

**Scale-Up und industrielle
Produktion von aktiven
Verpackungsmaterialien für
die verlängerte Haltbarkeit
von Olivenöl (VIPack)**

**Sachbericht zum
Verwendungsnachweis**

ZE:

JG Service AG
Gutenberg Str. 8, 86558 Hohenwart

Förderkennzeichen:

01DH20004B

Vorhabenbezeichnung:

Verbundprojekt: Nutzung von Oliven- und Olivenölnebenprodukten für die Entwicklung aktiver Verpackungsmaterialien zur Verlängerung der Haltbarkeit von Olivenöl; Teilvorhaben: Scale-Up und industrielle Produktion von aktiven Verpackungsmaterialien für die verlängerte Haltbarkeit von Olivenöl (VIPack)

Laufzeit des Vorhabens:

01.05.2020 bis 31.07.2023

Teil I: Kurzbericht

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie den wissenschaftlichen und technischen Stand, an den angeknüpft wurde

Die Olivenölindustrie nimmt in der tunesischen Wirtschaft einen wichtigen Platz ein, garantiert Arbeitsplätze und Einnahmen aus dem Export. Im Erntejahr 2014/2015 war Tunesien noch vor Spanien der größte Olivenölexporteur.¹ Oxidative Prozesse reduzieren die Qualität des Olivenöls, lassen dieses unter anderem ranzig werden und führen zum Verderb und damit zu ökonomischen Verlusten. Sauerstoffverfügbarkeit, Lichtexposition und Temperatur können die Oxidationsrate von Olivenöl dabei stark beeinflussen.^{2,3} Eine Verpackung für hochwertiges Olivenöl sollte daher vor negativen äußeren Einflüssen schützen und dem Olivenöl eine hohe Wertigkeit geben um somit den Export zu stärken.

Bei der Olivenölherstellung entstehen Nebenprodukte, die ökonomische und ökologische Probleme begünstigen können, dabei aber gleichzeitig größere Mengen an biologisch wertvollen Inhaltsstoffen (z.B. Polyphenole) enthalten.⁴ Auf einer Seite sind die sehr hohen Gehalte an Polyphenolen eines der Probleme für eine erschwerte Entsorgung der Olivenölnebenprodukte, da bei hohen Konzentrationen u.a. negative Auswirkungen auf die Umwelt sowie eine phytotoxische Wirkung auftreten können.⁵ Andererseits rücken einige Nebenprodukte der Olivenölherstellung wie Olivenblätter immer mehr in den Fokus von Industrie und Forschung. Eine aktuelle Studie untersuchte beispielsweise die Anreicherung von Olivenöl mit phenolischen Extrakten, die aus Olivenöl-Nebenprodukten gewonnen werden konnten.⁶ Die Wertsteigerung von derzeit kostengünstigen Nebenprodukten, sowie eine einfachere Entsorgung durch die Abreicherung von Polyphenolen⁷ könnten Möglichkeiten für die Olivenölindustrie sein um zusätzliche Wertschöpfungen zu generieren, das Abfallmanagement zu optimieren und gleichzeitig die Nachhaltigkeit von Produktionsprozessen zu verbessern.

Das Projekt VIPack verfolgte einen Kreislaufwirtschaftsansatz und war eines der ersten Projekte, dass die gesamte Wertschöpfungskette des Olivenöls vom Farmer bis zum Verbraucher berücksichtigte. Es wurde angestrebt die Nachhaltigkeit der Wertschöpfungskette durch ergänzende Strategien zu verbessern. Diese zielten darauf ab, die Verwertung von Nebenprodukten der Olivenverarbeitung zu verbessern um einen Mehrwert für die Akteure der Wertschöpfungskette zu generieren und gleichzeitig das Volumen der zu entsorgenden Nebenprodukte zu verringern. So sollte beispielsweise ein aktives antioxidativ und antimikrobiell wirksames Verpackungskonzept durch Nutzung von phenolreichen Substanzen, die aus Nebenprodukten der Olivenölherstellung gewonnen wurden entwickelt werden, um somit die Qualität des tunesischen Olivenöls zu erhalten und die Haltbarkeit zu verlängern. Die Überprüfung und gegebenenfalls die Optimierung von Verarbeitungs- und Lagerungsparameter bei der industriellen Herstellung von tunesischem Olivenöl war ebenfalls Teil des Konzeptes.

2. Ablauf des Vorhabens

Zu Beginn des Projektes wurden verschiedenen Nebenprodukte der Olivenölherstellung hinsichtlich ihrer Eignung für ein aktives Verpackungskonzept für Olivenöl evaluiert. Ein Extraktionsverfahren für Olivenblätter wurde entwickelt und eine ökonomische Analyse der Herstellungskosten durchgeführt, die für die weiteren Versuche relevanten Inhaltsstoffe quantifiziert sowie die antimikrobielle und antioxidative Kapazität des Extraktes analysiert. Anschließend wurde der Extrakt in ein aktives Verpackungskonzept eingearbeitet – eine zuvor im Labormaßstab entwickelte Formulierung für eine aktiv antimikrobiell und antioxidative Beschichtung mit Olivenblattextrakt (OLE) wurde von der JG Service AG im industriellen Maßstab auf eine Verbundfolie beschichtet. Aus der aktiven Folie wurden Dreikantsiegelbeutel hergestellt und ein Lagerversuch mit Olivenöl durchgeführt. Nach Abschluss der Lagerung wurden die Olivenölproben in unbeschichteten und aktiven Folienbeuteln sensorisch und chemisch-physikalisch untersucht. Potentielle Umweltauswirkungen der neu entwickelten, aktiven Verpackungslösung wurden mit Hilfe einer Lebenszyklusanalyse ermittelt und mit handelsüblichen Olivenölverpackungen verglichen.

Weiterhin wurden die Prozesse in einer tunesischen Olivenmühle analysiert und mit Hilfe der aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnisse evaluiert um gegebenenfalls Optimierungen anstoßen zu können.

3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

In Vorbereitung zum industriellen Scale-Up wurden in Zusammenarbeit mit der Hochschule Albstadt-Sigmaringen (ASU) geeignete Verbundsysteme für die Beschichtung mit der aktiven Formulierung erarbeitet. Ein System aus PE/Alu/PET wurde aufgrund seiner Barriere gegenüber Licht und Sauerstoff für weitere Versuche ausgewählt. Zudem wurde die zuvor von ASU entwickelte antimikrobiell und antioxidativ wirksame Beschichtungsformulierung aus Pektin mit 1,2% Olivenblattextrakt erfolgreich bezüglich ihrer Eignung für die vorgesehenen industriellen Prozesse überprüft.

¹ Tunisian Republic Ministry of Industry: Tunisia to export more olive oil with record harvest. http://tunisia-oliveoil.com/En/data_7_56_D24, 26.07.2019.

² Frankel, E. N.: Lipid Oxidation. (Oily Press Lipid Library Series) Burlington 2005.

³ Gargouri, Boutheina; Zribi, Akram; Bouaziz, Mohamed: Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage. *Journal of Food Science and Technology* 52 (2015), 1948–1959.

⁴ Fernández-Bolaños, Juan; Rodríguez, Guillermo; Rodríguez, Rocío; Guillén, Rafael; Jiménez, Ana: Extraction of interesting organic compounds from olive oil waste. *Grasas y Aceites* 57 (2006).

⁵ Dermeche, S.; Nadour, M.; Larroche, C.; Moulti-Mati, F.; Michaud, P.: Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry* 48 (2013), 1532–1552.

⁶ Japón-Luján, R.; Luque de Castro, M. D.: Liquid-liquid extraction for the enrichment of edible oils with phenols from olive leaf extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (2008), 2505–2511.

⁷ Doula, Maria K.; Moreno-Ortego, Jose Luis; Tinivella, Federico; Inglezakis, Vassilis J.; Sarris, Apostolos; Komnitsas, Konstantinos: Olive mill waste: recent advances for the sustainable development of olive oil industry. In: Galanakis, Charis Michel (Hrsg.): *Olive Mill Waste. Recent Advances for Sustainable Management*. s.l. 2016, 29–56.

Dazu mussten beispielsweise Parameter der Formulierung wie Viskosität oder Schäumungsverhalten kontrolliert werden. Die Herstellung der Formulierung wurde hochskaliert, zudem mussten geeignete Rasterwalzen und Prozessparameter für das industrielle Scale-Up ausgewählt werden. Die Hochschule unterstützte den Scale-Up Prozess bei wissenschaftlichen Fragestellungen.

Im Anschluss an die Beschichtung wurden Siegelversuche unternommen. Da die Thermosiegeleigenschaften der vollflächig beschichteten aktiven Verbundfolie nicht ausreichend waren, wurden von der ASU Siegelversuche mit einem Ultraschallsiegelgerät durchgeführt. Das Institut National de Recherche et d'Analyse Physico-chimique (INRAP) untersuchte die antioxidative Kapazität der aktiven Folie, die sich für die anstehenden Lagerversuche als geeignet erwies. Daher konnten anschließend von der ASU mit Hilfe des Ultraschallsiegelgerätes Folienbeutel (unbeschichtet, beschichtet mit 3% Pektin/OLE) hergestellt werden. Lagerversuche wurden von INRAP (physikalisch-chemische Untersuchungen) und der Hochschule (sensorische Veränderungen) durchgeführt. Dazu wurde tunesisches Olivenöl in die Folienbeutel gefüllt und unter einer Schutzgasatmosphäre versiegelt (ASU) bzw. unter Sauerstoffeinfluss bei unterschiedlichen Temperaturen gelagert (INRAP). Potentielle Einflüsse der Beschichtung, einer erhöhten Temperatur oder Sauerstoff auf die sensorischen Eigenschaften wurden durch ASU ermittelt. Bereits vor der Einlagerung der Proben wurde das Öl aus beschichteten Folienbeuteln von einem Teil der Panelisten als ranzig empfunden, dieser Eindruck zog sich über den ganzen Versuchszeitraum von 63 Tagen hin. Nach Abschluss der Lagerung konnten signifikante Unterschiede bezüglich der Ranzigkeit in allen Beutelvarianten beobachtet werden die bei einer erhöhten Temperatur gelagert wurden, wohingegen der Einfluss von Sauerstoff keinen signifikanten Einfluss aufzeigte. Bei der Lagerung von Olivenöl unter Sauerstoffeinfluss durch INRAP zeigten sich antioxidative Effekte durch die aktiv beschichteten Folien bei hohen Lagertemperaturen. Für einen ausreichenden Schutz des Olivenöls müsste die Migration des aktiven Bestandteils aber über längere Zeiträume und in höheren Konzentrationen stattfinden. Versuche dazu laufen derzeit noch bei INRAP.

Um die ökologische Nachhaltigkeit des entwickelten Verpackungskonzeptes zu bewerten, wurde von der ASU eine Lebenszyklusanalyse (LCA) durchgeführt. Dafür wurden Daten bezüglich der industriellen Produktion der Aktivfolien benötigt und durch die JG Service AG erhoben und aufbereitet. Ziel der LCA war der Vergleich von marktverfügbaren Olivenölverpackungen (Glasflasche, Kunststoffflasche) für die Umhüllung von 1 l Olivenöl mit einer im Rahmen des Projektes VIPack neu entwickelten Olivenölverpackung. Die Erhebung von entsprechenden Daten erfolgte durch alle Projektpartner. Die Ergebnisse zeigten, dass aufgrund der geringen Menge des Olivenblattextraktes dieser nur sehr geringen potentiellen Umweltwirkungen aufwies. In der Wirkungskategorie der Klimaänderung war die einzige deutlicher sichtbare potentielle Umweltauswirkung durch die Olivenblattextraktgewinnung zu vermerken. Größere Einflüsse waren bei der Verpackungsherstellung und der Verbrennung bzw. dem Recycling zu erkennen. Bei der Gegenüberstellung der drei betrachteten Verpackungen wurde ersichtlich, dass der flexible Kunststoffbeutel weniger potentielle Umweltwirkungen aufwies als die marktverfügbaren Verpackungen, was unter anderem auf sein geringes Gewicht zurück zu führen war. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass keine günstige Anrechnung der recycelten Materialien stattfand, da ein Cut-off Ansatz nach dem ersten Lebenszyklus gewählt wurde.

Neben der Entwicklung einer aktiven Verpackung für Olivenöl sollten im Projekt Verfahrensabläufe bei der Herstellung von Olivenöl von der Ernte der Oliven bis zur Verpackung für den Einzelhandel betrachtet und optimiert werden. Dafür wurde die gesamte Produktionslinie einer Olivenölmühle von allen Projektpartnern durch das Einbringen ihres jeweiligen Know-Hows gemeinschaftlich evaluiert. Speziell im Bereich der Verpackungskonzepte für Olivenöl konnte die JG Service AG ihre Expertise einbringen. Die Hochschule führte eine ausführliche Literaturrecherche durch, um die erhobenen Daten mit dem aktuellsten Stand der Technik zu vergleichen. Zum überwiegenden Teil sind die Prozesse in der Olivenölmühle gut geplant und nach dem aktuellen Stand der Technik.

**Scale-Up und industrielle
Produktion von aktiven
Verpackungsmaterialien für
die verlängerte Haltbarkeit
von Olivenöl (VIPack)**

**Sachbericht zum
Verwendungsnachweis**

ZE:
JG Service AG
Gutenberg Str. 8, 86558 Hohenwart

Förderkennzeichen:
01DH20004B

Vorhabenbezeichnung:

Verbundprojekt: Nutzung von Oliven- und Olivenölnebenprodukten für die Entwicklung aktiver Verpackungsmaterialien zur Verlängerung der Haltbarkeit von Olivenöl; Teilvorhaben: Scale-Up und industrielle Produktion von aktiven Verpackungsmaterialien für die verlängerte Haltbarkeit von Olivenöl (VIPack)

Laufzeit des Vorhabens:

01.05.2020 bis 31.07.2023

Teil II: Eingehende Darstellung

Wir bitten Sie, die grau markierten Passagen im Bericht vertraulich zu behandeln.

1. Ausführliche Darstellung der im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Arbeiten, insbesondere im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung. Die Verwendung der Zuwendung sowie die erzielten Ergebnisse in einzelnen müssen nachvollziehbar sein.

Arbeitspaket 1: Gewinnung von Wertschöpfungskomponenten aus Oliven und Olivenölnebenprodukten

Zu Beginn des Projektes erfolgte zunächst der Umlauf einer Konsortialvereinbarung, die von allen Projektpartnern unterzeichnet wurde. Ein Kick-Off Meeting mit den tunesischen und deutschen Projektpartnern vom Institut National de Recherche et d'Analyse Physico-chimique (INRAP) und der JG Service AG (JGS) fand aufgrund der Corona-Pandemie im Juli 2020 Online statt.

In Arbeitspaket AP 1 waren – mit Ausnahme der Unterzeichnung der Konsortialvereinbarung und der Teilnahme am Kick-Off Meeting - keine weiteren Arbeitsschritte vorgesehen.

Arbeitspaket 2: Charakterisierung von aktiven Extrakten

In Arbeitspaket 2 waren keine Arbeitsschritte vorgesehen.

Arbeitspaket 3: Verwendung von aktiven Extrakten bei der Entwicklung neuer Verpackungsmaterialien

In diesem Arbeitspaket ging es schwerpunktmäßig darum, aktive Verpackungsmaterialien unter Verwendung von Extrakten aus Nebenprodukten der Olivenölherstellung zu entwickeln und diese anschließend zu charakterisieren.

In diesem Arbeitspaket stand die JG Service AG (JGS) den Projektpartner mit ihrem Know-How zur Seite. Die Projektpartner wurden bei der Auswahl der Materialien durch eine fachliche Expertise unterstützt, geeignete Materialien (PE, PP und PLA) die als Siegelschicht bei einer Verpackung von Olivenöl zur Anwendung kommen könnten wurden für Vorversuche konditioniert und bereitgestellt. Anschließend wurden mögliche Strukturaufbauten für Multilayer-Systeme für eine Olivenöl-Verpackungseinheit entwickelt. Gemeinsam mit der Hochschule Albstadt-Sigmaringen wurden Vorschläge entwickelt, wie eine aktive Funktionsschicht in diesen Folienaufbau integriert werden konnte. Es wurden verschiedenen Varianten erarbeitet, die entweder einen direkten Kontakt zum Lebensmittel aufwiesen, oder ohne direkten Lebensmittelkontakt in den Schichtaufbau integriert wurden. Es sollten beispielsweise mit Hilfe von Pektin, Natriumalginat oder wasserlöslichen Polymersuspensionen und dem Olivenblattextrakt Formulierungen für eine Beschichtung von Folien erarbeitet werden. In Abbildung 1 ist exemplarisch ein möglicher Standardaufbau für ein Multilayer-System mit einer Aluminiumschicht als Sauerstoffbarriereschicht aufgeführt, das für die Anwendung bei Olivenöl konzipiert wurde. Je nach Anwendungsziel sollte der aktive Extrakt entweder in den Mehrschichtverbund inkorporiert oder auf der Innenfläche der Folie beschichtet werden.

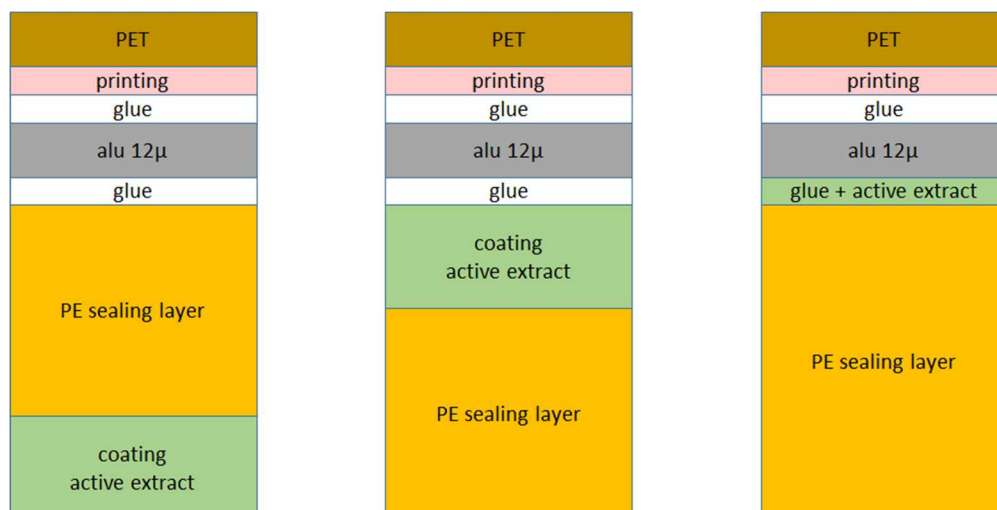


Abbildung 1: Modell eines Standardaufbaus einer aktiven Verpackung für Olivenöl, dimensioniert für 1 L Standbeutel

Die Ergebnisse der Hochschule Albstadt-Sigmaringen (ASU) in Arbeitspaket 2 wiesen darauf hin, dass die verwendeten Olivenblattextrakte (OLE) keine ausreichende Sauerstoffscavengereigenschaften hatten, und somit eine Einbettung des Extraktes als Mittelschicht in einem Mehrschichtverbund nicht zielführend war. Die ASU plant nun, die Innenfläche von Folienaufbauten mit einer aktiven Formulierung im Labormaßstab zu beschichten (siehe

auch AP5). Ein Folienverbund aus PE/Alu/PET wurde den Projektpartner für weitere Versuche zur Verfügung gestellt. Weiterhin erfolgte im Rahmen von AP3 die aktive Teilnahme an einem online Workshop für die Lebensmittelindustrie, organisiert von der Hochschule Albstadt-Sigmaringen. (Details in AP6), sowie die Teilnahme am ersten Jahresmeeting, das ebenfalls online durchgeführt wurde.

Arbeitspaket 4: Optimierung der Verarbeitungs- und Lagerungsparameter bei der industriellen Herstellung von Olivenöl

In diesem Arbeitspaket sollten Verfahrensabläufe bei der Herstellung von Olivenöl von der Ernte der Oliven bis zur Verpackung in Verkaufseinheiten für den Einzelhandel betrachtet und optimiert werden. Dafür wird die gesamte Produktionslinie einer Olivenmühle von den Projektpartnern durch das Einbringen ihres jeweiligen Know-Hows gemeinschaftlich evaluiert.

Es wurde bereits eine Olivenmühle in Tunesien für eine Analyse ausgewählt. Die Hochschule Albstadt-Sigmaringen entwickelte einen Fragebogen um die Rohstoffe, das Ernteverfahren, den Produktionsprozess, die Lagerung und die Verpackung des Olivenöls im ausgewählten Betrieb zu charakterisieren. Der Fragebogen wurde durch unsere Expertise im Bereich der Verpackungen kritisch überprüft und optimiert. Die Daten wurden anschließend durch das National Institute of Research and Physicochemical Analysis (INRAP) erhoben. Die Hochschule Albstadt-Sigmaringen führte eine ausführliche Literaturrecherche durch, um die erhobenen Daten mit dem aktuellsten Stand der Technik zu vergleichen. Zum überwiegenden Teil sind die Prozesse in der Olivenmühle gut geplant und nach dem aktuellen Stand der Technik. Verbesserungen könnten beispielsweise noch bei der Ernte der Oliven erfolgen beispielsweise durch den Verzicht auf Oliven, die direkt vom Boden aufgelesen werden. Diesen könnten unter Umständen Pathogene oder metallische Rückstände anhaften (Gharbi et al. 2015). Die Nutzung von Grundwasservorkommen als Wasch- und Prozesswasser ist nur empfehlenswert, wenn es Trinkwasserqualität aufweist (IOC 2006). Bei der Malaxation ist das System wie empfohlen hermetisch abgeschlossen, was einer Abnahme an phenolischen Substanzen durch Oxidation sowie flüchtigen Inhaltsstoffen entgegenwirkt. Die Einleitung eines inerten Gases könnte Oxidationsprozesse allerdings noch weiter reduzieren (Tamborrino et al. 2010). Bei der Abtrennung des Olivenöls vom Prozesswasser und Trester wurde eine Zentrifugation mit einem 3-phasigen Dekanter durchgeführt. Die Nutzung von innovativen Varianten dieses Systems (water-saving (ARA) oder variable dynamic pressure cone-(VDP-cone)) könnte zudem bei der Einsparung von Trinkwasser im Olivenöl Herstellungsprozess führen (Amirante et al. 2010). Für den Einzelhandel wird das Olivenöl in Metallkanister, durchsichtiges Glas und grüngefärbtem PET abgepackt. Metallcontainer sind am Besten zur Lagerung geeignet, da sie sowohl vor Licht als auch vor Sauerstoff aus der Umgebung schützt (Gargouri et al. 2015). Glasflaschen werden ebenfalls als impermeabel gegenüber Gasen betrachtet, allerdings würden dunkle Glasflaschen das Olivenöl besser vor lichtinduzierten Abbauprozessen schützen (Gargouri et al. 2015). Die Haltbarkeit von Olivenöl in Glasflaschen war im Vergleich zu PET-Flaschen deutlich verbessert (Lagerung bei 22°C im dunkeln) (Pristouri et al. 2010). Die von ASU durchgeführte Lebenszyklusanalyse (LCA) betrachtete unter anderem die Effekte beider Verpackungen auf die Umwelt. Dabei zeigte sich, dass die PET Flaschen (für jeweils 1L Olivenöl) im Gegensatz zu den Glasflaschen niedrigere gesamten potentielle Umweltwirkungen haben. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der durchgeführten LCA Studie um einen cradle-to-grave Ansatz mit einem cut-off nach einem Lebenszyklus handelt und günstige Aspekte, die beim Recycling der Glas- bzw. Kunststoffflaschen anfallen würden nicht mit einberechnet wurden.

Eine Foliensammlung mit den Ergebnissen und Schlussfolgerungen aus AP4 wurde unter Federführung der ASU erstellt und den Projektpartnern von INRAP zur weiteren Verwendung bzw. zur Weitergabe an die Olivenmühle bereitgestellt. Damit ist der Meilenstein 5: 'Die Optimierung der Verarbeitungs- und Lagerungsparameter bei der industriellen Herstellung von Olivenöl ist erfolgreich abgeschlossen' erreicht worden.

Eine weitere Aufgabe war die Organisation und Durchführung einer Training-Session (Bestandteil von WP4) für die Industrie. Diese Veranstaltung wurde für den 27.10.22 im Anschluss an den Workshop der Hochschule Albstadt-Sigmaringen in den Laboren des Sustainable Packaging Instituts und in Präsenz geplant. Die Agenda dieser Veranstaltung war: „introduction into possibilities and challenges scaling up from lab and pilot scale devices to industrial scales“. Die Inhalte der Training-Session wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern von INRAP und JGS erarbeitet. Leider gab es trotz über 800 versendeten Einladungen keine Anmeldungen für die Training-Session von Seiten der Industrie. Die Veranstaltung konnte in dieser Form nicht durchgeführt werden, sondern wurde intern mit anwesenden Studierenden der Hochschule Albstadt-Sigmaringen abgehalten.

Arbeitspaket 5: Bewertung der Wirksamkeit der entwickelten Verpackungslösungen zur Verlängerung der Haltbarkeit von Olivenöl und zur Verbesserung der chemischen, physikalischen und sensorischen Qualität

Die JG Service AG ist in diesem Arbeitspaket für das industrielle Scale-Up der im Rahmen des Projektes entwickelten neuartigen Aktivfolien verantwortlich, sowie der Produktion von Verpackungseinheiten für die Lagerung von Olivenöl.

Dafür wurden Recherchen zur Machbarkeit und Vorversuche zu dem geplanten Scale-Up durchgeführt. In diesem Rahmen wurden Recherchen und Gespräche mit diversen Herstellern durchgeführt, beispielsweise mit Herstellern von Rasterauftragswalzen und Dispersionsbeschichtungen um für ein Scale-Up geeignete Lösungen zu finden oder mit Klebstoffherstellern um die Möglichkeit einer Einarbeitung von Olivenblattextrakten in die Klebstoffstruktur zu besprechen. In der Folge wurden geeignete mit Wasser zu verdünnende EVA/Acrylat-basierte Heißsiegeldispersionen und Lf 2K-Klebstoffsysteme ausgewählt und bestellt.

Für erste Vorversuche wurden Heißsiegeldispersionen mit Festkörpergehalten zwischen 51-58 % und einer Viskosität zwischen 800-1200 mPas gewählt. Zunächst wurden Rakelauftragsversuche zur Bestimmung der optimalen produktionstechnischen Viskosität durchgeführt und eine optimale Beschichtungsdicke (trocken) abgeleitet. In Abstimmung mit einem Rasterwalzenhersteller wurden vier verschiedene Rasterwalzen konfiguriert und lasergraviert. Diese unterschieden sich durch verschiedene Rasterweiten (RW: 90-120 L/cm), Schöpfvolumina (12-15 cm³/m²) oder Winkelgeometrie (hexagonal, haschur).

Es wurden Beschichtungsversuche mit den vier Rasterwalzen und vier verschiedenen Heißsiegeldispersionen durchgeführt. Die Parameter der Beschichtungsversuche sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Parameter für Beschichtungsversuche mit wasserbasierten Heißsiegeldispersionen

Rasterwalze	Auftragsgewicht (nass)	Auftragsgewicht (trocken)	Tr. in °C (VT/BT/NT)	Geschwindigkeit (m/min)
90/38°/130	8,5	4,25	90/110/110	120
100/38°/130	8,2	3,75	90/110/110	120
110/38°/130	7,2	3,75	90/110/110	120
120/38°/130	9,2	4,75	90/110/110	120
90/45°/120	10,4	5,6	95/115/120	120
100/45°/120	9,4	4,8	95/115/120	120
110/45°/120	8,7	4,6	95/115/120	120
120/45°/120	7,8	3,9	95/115/120	120

Weiterhin wurden erste Produktionsversuche mit Lf 2K-Klebstoffsystemen durchgeführt. Hierbei wurde die Dispergierfähigkeit und Homogenität von Additiven (feinst gemahlenes Calciumcarbonat) an unterschiedlichen Träger- und Siegelmedien (PET, OPP, PE, CPP, Aluminium) bestimmt.

Da wie bereits beschrieben die Ergebnisse der ASU in Arbeitspaket 2 eine Einbettung des Olivenblattextraktes als Mittelschicht eines Mehrschichtverbunds nicht empfohlen, konnte der Ansatz einer Einbettung der aktiven Substanz in die Klebstoffstruktur nicht weiterverfolgt werden.

1. Scale-Up

Um eine optimale Verarbeitbarkeit der Beschichtungslösung zu gewährleisten wurden die Spezifikationen bezüglich der Viskosität (Durchlaufzeit von 17-25 s durch einen Ford 4 Viskositätsmessbecher) für das industrielle Scale-Up an die ASU weitergegeben. Die für die Beschichtung ausgewählte Formulierung (3 % Pektin, 1,2 % Olivenblattextrakt) war mit einer Durchlaufzeit von $18,8 \pm 0,4$ s (Ford 4) geeignet.

Beim Scale-Up des Herstellungsprozesses der Beschichtungslösung wurde ein Verfahren etabliert, bei dem ein Tauchsieder (erhitzen auf 100°C) und ein Druckluftrührer (5 h, 120 U/min) den im Labormaßstab genutzten Thermomix ersetzen konnten. Die Lösung wurde anschließend visuell beurteilt. Eine Schaumbildung bei der Herstellung der Lösung konnte so geringgehalten werden, sodass kein zusätzlicher Entschäumer bei der Herstellung der Lösung verwendet werden musste um das Ultraschallgerät, dass im Labor für diesen Zweck genutzt wurde zu ersetzen. Die Beschichtungslösung konnte wie in den vorangegangenen APs entwickelt ohne inhaltliche Modifikationen für den industriellen Maßstab übernommen werden.

Für einen vollflächigen Auftrag der Beschichtungslösung auf einen Mehrschichtfolienverbund wurde eine Vorauswahl geeigneter Rasterwalzen getroffen (siehe Tabelle 2) und in Absprache mit der ASU eine finale Entscheidung getroffen. Als geeignetste Lösung wurde eine Rasterwalze (No. 2) mit einer Rasterweite von 60 L/cm, einem Schöpfvolumina von 28,89 cm³/m², einem Entleerungsvolumen von 78% und einer Pyramidenstumpfförmigen Winkelgeometrie ausgewählt.

Tabelle 2: Vorauswahl an geeigneten Rasterwalzen für den industriellen Beschichtungsversuch

Rasterwalze	Lineatur [L/cm]	Winke [°]	Tiefe [µ]	Schöpfvolumina [cm ³ /m ²]	Winkelgeometrie
1	60	80	61	21,11	Pyramidenstumpfförmig
2	60	60	75	28,89	Pyramidenstumpfförmig
3	56	80	63	22,00	Pyramidenstumpfförmig
4	50	80	70	25,67	Pyramidenstumpfförmig

Auch bezüglich des Substrats für die Beschichtung mit der aktiven Formulierung wurde eine Vorauswahl getroffen. In Absprache mit den Projektpartnern von ASU und INRAP wurde ein Mehrschichtverbund aus PET, Aluminium und

PE (OTR bei 23°C und 50% R.H. = 0,1 cm³/m² x bar x d; lt. Spezifikation) als beste Lösung erachtet und für die folgenden Beschichtungsversuche ausgewählt. Die gewählte Mehrschichtfolie wurde einem Verbund mit Siliciumoxid als Sauerstoffbarriere vorgezogen, da durch die Aluminiumschicht zusätzlich eine Lichtbarriere und damit ein weiterer Faktor für eine Qualitätsbeeinträchtigung des Olivenöls ausgeschlossen werden konnte. Für die Beschichtungsversuche wurden ausreichende Mengen des gewählten Mehrschichtverbunds produziert und bereitgestellt.

Für die Beschichtungsversuche im industriellen Maßstab wurde eine Beschichtungs- und Laminierlinie verwendet, die sowohl lösungsmittelfreie als auch lösungsmittelhaltige Formulierungen verarbeiten kann. Das System besitzt daher einen leistungsstarken Trocknungstunnel mit zwei unterschiedlichen Temperaturzonen. Für die Entwicklung des aktiven Verpackungskonzeptes wurde der Mehrschichtverbund aus PET/Alu/PE mit einer Formulierung bestehend aus 3% Pektin als filmbildendes Substrat und 1,2% Olivenblattextrakt gewählt. Diese Formulierung wurde von ASU bereits genauer untersucht und wurde mit Erreichen des Meilensteins 4 als eine von mindestens drei aktiven Formulierungen mit ausreichender Funktionalität ausgewählt. Für ein optimales Beschichtungsergebnis wurden unterschiedliche Prozessparameter getestet (siehe Tabelle 3) und das Beschichtungsergebnis anschließend visuell und haptisch überprüft. Im ersten Lauf war Trocknung nicht optimal. Daher wurde in einem weiteren Lauf 2 eine Verbesserung der Trocknung durch eine längere Verweildauer im Trockner überprüft. Dies konnte durch eine Verringerung Bahngeschwindigkeit erreicht werden. Die Beschichtung aus Lauf 2 war jedoch stark klebrig weshalb für den dritten Lauf die Trocknungstemperaturen angehoben wurden. Das Beschichtungsergebnis von Lauf 3 war optisch und haptisch zufriedenstellend. Für weitere Versuche wurden daher 2 x 200 laufende Meter Verbundfolie mit den Einstellungen aus Lauf 3 beschichtet. Die beschichtete Folie sowie eine unbeschichtete Vergleichsfolie wurden auf eine Breite von 29,7 cm zugeschnitten und auf einen Hülsenkern gewickelt.

Tabelle 3: Prozessbedingungen der Beschichtungs- und Laminierlinie für die Beschichtungsversuche einer aktiven 3 % Pektin/1,2 % OLE-Formulierung auf einen PET/Alu/PE-Verbund

Beschichtungsversuch	Trocknungstunnel [°C]		Bahngeschwindigkeit [m/min]
	Zone 1	Zone 2	
1	75	110	80
2	75	110	60
3	85	120	60

Im Anschluss an den Beschichtungsversuch wurden erste Versuche bezüglich der Siegelfähigkeit der aktiven Folie durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass durch Thermosiegeln keine ausreichende Siegelfestigkeit der vollflächig beschichteten aktiven Folie erreicht werden konnte. Daher wurden von der Hochschule Albstadt-Sigmaringen Siegelversuche mit einem Ultraschallsiegelgerät durchgeführt. Durch die Nutzung des Ultraschallsiegelgerätes konnten bei vollflächig mit Pektin und Olivenblattextrakt beschichteten Folien eine Siegelfestigkeit mit einer Höchstkraft von mehr als 20 N/15 mm erreicht werden. Da die vollflächig beschichteten Verbundfolien erfolgreich mit Ultraschall gesiegelt werden konnten, konnte auf eine partielle Beschichtung der Folien mit der aktiven Formulierung verzichtet werden. Eine partielle Beschichtung hätte ebenfalls zur Verbesserung der Siegeleigenschaften geführt, allerdings müsste dazu erst eine passende Rasterwalze designt und angefertigt werden.

Die Untersuchungen zur antioxidativen Kapazität der im industriellen Maßstab gefertigten aktiven Folien wurden durch den Projektpartner INRAP durchgeführt. Die beschichteten Folien wiesen eine antioxidative Kapazität auf und konnten daher für die Produktion von Folienbeuteln und einem anschließenden Lagerversuch mit Olivenöl herangezogen werden.

2. Produktion von aktiven Flaschen und Folienbeuteln zur Verpackung von Olivenöl

Analysen in WP2 zeigten, dass die im Projekt genutzten Olivenblattextrakte keine ausreichende Sauerstoffzehrkapazität zur Entwicklung von sauerstoffzehrenden Folien aufwiesen. Daher wurden Recherchen durchgeführt um Konzepte zu finden, Sauerstoffscavenger im Rahmen dieses Projektes in einen Folienverbund zur Entwicklung von Folienbeuteln oder als Deckel-Dichtungen in Olivenölfaschen zu integrieren. Die ASU führte dazu eine intensive Literaturrecherche durch und identifizierte mehrere Konzepte. Eine Marktrecherche durch JGS ergab aber, dass derzeit nur eisenbasierte Sauerstoffscavengerfolien marktverfügbar sind. Da diese eine hohe relative Feuchte zur Aktivierung benötigen, sind diese nicht für eine Lagerung von Olivenöl geeignet. Daher wurde der Fokus in diesem WP auf die Produktion von antioxidativ wirksamen Folienbeuteln gelegt. Der oxidative Verderb von Olivenöl ist maßgeblich für dessen Qualitätsverlust (Martín-Torres et al. 2023).

Für die geplante Produktion von Folienbeuteln im industriellen Maßstab wurden Marktrecherchen und Gespräche mit diversen Beutelherstellern durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass eine Ultraschallsiegelung nicht für komplette Folienbeutel sondern nur für einzelne Bestandteile der Beutel – beispielsweise für das integrieren von Spouts - möglich war. Aus diesem Grund wurden die Folienbeutel für die Lagerversuche durch die Hochschule Albstadt-Sigmaringen produziert. In Abbildung 2 sind die Verbundfolie und ein fertiger Folienbeutel dargestellt.

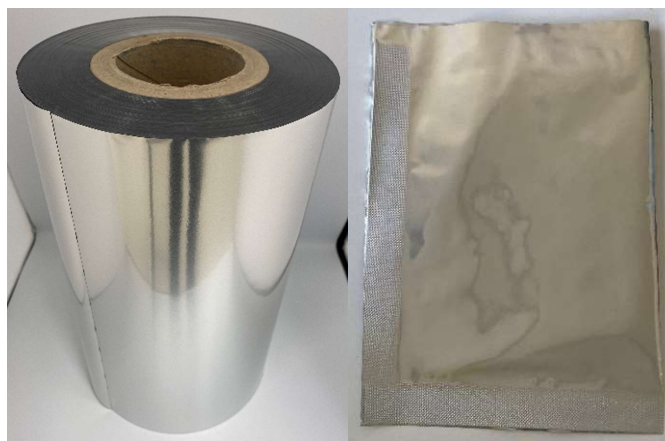


Abbildung 2: Konfektionierte Verbundfolie für die Produktion von Folienbeuteln und daraus produzierter Folienbeutel (DIN A5). Die Beutelproduktion erfolgte mit Hilfe eines Ultraschallsiegelgerätes.

Damit war der 6. Meilenstein: 'Aktive Flaschen und Folienbeutel zur Verpackung von Olivenöl sind vorhanden und stehen für einen Lagerungsversuch zur Verfügung' erreicht.

3. Bewertung der Wirksamkeit der entwickelten Verpackungslösungen

Für die Bewertung der Wirksamkeit der entwickelten Verpackungslösungen führten die Projektpartner von INRAP und ASU Lagerversuche mit Olivenöl in beschichteten und unbeschichteten Folienbeuteln, unter Sauerstoffeinfluss und bei unterschiedlichen Lagertemperaturen durch. Während der Lagerung wurden physikalisch-chemische und sensorische Untersuchungen durchgeführt um die Qualität des Olivenöls zu überwachen.

Während der gesamten Lagerdauer konnte kein signifikanter Unterschied in der Fruchtigkeit und der Intensität des olfaktorischen Eindrucks des untersuchten Olivenöls nachgewiesen werden, unabhängig von Temperatur, Sauerstoffeinfluss oder Beschaffenheit des Beutels.

Bereits vor Beginn der Einlagerung bewerteten einige der Panelisten das Olivenöl aus den mit 3 % Pektin/OLE-Formulierung beschichteten Folienbeuteln als ranzig. Im Vergleich dazu konnte in den Olivenölproben aus den unbeschichteten Folienbeuteln zu diesem Zeitpunkt keine Ranzigkeit wahrgenommen werden. Ranzigkeit steht für einen negativ zu bewertenden sensorischen Eindruck von Olivenöl, der durch oxidative Prozesse entsteht (IOC 2018). Die in beschichteten Folienbeuteln gelagerten Öle wiesen über den ganzen Versuchszeitraum hinweg eine vergleichsweise breite Streuung bezüglich der Wahrnehmung des Attributes Ranzigkeit auf. Bei den unbeschichteten Folienbeuteln konnte eine vermehrte Ranzigkeit bei einer erhöhten Lagertemperatur (50°C) bereits ab 14 Tagen festgestellt werden und das unabhängig ob die Olivenölprobe zusätzlich Sauerstoff ausgesetzt wurde. Das bei Raumtemperatur gelagerte Olivenöl aus unbeschichteten Folienbeuteln zeigte auch nach 63 Lagertagen keine signifikanten Unterschiede zu den Ölproben vor der Einlagerung.

Die Projektpartner von INRAP untersuchten die physikalisch-chemischen Parameter der beschichteten Beutel. Bei der Lagerung von Olivenöl in beschichteten und unbeschichteten Folienbeuteln unter Sauerstoffeinfluss und bei unterschiedlichen Lagertemperaturen (14d, 40-60°C) zeigten sich antioxidative Effekte durch die aktiv beschichteten Folien bei hohen Lagertemperaturen. (signifikante Reduktion der Peroxidzahl nach ein und zwei Wochen Lagerzeit bei 60°C). Migrationsstudien konnten diese Ergebnisse untermauern, da sie zeigen konnten, dass die Diffusion aus dem Beutel zwischen dem 3 und 7. Tag ein Maximum erreichte. Der Anteil an Olivenblattextrakt sank dann aber kontinuierlich ab bis er nach drei Wochen unter die Konzentration des ersten Versuchstages fiel. Weiterhin wurde beobachtet, dass die Migration des OLE in die Ölsimulantien nur begrenzt stattfanden, zudem wurde eine Readsorption von phenolischen Komponenten von den Ölsimulantien ins Pektin postuliert. Für einen ausreichenden Schutz des Olivenöls ist es aber notwendig, dass die Migration des aktiven Bestandteils über längere Zeiträume und zu hohen Konzentrationen stattfindet. Weitere Untersuchungen von Seiten INRAPs zu diesem Themenbereich laufen derzeit noch. Eine Erhöhung der OLE-Konzentration steht dabei im Mittelpunkt der Untersuchungen. Allerdings könnte die Erhöhung der OLE-Konzentration die Akzeptanz der Konsumenten beeinträchtigen. Wie bereits bei der sensorischen Bewertung der aktiven Olivenölbeutel beschrieben assoziierten einige Panelisten das Öl in den beschichteten Beuteln als ranzig. Vor einer Markteinführung eines aktiven OLE-Beutels mit OLE Konzentrationen >1,2% müsste die sensorische Akzeptanz der Konsumenten daher erneut geprüft werden.

Als vorläufige Schlussfolgerung dieser vonseiten INRAPs noch nicht abgeschlossenen Versuche kann festgestellt werden, dass die optimalste Lagerung von Olivenöl in den im Projekt entwickelten Beuteln bei Raumtemperatur stattfindet, der Einfluss von Sauerstoff bei der Lagerung hatte in diesem Versuch bezüglich der organoleptischen Eigenschaften einen geringeren Einfluss. Die Verwendung der im Projekt entwickelten aktiven Beschichtung zeigte ein gutes Potential oxidative Prozesse in Olivenöl zu verlangsamen. Damit konnten die am besten geeigneten Lagerbedingungen und aktiven Verpackungskonzepte festgelegt werden (Meilenstein 7).

4. Lebenszyklusanalyse

Um die ökologische Nachhaltigkeit der entwickelten Verpackungsmaterialien zu bewerten führte ASU im Rahmen

von AP5 eine ausführliche Lebenszyklusanalyse (LCA) durch. Dazu wurden von Seiten der Hochschule Daten zu verwendeten Materialien und Materialeinsatz, Rohstoffen, Energieverbrauch, Abfällen und Transportwegen angefragt, die bei der Vorbereitung der Formulierung, dem Beschichtungsvorgang und dem Zuschnitt der Folien anfielen. Die Daten wurden erhoben, wenn notwendig aufbereitet und standen der ASU für die Analyse zur Verfügung.

Ziel der LCA war der Vergleich von marktverfügbaren Olivenölverpackungen (Glasflasche, Kunststoffflasche) für die Umhüllung von 1 l Olivenöl mit einer im Rahmen des Projektes VIPack neu entwickelten Olivenölverpackung, mit einer Olivenblattextrakt-Beschichtung als Nebenstrom der Olivenölherstellung, (flexibler Kunststoffbeutel) auf ihre ökologische Nachhaltigkeit. Dabei wurde ermittelt, welche potentiellen Umweltauswirkungen je Verpackung entstehen.

Die Ergebnisse legten dar, dass aufgrund der geringen Menge des Olivenblattextraktes dieser nur sehr geringe potentielle Umweltwirkungen aufwies. Dieser zeigte damit keinen bedeutenden, ungünstigen Einfluss auf die ökologische Nachhaltigkeit. In der Wirkungskategorie der Klimaänderung war die einzige deutlicher sichtbare potentielle Umweltauswirkung durch die Olivenblattextraktgewinnung zu vermerken. Größere Einflüsse waren bei der Verpackungsherstellung und der Verbrennung bzw. dem Recycling zu erkennen. Diese beiden Lebenszyklusphasen müssten genauer betrachtet werden, um die Einsparmöglichkeiten der potentiellen Umweltbelastung durch die Verpackungen festzustellen. Bei der Gegenüberstellung der drei betrachteten Verpackungen wurde ersichtlich, dass der flexible Kunststoffbeutel weniger potentielle Umweltwirkungen aufwies als die marktverfügbaren Verpackungen, was unter anderem auf sein geringes Gewicht zurück zu führen war. Ebenso fand keine günstige Anrechnung der recycelten Materialien statt, da ein Cut-off Ansatz nach dem ersten Lebenszyklus gewählt wurde.

Weiterhin wurde im Rahmen von AP5 das zweite Jahresmeeting online durchgeführt.

Arbeitspaket 6: Verbreitung und Nutzung

Dieses AP hat zum Ziel die Verbreitung und Nutzung der Projektergebnisse zu gewährleisten. Von der JG Service AG wurde im Rahmen dieses Projektes ein Workshop mit anschließender Trainings-Session für die Lebensmittel- und Verpackungsindustrie veranstaltet.

2021: aktive Teilnahme am ersten **Workshop** die Lebensmittelindustrie im Rahmen des Projektes zum Thema „Active Packaging Concepts: Capability and Challenges - Utilization of by products from olive oil production“. Aufgrund der Pandemiesituation fand der Workshop online statt. Die Inhalte des Workshops wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern von ASU und INRAP erarbeitet. Die Agenda des Workshops beinhaltete eine Mischung aus Vorträgen und Netzwerkarbeit. Letzteres erfolgte in Form einer Gruppendiskussion zur Erarbeitung für die Industrie relevanter Fragestellungen im Bereich `aktive Verpackungen` in moderierten Breakout Rooms.

Eine gemeinsame Liste von potentiellen Teilnehmern am Workshop wurde erarbeitet, darunter in erster Linie Vertreter aus der Industrie, aber auch des Ministeriums Ministerium für Hochschulbildung und wissenschaftliche Forschung und der regionalen Verwaltung aus Tunesien, der Wirtschaftsförderung, Verbänden aber auch Forschern und Studierenden von INRAP und der Hochschule Albstadt-Sigmaringen im Rahmen deren Aus-/Weiterbildung. 54 Personen nahmen am Workshop teil.

2022: aktive Teilnahme am öffentlichen Projekt-Workshop zum Thema „Active packaging: innovative concepts using natural substances from the food industry“ hybrid von der Hochschule Albstadt-Sigmaringen durchgeführt. Im Anschluss an den Workshop wurde von der JGS eine Training-Session (Bestandteil von WP4) für die Industrie im Technikum des Sustainable Packaging Instituts in Präsenz geplant. Die Agenda dieser Veranstaltung war: „introduction into possibilities and challenges scaling up from lab and pilot scale devices to industrial scales“. Die Inhalte des Workshops und der Training-Session wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern von ASU und INRAP erarbeitet. Die Agenda beider Veranstaltungen beinhalten eine Mischung aus Vorträgen und Netzwerkarbeit in Form einer Podiumsdiskussion mit den Vortragenden. Eine gemeinsame Liste von potentiellen Teilnehmern am Workshop wurde erarbeitet, darunter Vertreter aus der Industrie, des Ministeriums für Hochschulbildung und wissenschaftliche Forschung und der regionalen Verwaltung aus Tunesien, der Wirtschaftsförderung, Verbänden aber auch Forschern und Studierenden von INRAP und der Hochschule Albstadt-Sigmaringen im Rahmen deren Aus-/Weiterbildung. Zu diesem Zweck wurden über 800 Einladungen versendet. 49 Personen nahmen am Workshop teil, davon 40 online und 9 in Präsenz. Leider gab es keine Anmeldungen für die Training-Session von Seiten der Industrie. Die Veranstaltung konnte in dieser Form nicht durchgeführt werden, sondern wurde intern mit anwesenden Studierenden der Hochschule Albstadt-Sigmaringen abgehalten. Das Konzept der Trainings-Session wurde überarbeitet und im Rahmen des von JGS veranstalteten Workshops 2023 abermals angeboten.

2023: Organisation eines weiteren Workshops im Rahmen des VIPack Projektes. Zielgruppe war die Lebensmittel- und Verpackungsindustrie. Durchführung des Workshops war in hybrider Form am Standort der Firma in Hohenwart mit anschließender Podiumsdiskussion und einer Trainings-Session am mit dem Titel: `Active Packaging: innovative concepts using natural substances from the food industry`. Die Inhalte des Workshops wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern von ASU und INRAP erarbeitet, sowie eine gemeinsame Liste von potentiellen Teilnehmern. 28 Personen nahmen online am Workshop teil. Da die Teilnehmer ausschließlich online teilnahmen musste die Trainings-Session entfallen.

Aktive Teilnahme am von INRAP organisierten, finalen Workshop in Tunesien zum Thema `Circular bioeconomy for olive oil waste and by-product valorisation`. Der Workshop wurde ebenfalls hybrid angeboten. Zudem fand ein

Training in den Laboren von INRAP mit dem Schwerpunkt `Determination of the antioxidant properties of active olive leaf packaging` als Teil des finalen Workshops statt.

Folglich wurde der Meilenstein 8: Mindestens ein Workshop wurde erfolgreich durchgeführt erreicht.

Interne Veranstaltungen und eine enge Zusammenarbeit mit den deutschen Projektpartnern von ASU und den tunesischen Partnern von INRAP fand in Form von regelmäßig stattfindenden digitalen Meetings (21) inklusive des Kick-Off und der Jahresmeetings statt um neueste Ergebnisse der Projektpartner auszutauschen sowie anstehende Projektaufgaben abzusprechen und zu organisieren. Gemeinsame Veranstaltungen mit und persönliche Aufenthalte bei Projektpartnern gaben Einblicke in die Arbeitsschwerpunkte der jeweiligen Partner, verbesserten das Know-How und vertieften die wechselseitigen Beziehungen des Konsortiums. Beispielsweise hatten wir bei unserem Aufenthalt am Innovationscampus Sigmaringen die Gelegenheit, die Labore des Sustainable Packaging Institutes der Hochschule und somit deren Möglichkeiten bei der Durchführung des gemeinsamen Projektes kennen zu lernen.

Während des Projektzeitraums konnten wir weiterhin zwei interne Trainings-Session und Demonstration für die Mitglieder des Konsortiums an unserem Firmenstandort in Hohenwart zu den Themen Flexoprint, digital Print und Laminieren (lösungsmittelfrei und lösungsmittelbasiert) bzw. lösungsmittelfreie Beschichtungen an einer Laminier- und Beschichtungslinie für Folien und digital Print anbieten.

2. Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- Personalkosten: Die Tätigkeiten der Projektbeteiligten umfassten unter anderem die Bearbeitung der technischen Fragestellungen im Rahmen des Projektes und die Beratung der Projektpartner zu diesem Themengebiet. Schwerpunkt lag in der Planung und Durchführung (inkl. Maschinenstunden) des industriellen Scale-Up von der Beschichtung im Labormaßstab zur Nutzung einer Beschichtungs- und Laminierlinie im industriellen Maßstab.
- Verbrauchsmaterialien v.a. zur Produktion von Verbundfolien und deren Beschichtung im industriellen Maßstab. Die Versuche konnten trotz Pandemie und der Flutkatastrophe 2021 in Westdeutschland, die die Schwesterfirma von JGS betraf stattfinden. Es wurden u.a. Substratfolien, Kleber und die Reagenzien zur Herstellung der aktiven Formulierungen (z.B. Pektine, Weichmacher).

3. Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die im Projekt durchgeführten Arbeiten waren für die Erreichung der Projektziele notwendig und angemessen.

4. Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses – auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft – im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Wie bereits im Projektantrag festgelegt, werden nach Abschluss des Projektes VIPack lang- und mittelfristig folgende wirtschaftliche Ergebnisse und Vorteile erwartet:

Langfristig (3-5 Jahre nach Projektabschluss)

- 1.) Angesichts des Werts des Weltmarktes für Lebensmittelverpackungen wird allgemein erwartet, dass das vorliegende Projekt einen wirtschaftlichen Beitrag zur Entwicklung der biobasierten Wirtschaft leistet. Es wird die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der JG Service AG verbessern.
- 2.) Verbessertes lokales und internationales Bewusstsein für die Forschung zur Verwertung von Nebenprodukten und Abfällen der Lebensmittelverarbeitung für die JG Service AG aber auch für weitere KMU, große Unternehmen sowie politische Entscheidungsträger.

Mittelfristig (1-3 Jahre nach Projektabschluss)

- 3.) Entwicklung einer innovativen Verpackungsindustrie: Bei den bioaktiven Materialien wird es sich um Materialien mit einem hohen Mehrwert handeln, die zu einer Aufwertung von Nebenprodukten und zur Verringerung von Lebensmittelabfällen und -verlusten führen.
- 4.) Die entwickelten Technologien und Materialien bringen nicht nur erhebliche Vorteile für die JG Service AG, die Verpackungsindustrie und eine Vielzahl von Endanwenderanwendungen mit sich, sondern wirken sich auch erheblich auf die Nachhaltigkeit des Olivenölsektors aus, der vor enormen Herausforderungen bei der Entsorgung von Nebenprodukten und Abfällen von Oliven- und Olivenöl steht.
- 5.) Die umweltfreundlichen Verfahren zur Umwandlung von Nebenprodukten mit geringem Wert in hoch wertvolle Bestandteile und die Herstellung neuer Produkte werden im Segment der Olivenölverarbeitung zu einem wirtschaftlichen Mehrwert beitragen und gleichzeitig bewirken, dass das Volumen und die Umweltbelastungen durch

Nebenprodukte und Abfälle verringert wird.

Kurzfristig geplante Ziele im Anschluss an das Forschungsvorhaben wurden bereits erreicht:

- 6.) Nach Abschluss des Projektes steht nun ein innovatives aktives Verpackungskonzept für Olivenöl bereit, das einen Extrakt aus Olivenblättern enthält, einem kostengünstigen Nebenprodukt der Olivenölherstellung. Die Nutzung von Olivenblättern im industriellen Maßstab kann einen wertvollen Mehrwert für die tunesischen Olivenfarmer und Mühlenbetreiber darstellen. Weiterhin kann die JG Service AG durch das in diesem Projekt erlangte Know-How die Nachfrage ihrer Kunden nach umweltfreundlicheren und qualitativ hochwertigen Produkten befriedigen.
- 7.) Die verstärkte bilaterale Zusammenarbeit zwischen den deutschen und den tunesischen Projektpartnern von der Hochschule Albstadt-Sigmaringen, der JG Service AG und INRAP führte zu der Entwicklung eines innovativen aktiven Verpackungskonzepts mit einem Extrakt aus Olivenblättern. Diese Blätter enthalten wertvolle Inhaltsstoffe, die für die Verwendung in der Ernährungs- oder Kosmetikindustrie geeignet sind. Die Entwicklung von innovativen Konzepten für Olivenblätter – wie die aktiven Verpackungslösungen in diesem Projekt – zeigen Möglichkeiten für die tunesischen Oliven und Olivenölhersteller auf, ihre Wertschöpfungskette zu verbessern. Desweiteren wurden in diesem Projekt durch die enge Zusammenarbeit zwischen den Partnern und dem Austausch ihres jeweiligen Know-How die Verarbeitung von Oliven zu qualitativ hochwertigem Olivenöl betrachtet, wissenschaftlich überprüft und auf dieser Grundlage Empfehlungen für die tunesischen Olivenölproduzenten zur Verfügung gestellt.

Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten

Wichtige Aspekte hinsichtlich einer erfolgreichen Markteinführung eines neuentwickelten Verpackungskonzeptes sind anfallende Kosten oder auch die ökologische Nachhaltigkeit des Produktes. Aus diesem Grund wurden von der Hochschule Albstadt-Sigmaringen eine ökonomische Analyse der Herstellung von aktiven Extrakten aus Olivenblättern und eine Lebenszyklusanalyse des im Projekt entwickelten, aktiven Verpackungskonzeptes durchgeführt.

Für die erfolgreiche Verbreitung der Projektergebnisse wurden vom Auswertungsteam des Projektes Interessengruppen (z.B. Packmittelhersteller, Vertreter der Lebensmittelindustrie, Verbände, Wissenschaftler) identifiziert und in verschiedenen Veranstaltungen adressiert. Ziel dieser Maßnahmen bestand darin Marktchancen zu schaffen, die Projektentwicklung durch Input / Feedback zu unterstützen, die Zusammenarbeit zu fördern und die Sichtbarkeit des Projekts zu erhöhen. So wurden beispielsweise am Standort des Innovationscampus Sigmaringen, bei der Firma JG Service AG und bei INRAP hybride Workshops in Kombination mit Schulungsveranstaltungen bzw. Demonstrationen angeboten. Letztere fanden aber an den deutschen Standorten aufgrund der fehlenden Teilnehmer in Präsenz nicht bzw. nur begrenzt statt. Der hybride Charakter der Veranstaltungen ermöglichte aber, dass zahlreiche Interessensvertreter sowohl aus Tunesien als auch aus Deutschland an den Veranstaltungen teilnehmen konnten. Der Besuch von Fachmessen (z.B. Pro Sweets 2024) und Konferenzen (z.B. IAPRI 2024) durch die Wissenschaftler ermöglicht(e) den direkten Austausch mit Mitarbeitern aus der Industrie und der Forschung. Die enge Kontakt zur Wirtschaftsförderung des Landkreises Sigmaringen ermöglichte im Rahmen eines Vortrags das Projekt regionalen Unternehmen vorzustellen. Ziel dieser Zusammenarbeit war es, den Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im Landkreis Sigmaringen zu fördern und Kooperationen auf- und auszubauen. Die Erreichbarkeit potentieller Endnutzer und damit der Ergebnistransfer sollte mit diesen Maßnahmen deutlich verbessert werden.

Die Sichtbarkeit nach außen wurde durch verschiedene Instrumente gewährleistet. Dazu gehörten Präsentationen und Poster der Wissenschaftler auf nationalen / internationalen wissenschaftlichen Konferenzen, Fachmessen, Veröffentlichungen in anerkannten Fachzeitschriften aber auch die Projektwebsite sowie Veröffentlichungen im LEH-Infobrief der Hochschule Albstadt-Sigmaringen. Das eigens für das Projekt erstellte grafische Logo des Projekts sollte den Wiedererkennungswert steigern.

Unerlässlich für eine erfolgreiche Durchführung eines Projektes ist eine effektive interne Kommunikation und Verbreitung der Projektergebnisse. Für die Gewährleistung eines intensiven Wissensaustauschs fanden deshalb zwischen den tunesischen und deutschen VIPack-Partnern regelmäßige Webkonferenzen statt, aber auch persönliche Treffen auf wechselseitig organisierten Meetings und internen Trainings sowie Fortbildungen (siehe AP6). Zudem wurden von den Wissenschaftlern von ASU und INRAP gemeinsame wissenschaftliche Publikationen erstellt.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit wurde durch die beteiligten Unternehmen und Forschungseinrichtungen gewährleistet. Die Anwendung Projektergebnisse werden in erster Linie durch die Unternehmen verwertet werden. Das in VIPack erarbeitete Know-How beispielsweise wird die JG Service AG zukünftig dabei unterstützen die Nachfrage an innovativen Verpackungsmaterialien zu befriedigen und den tunesischen Olivenölproduzenten dabei helfen sich im Wettbewerb besser zu positionieren. Von seitens JGSs sind die Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse von großer Bedeutung. Das gute Abschneiden der leichten Folienbeutel im Projekt - auf die JGS unter anderem spezialisiert ist - gegenüber PET und Glasflaschen für Olivenöl kann ihre Marktchancen verbessern.

5. Der während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Seit Beginn des Projektes wurden zahlreiche Studien bezüglich der Entwicklung von aktiven Verpackungskonzepten veröffentlicht, meist in Kombination mit einem Lagerversuch ausgewählter Lebensmittel (Musella et al. 2021; Carrapiso et al. 2021)

Dabei handelt es sich meist um Formulierungen, die mit direktem Kontakt zum Lebensmittel konzipiert sind, zum Beispiel für Beschichtungen (Fiorentini Cecilia et al. 2023; Moura-Alves et al. 2023) aber auch um essbare Folien (Famiglietti et al. 2022) oder Konzepte, die den Extrakt bei der Herstellung der Verpackung in die Schmelze mischen (Safakas et al. 2023).

Lebenszyklusanalysen halfen die potentiellen Umweltauswirkungen bei der Produktion eines Olivenblattextraktes (Kritsotakis et al. 2022) oder der Wertschöpfungskette des Olivenölproduktionsprozesses zu ermitteln. (Blanco et al. 2022)

Nach unserem Wissen gibt es aber bislang keine Arbeiten, die neben einem umfassenden Überblick über den Herstellungsprozess von Olivenöl vom Farmer bis zum Verbraucher weitere Strategien anbieten, die auf eine Kreislaufwirtschaft hinarbeiten. VIPack leistet dies beispielsweise durch die Wertschöpfung von niedrigpreisigen Olivenblättern, die für aktive Verpackungskonzepte genutzt werden können, und deren ökologische Nachhaltigkeit anschließend durch eine Lebenszyklusanalyse bewertet wurde. Im Projekt wurden erstmals erfolgreich aktive Verpackungskonzepte im industriellen Maßstab produziert und analysiert, Lagerversuche mit Lebensmitteln durchgeführt, die dann mit sensorischen und chemisch-physikalischen Mitteln untersucht wurden.

6. Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NABF

Die Veröffentlichung der Projektergebnisse in wissenschaftlichen Fachzeitschriften findet durch die Wissenschaftler von ASU und INRAP statt.

Literaturverzeichnis

Amirante, Paolo; Clodoveo, Maria Lisa; Leone, Alessandro; Tamborrino, Antonia; Patel, Vinood, B. (2010): Influence of Different Centrifugal Extraction Systems on Antioxidant Content and Stability of Virgin Olive Oil. In: Victor R. Preedy und Ronald Watson (Hg.): *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*. 1. Aufl.: Academic Press, S. 85–93.

Blanco, Ileana; Bellis, Luigi de; Luvisi, Andrea (2022): Bibliometric Mapping of Research on Life Cycle Assessment of Olive Oil Supply Chain. In: *Sustainability* 14 (7), S. 3747. DOI: 10.3390/su14073747.

Carrapiso, Ana I.; Amaro-Blanco, G.; Manzano, R.; Delgado-Adámez, J.; Ramírez, R. (2021): Volatile compounds of sliced high quality (Montanera) dry-cured Iberian shoulder subjected to high pressure processing and/or with an active packaging of olive leaf extract. In: *Food Packaging and Shelf Life* 27, S. 100606. DOI: 10.1016/j.fpsl.2020.100606.

Famiglietti, Michela; Savastano, Alessandro; Gaglione, Rosa; Arciello, Angela; Naviglio, Daniele; Mariniello, Loredana (2022): Edible Films Made of Dried Olive Leaf Extract and Chitosan: Characterization and Applications. In: *Foods (Basel, Switzerland)* 11 (14). DOI: 10.3390/foods11142078.

Fiorentini Cecilia; Bassani Andrea; Zaccone Marta; Montalbano Maria Luana; Diaz De Apodaca Elena; Spigno Giorgia (2023): Active Coated PLA-PHB Film with Formulations Containing a Commercial Olive Leaf Extract to Improve Quality Preservation of Fresh Pork Burgers. In: *Chemical Engineering Transactions* 102, S. 85–90. DOI: 10.3303/CET23102015.

Gargouri, Boutheina; Zribi, Akram; Bouaziz, Mohamed (2015): Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage. In: *Journal of Food Science and Technology* 52 (4), S. 1948–1959. DOI: 10.1007/s13197-014-1273-2.

Gharbi, Ines; Issaoui, Manel; Mehri, Sounira; Cheraief, Imed; Sifi, Samira; Hammami, Mohammed (2015): Agronomic and Technological Factors Affecting Tunisian Olive Oil Quality. In: *Agricultural Sciences* 6 (5), S. 513–526. DOI: 10.4236/as.2015.65051.

Kritsotakis, Konstantinos; Boukouvalas, Christos; Panagiotopoulou, Margarita; Papadaki, Sofia; Krokida, Magdalini (2022): Life Cycle Assessment (LCA) upon the production chain of a powder containing modified olive leaves' extract. In: *Biomass Conv. Bioref.* 12 (10), S. 4503–4518. DOI: 10.1007/s13399-022-02495-0.

Martín-Torres, Sandra; Tello-Jiménez, Juan Antonio; López-Blanco, Rafael; González-Casado, Antonio; Cuadros-Rodríguez, Luis (2023): Multivariate stability monitoring and shelf life models of deterioration of vegetable oils under real time ageing conditions – Extra virgin olive oil as a main case of study. In: *Food Packaging and Shelf Life* 37, S. 101070. DOI: 10.1016/j.fpsl.2023.101070.

Moura-Alves, Márcio; Souza, Victor Gomes Lauriano; Silva, Jose A.; Esteves, Alexandra; Pastrana, Lorenzo M.; Saraiva, Cristina; Cerqueira, Miguel A. (2023): Characterization of Sodium Alginate-Based Films Blended with Olive Leaf and Laurel Leaf Extracts Obtained by Ultrasound-Assisted Technology. In: *Foods (Basel, Switzerland)* 12 (22). DOI: 10.3390/foods12224076.

Musella, Enrica; Ouazzani, Ismael Chahed el; Mendes, Ana Rita; Rovera, Cesare; Farris, Stefano; Mena, Cristina et al. (2021): Preparation and Characterization of Bioactive Chitosan-Based Films Incorporated with Olive Leaves Extract for Food Packaging Applications. In: *Coatings* 11 (11), S. 1339. DOI: 10.3390/coatings11111339.

Pristouri, G.; Badeka, A.; Kontominas, M. G. (2010): Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. In: *Food Control* 21 (4), S. 412–418. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.06.019.

IOC 2006: Quality Management Guide For The Olive Oil Industry: Olive Oil Mills. International Olive Council T.33/Doc. no. 2-4 2006. Online verfügbar unter <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2019/11/T33-Doc.-2-4-2006-Eng.pdf>.

Safakas, Konstantinos; Giotopoulou, Iro; Giannakopoulou, Archontoula; Katerinopoulou, Katerina; Lainioti, Georgia C.; Stamatis, Haralambos et al. (2023): Designing Antioxidant and Antimicrobial Polyethylene Films with Bioactive Compounds/Clay Nanohybrids for Potential Packaging Applications. In: *Molecules (Basel, Switzerland)* 28 (7). DOI: 10.3390/molecules28072945.

IOC 2018: Sensory Analysis Of Olive Oil. Method For The Organoleptic Assessment Of Virgin Olive Oil. International Olive Council COI/T.20/Doc. No. 15/Rev. 10 2018. Online verfügbar unter <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2019/11/COI-T20-Doc.-15-REV-10-2018-Eng.pdf>.

Tamborrino, Antonia; Clodoveo, Maria Lisa; Leone, Alessandro; Amirante, Paoli; Paice, Alistair G. (2010): The Malaxation Process: Influence on Olive Oil Quality and the Effect of the Control of Oxygen Concentration in Virgin Olive Oil. In: Victor R. Preedy und Ronald Watson (Hg.): *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*. 1. Aufl.: Academic Press, S. 77–83.