

Weinbauliche und oenologische Strategien zur Verhinderung von Qualitätseinbußen durch *Botrytis cinerea*



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland Institut für Weinbau und Oenologie Prof. Dr. Ulrich Fischer/Prof. Dr. Maren Scharfenberger-Schmeer Universität Bonn Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL) FG Molekulare Lebensmitteltechnologie Prof. Dr. Andreas Schieber
Industriegruppe(n):	Deutscher Weinbauverband e.V. (DWV), Bonn Baden-Württembergischer Genossenschaftsverband e.V., Stuttgart
Projektkoordinator:	Marco Köninger Köninger Oenologie, Kappelrodeck
Laufzeit:	2021 – 2025
Zuwendungssumme:	€ 499.829,--

Ausgangssituation

Die Qualitätseinbußen und wirtschaftlichen Schäden durch den Befall von Weintrauben mit *Botrytis cinerea*, dem Erreger der Graufäule, erstrecken sich über die gesamte Wertschöpfungskette der Weinproduktion. Botrytis-assoziierte Probleme umfassen das Auftreten muffiger Fehlgerüche, eine schlechte Filtrierbarkeit, Hochfärbigkeit bis hin zur Braunfärbung und schlimmstenfalls den Totalverlust der Ernte bzw. Lese. Das Auftreten von Botrytis-Infektionen ist stark witterungsabhängig und unterliegt daher starken Jahrgangsschwankungen. Aufgrund von zunehmend auftretenden Extremwetterereignissen und durch den Klimawandel begünstigt treten inzwischen auch aggressivere *Botrytis-cinerea*-Stämme vermehrt auf. Übliche Strategien gegen Botrytis-Infektionen sind bislang der Einsatz von Fungiziden und weinbauliche Maßnahmen, wie die Entblätterung der Rebstöcke. Die Kosten für die Botrytizid-Anwendungen sind mit 220 €/ha hoch und auch die Arbeitskosten für eine Entblätterung sind erheblich. Bei falscher Terminierung können solche Maßnahmen zudem Sonnenbrandschäden auslösen, die weitere wirtschaftliche Einbußen nach sich ziehen.

Ziel des Forschungsvorhabens war eine weitestgehende Eliminierung der Qualitätsverluste durch *Botrytis-cinerea*-Infektionen von Weintrauben, die durch Farbveränderungen, die Entstehung unerwünschter Pilznoten und den Verlust an Sortenaroma entstehen. Hierfür sollte ein molekularbiologisches Diagnostikverfahren für *Botrytis-cinerea*-Stämme aus dem Weinberg entwickelt und etabliert werden, mit dem diese aufgrund ihrer Lacca-seseekretion in schwach-, mittel- und hochaktive Klassen eingeordnet werden können. Die Wirksamkeit oenologischer Behandlungsmethoden, wie Einsatz von Aktivkohle, Tanninen und Flashpasteurisierung, wurde differenziert für diese drei Klassen evaluiert und in der Praxis validiert. Auf der Basis der erzielten Ergebnisse und

durch chemische und sensorische Analysen der hergestellten Weine sollten Handlungsempfehlungen für die Weinwirtschaft erstellt werden.

Forschungsergebnis

Die Ergebnisse der Etablierung der SSR-PCR zur Stammanalyse konnten erfolgreich durchgeführt werden. Der Großteil aller *Botrytis* Stämme konnte durch die Agarose-Gelelektrophorese und die Kapillarsequenzierung unterschieden werden und den Stämmen „Fingerabdrücke“ zugewiesen werden. Es konnten keine direkten PCR-Bandenmuster für bestimmte Regionen oder für Laccaseaktivität gefunden werden. Die qPCR-Methode wurde erfolgreich unter Ausschluss von Kreuzreaktionen etabliert. Das Detektionslimit der qPCR in Bezug auf die Frühzeiterkennung von *Botrytis* auf Beeren wurde im Labor getestet und beträgt aktuell 4 Tage vor sichtbarer Sporulation der Beeren bei einem Detektionslimit von 100 Sporen/ml.

Zur Charakterisierung der Laccase-Sekretion während der Reifung wurden die Rebsorten Riesling, Grau- und Spätburgunder in den Jahren 2022 und 2023 untersucht. Die Analyse ergab, dass Ergosterol-basierte Methoden zur Frühdetektion ungeeignet sind, während qPCR verlässlich den visuellen Befall abbildet. Ein Anstieg der Biomasse korrelierte mit erhöhter Laccase-Aktivität – bestätigt sowohl im Labor als auch im Weinberg. Isolierte *Botrytis*-Stämme wurden auf ihre Laccase-Aktivität geprüft und in vier Schadklassen eingeteilt. Unterschiede in der Substratspezifität stützen die Annahme stammspezifischer Oxidationsverläufe. Phenolprofilanalysen zeigten, dass Riesling anfälliger für oxidative Verluste ist, was auf niedrigere Tanningehalte und verspätete Polyphenolsynthese zurückzuführen sein könnte. Flavonole und ihre Substitutionsmuster spielen dabei eine zentrale Rolle. Methoxylierte Phenole zeigten unter Infektion die stärksten Schwankungen, was die Rolle von Methyltransferasen unterstreicht. Der Nachweis von Myricetin-3-glucosid in infiziertem Riesling legt nahe, dass es als möglicher Marker für *Botrytis* in weißen Rebsorten dienen kann. Die Abweichung der Laccase-Aktivität an Beeren gegenüber Laborwerten deutet auf einen modulierenden Einfluss des Phenolprofils hin.

Es wurden die laccase- und wachstumsmodulierenden Eigenschaften phenolischer Verbindungen untersucht. Die Oxidation traubenspezifischer Polyphenole durch Laccase und Polyphenoloxidase (PPO) wurde erfolgreich etabliert. Fünf *Botrytis*-Stämme zeigten deutliche Unterschiede. Laccasehemmung ist unabhängig von Wachstumshemmung möglich; oxidierte Produkte zeigten ein vergleichbares Hemmpotenzial wie ihre Vorstufen, PPO-Produkte hingegen ein schwächeres. Weinreb-Extrakte und Tanninpräparate wirkten meist weniger hemmend und teils wachstumsfördernd. Die Effekte hängen stark von *Botrytis*-Stamm, Verbindung und Konzentration ab. Resveratrol – nativ oder oxidiert – war die einzige Substanz, die bei allen Stämmen sowohl Wachstum als auch Laccaseaktivität wirksam hemmte.

Verschiedene Applikate wurden auf Rieslingtrauben ausgebracht und im Verlauf der Reifeperiode hinsichtlich ihrer Befallsstärke und Befallshäufigkeit ausgewertet. Die Befallsstärke konnte von allen Präparaten reduziert werden, während die Laccase-Aktivität von oxidiertem Resveratrol signifikant induziert wurde. Insgesamt birgt Chitosan das größte Potential, um Biomasse und Laccase-Aktivität zu vermindern.

Die Fermentationen von *Botrytis*-belastetem Lesegut mit unterschiedlich aggressiven Stämmen und Hefe-Präparaten zeigten keine signifikanten Qualitätseinbußen der Parameter Gärfortschritt und Lebendzellzahl, Glycerin, Ethanol, Braunfärbung sowie Fehlverhalten. Der Parameter Acetaldehyd wich bis zum Gärende nicht von den erwarteten Ergebnissen ab, jedoch war post-fermentativ ein starker Anstieg zu verzeichnen, welcher von *Botrytis*- und Hefe-Stamm abhing. Durch GC-MS-Analyse konnte eine Korrelation zwischen der Laccaseaktivität und den Fehlverhalten 1-Octen-3-ol, 1-Octen-3-on und trans-2-Octen-1-ol festgestellt werden. Generell war die Konzentration der Fehlverhalten im Moststadium höher als am Ende der Gärung.

Weine der Sorten Riesling sowie ein Cuvée aus Morio-Muskat und Grauburgunder wurden mit Aktivkohle in normaler und überdosierter Menge behandelt, um sensorische Effekte zu untersuchen. Eine höhere Dosierung reduzierte zwar manche Fehlverhalten, führte jedoch auch zu Aromaverlusten und neuen Fehlnoten. Zusätzlich wurde der Einsatz von Tanninpräparaten zur Reduktion der Braunfärbung getestet – ohne signifikanten Effekt. Flashpasteurisierung zeigte im Vergleich eine gezieltere Entfernung negativer *Botrytis*-Fehlverhalten und eine

verstärkte Wahrnehmung von Citrusaromen, ohne Hinweise auf Maillard-Reaktionen. Die Methode wurde erfolgreich bei Spätburgunder Rosé getestet. Chemisch wurden die Aromastoffe 1-Octen-3-ol, 3-Octanon und trans-2-Octen-1-ol analysiert. Aktivkohle reduzierte 1-Octen-3-ol im Wein, Flashpasteurisierung jedoch nicht. Weitere Versuche mit Rieslingtrauben künstlich inokuliert mit gezüchteten Sporensuspensionen verschiedener Laccasestärke bestätigten die Effektivität der Flashpasteurisierung – unabhängig von der Laccasestärke. FTIR-Analysen zeigten im Most bei hoher Laccaseaktivität erhöhte Werte für Gesamtsäure, flüchtige Säure und Glucosäure, im Wein jedoch keine Unterschiede mehr. Die Lagerstabilität wurde 2024 überprüft: Flashpasteurisierte Weine zeigten eine geringere Braunfärbung als Aktivkohle-behandelte.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die wirtschaftlichen Schäden durch einen Befall von Weintrauben durch *Botrytis cinerea* sind hoch. Die Ergebnisse versetzen die Betriebe der deutschen Weinwirtschaft in die Lage, mit *B. cinerea* geschädigtes Lesegut künftig zielgerichteter zu behandeln, z. B. durch eine bedarfsorientierte Gabe oenologischer Tannine oder Chitosan und durch Einsatz einer Flashpasteurisierung zur Inaktivierung der Laccase. In Betrieben vorhandene Plattenwärmeaustauscher zur Flashpasteurisierung könnten hierfür umgerüstet oder mobile Anlagen genutzt werden.

Auf Basis der molekularbiologischen Untersuchungen könnten Biotechnologie-Firmen Diagnostik-Kits für Wein- und Betriebslabore entwickeln.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2025.
2. Umberath, K.M., Mischke, A., Caspers-Weiffenbach, R., Backmann, L., Scharfenberger-Schmeer, M., Wegmann-Herr, P., Schieber, A., Weber, F.: Curse or blessing: Growth- and laccase-modulating properties of polyphenols and their oxidized derivatives on *Botrytis cinerea*. Food Research International, Vol. 192, DOI: 10.1016/j.foodres.2024.114782 (2024).
3. Backmann, L., Schmidtman, K., Wegmann-Herr, P., Jürgens, A., Scharfenberger-Schmeer, M.: Molecular Biological Methods to Assess Different *Botrytis cinerea* Strains on Grapes. Microbiol. Res., 15(2): S. 567-581, DOI: 10.3390/microbiolres15020037 (2024)
4. Backmann, L., Umberath, K.M., Wegmann-Herr, P., Weber, F., Jürgens, A., Scharfenberger-Schmeer, M.: Putting Laccase Gene Differences on Genomic Level into Context: An Analysis of *Botrytis cinerea* Strains from Grapes, Microorganisms, 13(3), S. 483, DOI: 10.3390/microorganisms13030483 (2025)
5. Wegmann-Herr, P., Backmann, L.: Fast schon normal – Champignon im Wein? Vermeidung von Qualitätseinbußen durch Botrytis, Teil 1, Das deutsche Weinmagazin (2025)
6. Wegmann-Herr, P., Backmann, L.: Früh erkennen und so die Qualität bewahren. Vermeidung von Qualitätseinbußen durch Botrytis, Teil 2, Das deutsche Weinmagazin (2025)
7. Wegmann-Herr, P., Backmann, L.: Mostbehandlung & Hefewahl als Werkzeug. Vermeidung von Qualitätseinbußen durch Botrytis, Teil 3, Das deutsche Weinmagazin (2025)

Der Schlussbericht ist für die interessierte Öffentlichkeit bei den Forschungseinrichtungen abzurufen.

Weiteres Informationsmaterial

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland
Institut für Weinbau und Oenologie
Breitenweg 71, 67435 Neustadt/Weinstraße
Tel.: +49 6321 671-359
Fax: +49 6321 671-375
E-Mail: maren.scharfenberger-schmeer@dlr.rlp.de

Universität Bonn
Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL)
FG Molekulare Lebensmitteltechnologie
Friedrich Hirzebruch Allee 7, 53115 Bonn
Tel.: +49 228 73-4452
Fax: +49 228 73-4429
E-Mail: schieber@uni-bonn.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

Förderhinweis

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben **01IF21630N** der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland, Institut für Weinbau und Oenologie

Stand: 20. Januar 2026