

Möglichkeiten zur Stabilisierung von wasserbasierten Farben und Lacken gegenüber mikrobiellen Einflüssen

Erkenntnisse entstanden aus dem FFG Collective Research
Projekts „InCanPres“

September 2024



Erkenntnisse entstanden aus den Ergebnissen des Forschungsprojekts „InCanPres“ (2021 – 2024)

Gefördert durch



Koordiniert von



Kofinanziert von der Europäischen Union

Wirtschaftspartner



Forschungspartner



Die Verwendung des Dokuments ist ausschließlich mit Quellenangabe möglich.

Zitiervorschlag: ecoplus, OFI, MCI (2024):

Möglichkeiten zur Stabilisierung von wasserbasierten Farben und Lacken gegenüber mikrobiellen Einflüssen. Die Erkenntnisse resultieren aus den Ergebnissen des Forschungsprojektes „InCanPres“. Wien, September 2024.

Impressum:

Für den Inhalt verantwortlich:

ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH, 3100 St.Pölten, Kunststoff-Cluster

OFI Technologie & Innovation GmbH, 1030 Wien

MCI, Die Unternehmerische Hochschule, 6020 Innsbruck

Grafik/Layout: Elizabeth Sharp

Redaktion: Michael Krainz, Christopher Hartl, Victor Sharp, Harald Schöbel

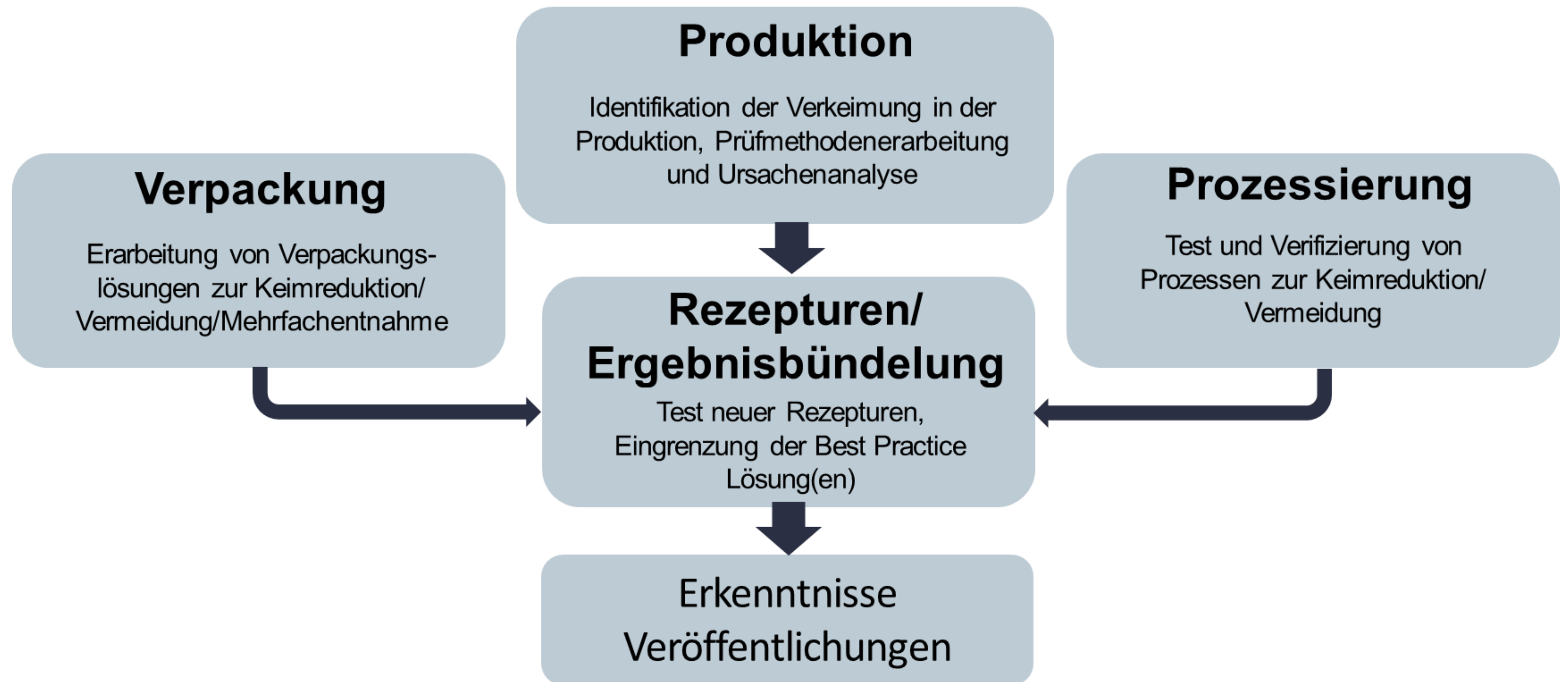
Alle Angaben ohne Gewähr.

Motivation und Ausgangslage

Dieses Projekt beschäftigte sich mit wasserbasierten Farben und Lacken, die zur Verbesserung des Arbeits-, Verbraucher- und Umweltschutzes geführt haben, allerdings eine Konservierung zwingend erfordern. Die eingesetzten Konservierungsstoffe unterliegen der Biozidprodukte-Verordnung (BPR), wobei **Wirkstoffe bereits vom Gesetzgeber reguliert wurden** und deren **Anzahl weiter sinken wird**. Zusätzlich **verhindern regulatorische Zulassungshürden die Entwicklung neuer Wirkstoffe**. Die derzeitige Problematik basiert auf dem zwingenden, **reduzierenden Gehalt von Lösungsmittel**, wodurch **wasserbasierte Farben und Lacke ihre Produktstabilität und Lagerfähigkeit verlieren können**.

Dieses Projekt sollte **neuartige Verpackungen, spezifische Verpackungsoptimierungen** und die **Möglichkeiten eines Technologientransfers** erforschen und entwickeln, die dazu beitragen die **nötige Produktstabilität** über die Lagerdauer sicherzustellen. Das Projekt sollte mit und für die Verpackungs- und Lackindustrie proaktive Lösungen generieren, um den gesellschaftlichen, umweltorientierten Trend hin zu wasserbasierten Farben und Lacken auch weiterhin sicherstellen und zukünftig forcieren zu können. Die Motivation des Projektes ist hoch, da weder **Einfluss und Wechselwirkung mit und auf die Verpackung**, noch die **Anwendung der im Projekt definierten Technologien** ausreichend erforscht sind und ein großes Potenzial für die Lack- als auch die Verpackungsbranche darstellt.

Projektkonzept und Themenfelder





Schnelle Analysemethodik mittels ATP Assay

Das MCI etablierte im Projekt eine schnelle Alternative zu den herkömmlichen Kultivierungsmethoden, welche aufgrund deren aufwändigen Durchführung und langen Inkubationszeiten mehrere Nachteile mit sich bringen. Das ATP Assay bietet aufgrund seiner Einfachheit, Sensitivität und Schnelligkeit vielversprechende Voraussetzungen, um Kontamination im Produkt zu detektieren. Ziel der Untersuchung war es unterschiedliche Bakterienkonzentrationen anhand des ATP Assays voneinander unterscheiden zu können und vergleichbare Ergebnisse zur Standard Kultivierungsmethode (Bestimmung KBE / mL und DipSlide) zu erzielen. Die Untersuchung wurde an die ASTM Norm D 2574 angelehnt. Details zum ATP Assay sind in der dazu veröffentlichten Studie „Breaking the Mold: Towards Rapid and Cost-Effective Microbial Contamination Detection in Paints and Cosmetics Using ATP-Bioluminescence“ [1] zu finden.

- Die Ergebnisse zeigen eine sehr gute Vergleichbarkeit der ermittelten ATP Werte zum Standardverfahren.

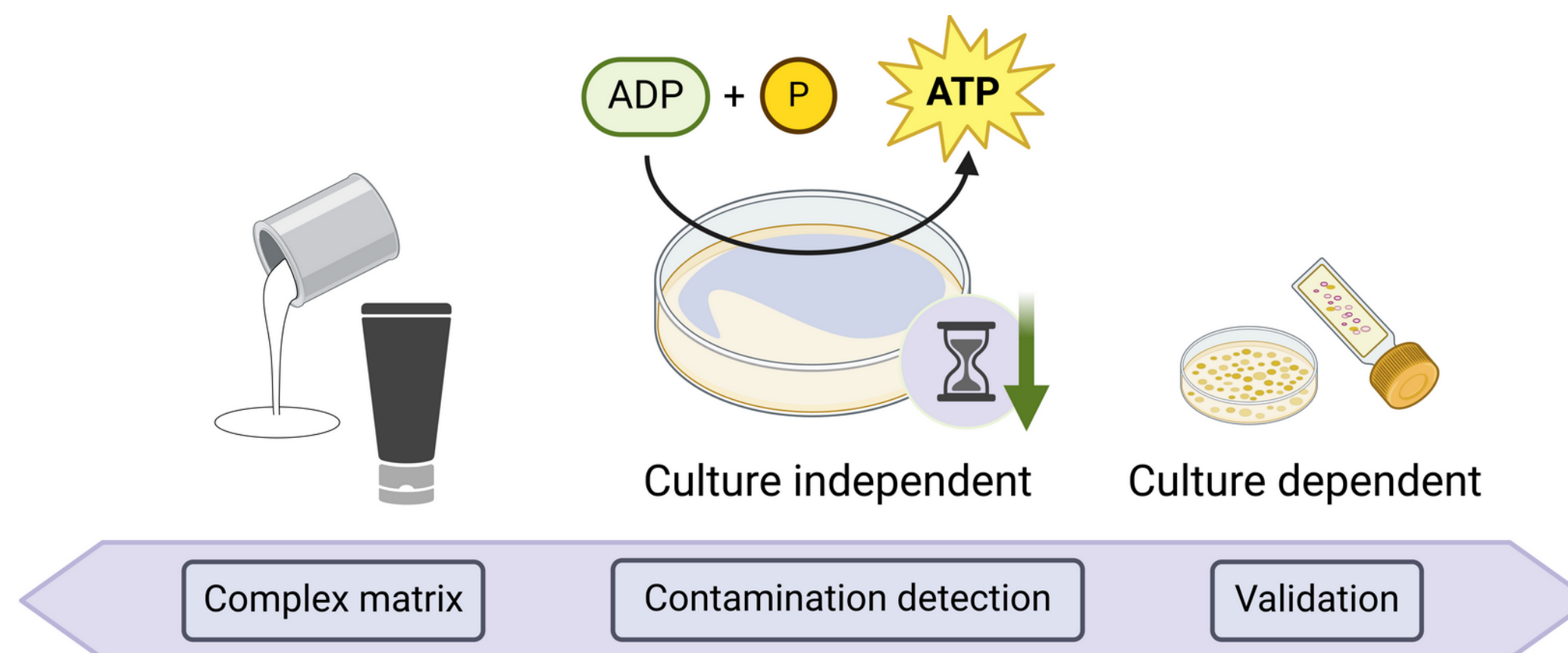


Abbildung 1: aus [1]



Einfluss der Produktion und Rohstoffe auf die Lagerstabilität

Für **Produktverkeimungen** von wasserbasierten Farben und Lacken sind **primär Bakterien** verantwortlich. Schimmelkontamination wird vorwiegend durch die Verpackung eingebracht wenn diese nicht ordnungsgemäß gelagert wird.

Prozesswasser ist aufgrund der Projektergebnisse eine **Hauptkontaminationsquelle für Bakterien**, weshalb einer sauberen Produktion bzw. Vorkehrungen zur Reduktion von Bakterien im Wasser durch eine effektive Prozesswasserentkeimung eine sehr wichtige Rolle zukommt, wenn Biozide reduziert oder vermieden werden sollen. Ein Einfluss der Rohstoffe auf die Produktverkeimung konnte zwar aus den Untersuchungen im Projekt nicht eindeutig abgeleitet werden. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass aufgrund der standardisierten Rezepturen und der begrenzten Ressourcen nur eine geringe Anzahl an Rohstoffen im Projektumfang untersucht wurden.

Alternativ könnten möglicherweise auch nachgeschaltete Sterilisationsverfahren, wie eine Gamma-Bestrahlung in relativ geringen Bestrahlungsdosen von 2,5 - 5 kGy oder ein High Pressure Processing eine (kosten)effektive Sterilisation von Farben und Lacken darstellen. Allerdings ist die Eignung der jeweiligen Verfahren auf das Produkt sowie die Wirtschaftlichkeit im Vorfeld detailliert zu prüfen.

Einfluss der Prozessierung auf die Lagerstabilität



Hochleistungsultraschall ist aufgrund der Untersuchungen im Projekt für die bakterielle Entkeimung wasserbasierter Farben und Lacken ausreichend effektiv, für Schimmelverkeimung im Vergleich zu anderen untersuchten Methoden jedoch nicht. Ob diese Technologie, im Produktionsprozess integriert, ein zukunftssträchtiger Weg für Produkte mit weniger oder sogar keinem Biozidzusatz sein kann, ist aufgrund der im Projekt durchgeführten Arbeiten im Labormaßstab nicht aussagbar.

Gammabestrahlung ist mit Bestrahlungsdosen von 2,5-5 kGy im Produkt sehr effektiv gegenüber Bakterienverkeimung, für Hefen & Schimmel ist eine hohe Keimzahlreduktion erst ab 5 kGy zu erkennen. Vor allem bei diesen geringen Dosen konnte in dem begrenzten Rezepturumfang der untersuchten Proben nur ein geringer Einfluss auf die Produktqualität erkannt werden. **Da das Verfahren derzeit im wasserbasierten Farben- und Lackbereich nicht standardmäßig durchgeführt wird, sind Details zur Umsetzung sowie die Eignung für das jeweilige Produkt im Vorfeld gezielt abzuklären bzw. zu testen.** Das Verfahren ist relativ kostengünstig pro kg Produkt und auch palettenweise nach der Abfüllung durchführbar, allerdings gibt es derzeit nur eine begrenzte Anzahl an Anbietern in Europa. Als Verpackungen können sowohl Kunststoffkanister und -eimer als auch Metallbehälter eingesetzt werden. Bei Kunststoffen ist zu beachten, dass es bereits bei kleinen Bestrahlungsdosen von 2,5-5 kGy zu leichten Verfärbungen kommen kann.

Einfluss der Prozessierung auf die Lagerstabilität



LED-basierte UV-Bestrahlung im UVC-Bereich hat nur eine oberflächliche Wirkung und kann mangels der geringen Eindringtiefe keine effektive Keimreduktion bei Bakterien bzw. Hefen & Schimmel, welche sich im Produkt befinden, bewirken. Zur Dekontamination von Verpackungsmaterialien (Oberflächen) kann UV-Strahlung effektiv eingesetzt werden ($>\log 4$ bzw. Keimzahlreduktion um $>99,99\%$). Auch ist UV-Bestrahlung eine effiziente Methode zur Behandlung des Rohstoffs Wasser.

High Pressure Processing (HPP) ist bereits mit Behandlungsbedingungen von 1 min bei Raumtemperatur und 600 MPa sehr effektiv gegenüber einer Bakterien- als auch Hefen & Schimmelverkeimung im Produkt. Dabei ist das Verfahren sehr produktschonend und beeinflusst die untersuchten Qualitätsparameter nur in geringem Ausmaß. **Dennoch ist es notwendig die Eignung des Verfahrens auf das jeweilige Produkt im Vorfeld eingehend zu testen.** Nach ersten Abschätzungen im Projekt sind die Kosten je kg Produkt relativ niedrig, allerdings muss mit einer hohen Anlageninvestition gerechnet werden. Das Verfahren ist nur für flexible Kunststoffgebinde oder –verpackungen einsetzbar, wobei eventuell konstruktive Vorkehrungen an den Verpackungen für den Prozess getroffen werden müssen. Metallgebinde sind zu wenig flexibel für das HPP.



Einfluss der Verpackung auf die Lagerstabilität

Eine Eimerversiegelung ist für eine oberflächliche Antrocknung von Farbpartikel durch Wasserverlust hilfreich. Bei **sauberer, keimfreier Produktion** aber für die **Sicherstellung des niedrigen Ausgangsbakteriengehaltes** aufgrund der Untersuchungsergebnisse im Projekt nicht **unbedingt notwendig**. Auch Eimer die nicht dicht verschlossen sind und einen Luftaustausch zulassen, sollten darauf keinen Einfluss haben.

Eine **Bakterienkontamination von biozidarmen oder biozidfreien wasserbasierten Farben und Lacke durch die Luft** ohne Wechselwirkung zwischen Werkzeug (Pinsel, Walze,...) und Produkt ist aufgrund der Projektergebnisse eher unwahrscheinlich, **kann aber nicht ausgeschlossen werden**. Durch den **Einsatz eines sauber unter Leitungswasser ausgewaschenen und an Luft getrockneten Werkzeuges kann allerdings bereits ein Keimeintrag** erfolgen. Dieser kann in den darauffolgenden Wochen bei einer Wiederverwendung des Produktes nach dem Verschließen zu einem Keimwachstum, vor allem bei optimalen Wachstumstemperaturen (30-35°C), führen.

Sollten biozidarme oder biozidfreie wasserbasierte Farben und Lacke nach Anbruch und Gebrauch weiter verwendet werden, wäre eine kontaminationsfreie, portionsweise Entnahme aus der Verpackung empfohlen (bspw. Bag in Box Verpackungen, Beutel mit Spout, Kanister oder Eimer mit Entnahmehahn, kleinere Portionsgrößen, etc.). Allerdings sind viele Produkte vor der Verwendung zu Homogenisieren was solche Lösungen vor große Herausforderungen stellt.



Einfluss der Verpackung auf die Lagerstabilität

Theoretisch kann eine effektive Keimzahlreduktion des einen oder anderen Bakterienstamms unter Laborbedingungen, vor allem bei effektivem Sauerstoffausschluss (Stickstoffbegasung und Sauerstoffabsorber), herbeigeführt werden. Allerdings ist der Einsatz von **Barrierekunststoffverpackungen und Schutzbegasung bzw. Sauerstoffabsorber**, wie dies im Lebensmittelverpackungsbereich üblich ist aufgrund der Vielzahl der in der Produktmatrix tatsächlich vertretenen Bakterienstämme, sowie dem feuchten Milieu bei wasserbasierten Farben und Lacken aufgrund der Untersuchungsergebnisse **nicht ausreichend effektiv und unwirtschaftlich**.

Die Versuche haben allerdings auch gezeigt, dass mittels beider Schutzgase (Stickstoff und Sauerstoff) in wässriger Matrix eine starke Beschleunigung des Bakterienwachstums innerhalb von maximal 4 Wochen (wahrscheinlich bereits nach 1-2 Wochen) erreicht werden kann. Daraus ergibt sich eine sehr gute Beschleunigungsmethodik, mit der ein potentieller Verderb von Farben und Lacken in relativ kurzer Zeit im Labormaßstab simuliert werden kann.

Die untersuchten **antimikrobiellen Additive in Polypropylenkunststoffverpackungen** haben nur eine **effektive Keimreduktion von Bakterien an den Kunststoffoberflächen** gezeigt. Auswirkungen auf die Keimzahl in einem biozidfreien Produkt wurden keine erfasst. Eine Interaktion von antimikrobiellen Zusätzen in Kunststoffverpackungen mit dem im Produkt enthaltenen Biozid(en) bei reduziertem Biozidgehalt könnte möglicherweise zu einer Steigerung der antimikrobiellen Eigenschaften im Produkt führen und zur Vermeidung von Bakterienwachstum nach Entnahme führen, was noch genauer zu untersuchen wäre.



Zusammenfassung

- Im durchgeführten Projekt wurden Entwicklungsansätze auf verschiedenen Ebenen gefunden bzw. untersucht, die in weiterer Folge für jede relevante Produktrezeptur im Detail auf deren Eignung, Umsetzbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit zu prüfen sind. Allerdings erfolgten keine Langzeitstabilitätsstudien über die empfohlene Lagerdauer der Produkte, wodurch diese Auswirkungen in weiterer Folge ebenso noch im Detail zu prüfen sind. Es wurden zwar Ergebnisse für mögliche Auswirkungen und Wechselwirkungen von Mikroorganismen aus der Umgebung bzw. Verkeimungsmechanismen bei der Verwendung auf die Produkthaltbarkeit nach der Öffnung erhalten, allerdings bedarf es auch hier noch weiterer Forschung um mehr Klarheit zu schaffen.
- Die Projektergebnisse haben auch gezeigt, dass aktuell ein Verzicht auf Biozide in vielen Anwendungen und Prozessen nicht möglich ist.
- Eine Kombination aus mehreren wirksamen Elementen (wie bspw. Produktentkeimung, Betriebshygiene, Rezepturentwicklungen, Vermeidung von Produktverunreinigungen nach der Entnahme, etc.) wird wahrscheinlich sinnvoll bzw. notwendig werden, wenn zukünftig Biozide in wasserbasierten Farben und Lacken reduziert oder sogar darauf verzichtet werden soll.
- Allerdings zeichnet sich aus derzeitiger Sicht sehr wahrscheinlich ab, dass der Weg zu biozidfreien Produkten über ein breites Anwendungsspektrum noch einige Jahre dauern wird, wodurch sich aber damit für die Forschung noch ein sehr großes Betätigungsfeld eröffnet.
- Grundsätzlich schützt eine wirksame Konservierung Farben und Lacke und vermeidet damit Abfall und somit negative Umweltauswirkungen. Daher sind in weiteren Betrachtungen auch ganzheitliche Analysen wichtig, die diese Aspekte berücksichtigen.

Quellenverzeichnis:

1. Schöbel et al., Antimicrobial efficacy and inactivation kinetics of a novel LED-based UV-irradiation technology, <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.12.023>

Weitere hilfreiche Links (Auszüge aus der Projektarbeit, kein Anspruch auf Vollständigkeit):

Projektpublikationen

Mutschlechner et al., Ultraviolet (Spot)light on Water Treatment: Targeting Inactivation Efficiency and Stress Responses of Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria Using UV-B and UV-C LEDs, <https://doi.org/10.3390/w16142028>

Mutschlechner et al., Breaking the Mold: Towards Rapid and Cost-Effective Microbial Contamination Detection in Paints and Cosmetics Using ATP-Bioluminescence, <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol4020040>

Gammabestrahlung

BBF Sterilisationsservice GmbH , <https://www.sterixpert.de/>

BGS Beta-Gamma-Service GmbH & Co. KG, <https://bgs.eu/>

STERIS, <https://www.steris-ast.com/>

seleon GmbH, <https://www.seleon.com>

Sterigenics U.S., LLC, <https://de.sterigenics.com/industries/packaging-sterilization/>

High Pressure Pasteurisation

Hiperbaric, <https://www.hiperbaric.com/en/hpp-technology/equipment/>

tyssenkrupp AG, <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/high-pressure-processing/>

Hochleistungsschall

Hielscher Ultrasonics GmbH, <https://www.hielscher.com/>

Report

In-can preservatives in the paint industry: How to stimulate alternatives to biocides, <https://www.government.nl/documents/reports/2021/11/23/in-can-preservatives-in-the-paint-industry-how-to-stimulate-alternatives-to-biocides>

Bildquellen:

OFI, MCI



Kofinanziert von der Europäischen Union

