht geeignet (bspw. Himbeeren, Erdbeeren). Weitere Nachteile sind die fehlende Möglichkeit, die Ware direkt mit wichtigen Informationen auszuzeichnen (Preis, Masse, Herkunft, ...).

Die Anwendung von Coatings auf O&G bei denen die Schale mitverzehrt wird unterliegt jedoch noch weiteren Einschränkungen, welche hier kurz genannt werden sollen und in **Abb. 9** skizziert werden. Für eine geeignete Anwendung von Coatings sind neben den Charakteristika des **Coatings** und den physiologischen Eigenschaften der zu coatenden Produkte, auch andere produktspezifische Parameter relevant (**Produkt**). Die allgemeinen **Rahmenbedingungen** spielen eine wichtige Rolle. Das Coating muss mit seinen Spezifikationen verständlicherweise sowohl zum Produkt als auch den gegebenen Rahmenbedingungen passen.

Coating: Neben den reinen Barriereeigenschaften gegenüber O₂, CO₂ und Wasserdampf, welche sich direkt auf den Qualitätserhalt der Produkte auswirken, sind auch andere Eigenschaften des Coatings sehr relevant. Gute adhäsive Eigenschaften sind allgemein wichtig, um ein Anhaften und gleichmäßige Verteilung am Produkt zu gewährleisten. Die Beständigkeit/Löslichkeit des Coatings sollte für die Anwendung optimiert sein, um einerseits eine stabile Lagerung zu ermöglichen, andererseits von den Konsument:innen auch möglichst

einfach entfernbar (abwaschbar) zu sein (siehe Rahmenbedingungen). Das Auftragsverfahren muss geeignet sein. Falls ein Coating beispielsweise nicht mit Sprühen aufgetragen werden kann und das Produkt getaucht werden muss (unüblich), kann es sein, dass die Betriebe dies nicht umsetzen können (Platz, größere Menge an Coating und daher unwirtschaftlich). Zu lange Trocknungszeiten des Coatings können nicht in betriebliche Abläufe passen und eine zu kurze Haltbarkeit (bspw. Stabilität von Emulsionen) können die praktische Handhabung unmöglich machen.

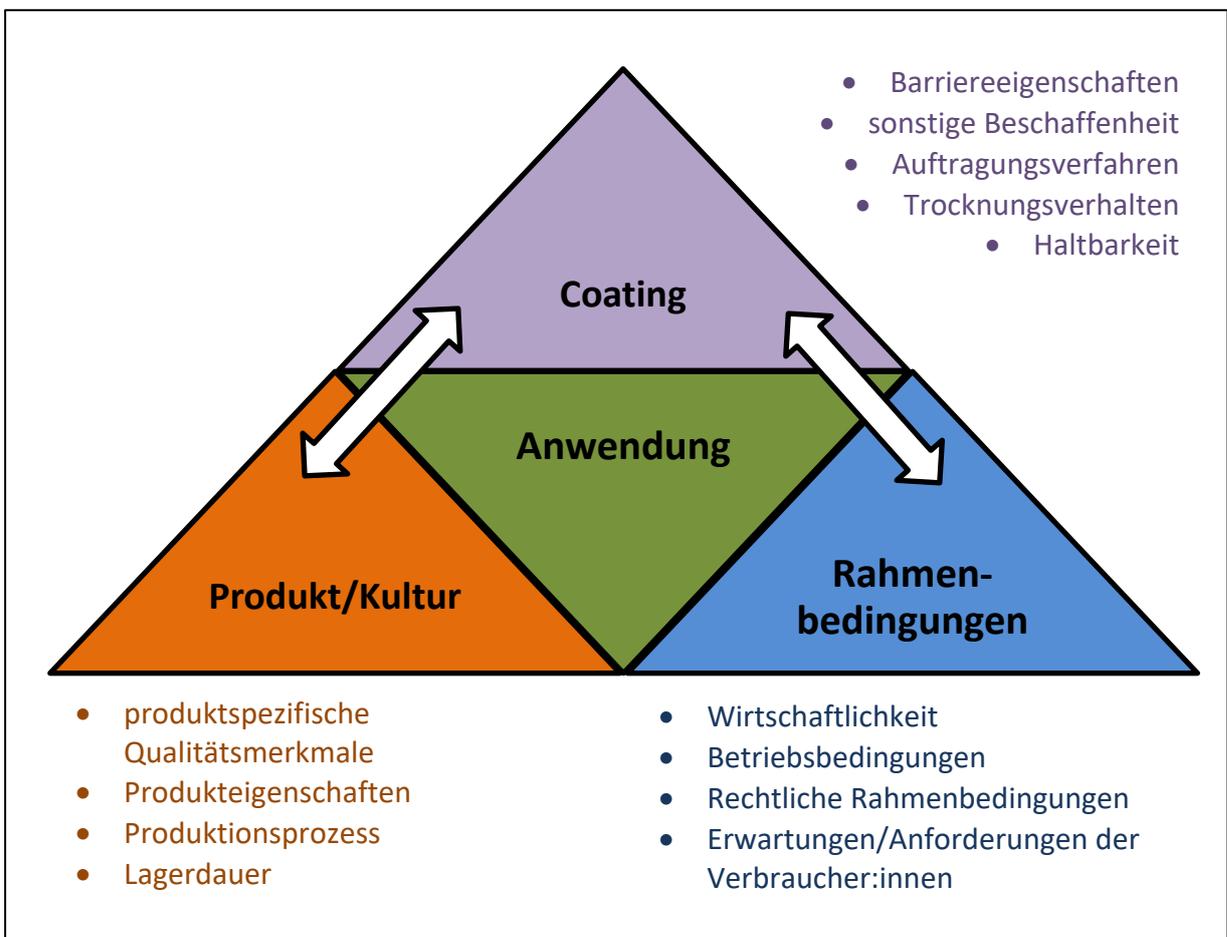


Abb. 9: Relevante Faktoren für die Anwendung eines Coatings bei gartenbaulichen Produkten mit essbarer Schale.

Produkt: Coating und Produkt müssen aufeinander abgestimmt sein, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Das Coating sollte dabei die produkttypischen Qualitätsmerkmale nicht negativ beeinflussen (bspw. Verringerung des Aromas, Glanz, ...). Neben den produkttypischen Qualitätsmerkmalen sind auch andere Produkteigenschaften bei der Anwendung eines Coatings zu beachten. Hierbei ist besonders die Oberflächenbeschaffenheit der Produkte relevant (kein Anhaften des Coatings an zu glatten bzw. wachsartigen Oberflächen bspw. Paprika).

Die Anwendung des Coatings muss aber auch zum Produktionsprozess der Kultur passen. Das Coaten von Erdbeeren könnte bspw. eine Verbesserung der Haltbarkeit bewirken. Die Tatsache, dass Erdbeeren üblicherweise bei der Ernte direkt in die Verkaufsschale gelegt werden und im weiteren Produktionsprozess nicht mehr umgepackt werden (mechanische Belastung), schließt die Anwendung bei dieser Kultur weitgehend aus. Wahrscheinlich spielt auch der richtige Zeitpunkt des Coaten (ideal vor Einsetzen des Reifeprozesses) eine große Rolle. Einige Kulturen weisen auch schlichtweg eine zu kurze Haltbarkeit auf, um mit einem Coating nennenswerte Effekte zu erzielen (bspw. Spargel, bei dem sich die Haltbarkeit zwar deutlich erhöht, sich der Aufwand aber voraussichtlich kaum lohnt und das Coaten im Aufbereitungsprozess (Trocknung) auch kaum umsetzbar ist).

Rahmenbedingungen: Neben den einzuhaltenden rechtlichen Rahmenbedingungen, nach denen das entsprechende Coating für die Anwendung zugelassen sein muss und den bereits erwähnten betrieblichen Produktionsbedingungen, spielen vor allem die Erwartungen und Anforderungen der Verbraucher:innen eine entscheidende Rolle. Wie die durchgeführte Konsumentenbefragung ergab, sollte ein Coating auf jedem Fall gut abwaschbar und auf dem Produkt nicht oder nur gering wahrnehmbar sein.

Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es wurden weitere Coatings verschiedener Hersteller bekannt:

<https://www.agrofresh.com/technologies/vitafesh-botanicals/>

<https://akorn.tech/de/>

Voraussichtlicher Nutzen (insbesondere wissenschaftliche und wirtschaftliche Verwertbarkeit der Forschungsergebnisse sowie Verwertungsstrategie

- Masterarbeit von Herrn C. Labude (Berliner Hochschule für Technik)
- Poster auf der Circu-a-bility Konferenz Sep. 2021 (s. Anhang)
- Vortrag beim Online-Seminar „Lebensmitteltechnologie“ der Verbraucherzentrale-Bundesverband (VZBV) am 6.10.2021
- Vortrag oder Poster auf der Gartenbauwissenschaftlichen Tagung 2022
- YouTube Video zu Coating im Rahmen des Internationalen Jahres O&G 2021 der UN
- Eine wissenschaftliche Veröffentlichung 2022, wobei noch kein klares Konzept vorliegt
- Veröffentlichung der Ergebnisse in verschiedenen publikumswirksamen Zeitschriften
- Intensiver Austausch mit beiden Herstellern von A und B und mit den für Coating Verantwortlichen bei REWE und Edeka.

Die gewonnenen Ergebnisse haben gezeigt, dass Coaten ausgewählter O&G eine Zukunft hat. Wir sind daran interessiert bzw. arbeiten daran, unser gewonnenen Erkenntnisse in Kooperation mit verschiedenen KMU im Rahmen von Drittmittelprojekten in die Weiterentwicklung einzubringen.

Wir danken dem QS-Wissenschaftsfond für die großzügige finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts und hoffen, die Erwartungen erfüllt zu haben.

Literatur

- Ajzen, I. (2020). The theory of planned behavior: Frequently asked questions. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2(4), 314-324.
- Raab, G., Unger, A. & Unger, F. (2018). *Methoden der Marketing-Forschung: Grundlagen und Praxisbeispiele* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). Springer Fachmedien Wiesbaden.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-14881-2>
- Ullmann, L. M. (2020). *Akzeptanz von Insekten als Nahrungsmittel in Deutschland: Soziodemografische, ernährungs- und umweltpsychologische Einflussfaktoren*. Springer-Verlag.

Eine umfangreiche Literaturliste wird sich in der Masterarbeit von Herrn Labude finden.