IVES Technical Reviews
rebe & wein

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.8497

Weinherstellung im Reagenzglas: eine Hochdurchsatz-Önotypisierungsmethode für Weißweine von Trauben einzelner Reben

Patricia Claudel✉[1], Vincent Dumas[1], Cécile Thibon[2], Gregory Lemarquis[3], Nathalie Jaegli[1], Ana Sivsivadzé[1], Raymonde Baltenweck[1], Philippe Hugueney[1], Éric Duchêne[1]

[1] Université de Strasbourg, INRAE, UMR SVQV, 68000 Colmar, France,
[2] Université de Bordeaux, INRAE, Bordeaux Sciences Agro, Bordeaux INP, UMR ŒEnologie, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France,
[3] INRAE, UEAV, 68000 Colmar, France

Die Aromen von Trauben sind seit Jahrhunderten ein wichtiger Faktor bei der Auswahl von Weinreben[1] und bleiben ein entscheidender Faktor für die Weinqualität. Das alleinige Verständnis der Zusammensetzung der Traubenkomponenten allein reicht jedoch nicht aus, um die Qualität und Eigenschaften der daraus resultierenden Weine genau vorhersagen zu können. Es existieren bereits zahlreiche Studien, welche sich mit den genetischen Grundlagen der Aromabiosynthese in Trauben befassen[2]. Trotz wachsender Erkenntnisse zur Weinzusammensetzung sind die genetischen Grundlagen der Vielfalt der Weinaromaverbindungen noch relativ wenig verstanden. Um die Beziehung zwischen genetischer Variation und Aromaverbindungen bei einer großen Anzahl verschiedener Sorten und Genotypen zu untersuchen, haben wir eine kleinskalierte Hochdurchsatz-Vinifikationsmethode (HDV) entwickelt, um Weißweine von Trauben einzelner Reben herzustellen zu können.

Hintergrund und Ziel der Studie

Versuchsweine werden normalerweise in 10- bis 25-Liter-Ballonflaschen hergestellt. Dieser Maßstab ist jedoch für genetische Studien mit Hunderten von Proben nicht praktikabel. Dafür wird eine einfache, standardisierte Methode benötigt, welche im kleinen Maßstab zur Hochdurchsatz-Önotypisierung von Weinen verwendet werden kann. Aus diesem Grund haben wir ein spezielles Protokoll für die Herstellung von Weißweinen aus weniger als 100 ml Most entwickelt. Wir haben diese HDV-Methode an kommerziellen Rebsorten und an Hybriden aus einer bi-parentalen Nachkommenschaft evaluiert und dabei eine breite aromatische Palette abgedeckt. Die Weine wurden unter Verwendung standardmäßiger önologischer Parameter und GC-MS-Profilierung flüchtiger Verbindungen bewertet.

Kleinvolumige Hochdurchsatz-Vinifikation von Weißweinen

1 bis 2,5 kg Trauben von einer Auswahl verschiedener, kommerzieller Rebsorten (Riesling, Gewürztraminer, Chardonnay, Chasselas, Floreal und Gelber Muskatteller) sowie von vier aus den Nachkommen einer bi-parentalen Kreuzung zwischen Riesling und Gewürztraminer ausgewählten Hybridzüchtungen[3], wurden verwendet. Diese Auswahl repräsentierte eine relativ breite Aromapalette. Die Trauben wurden mithilfe eines automatischen Siebs (C80®, ROBOT COUPE SNC, Vincennes, Frankreich) gepresst. Dem Saft wurde vor dem Zentrifugieren (3500 U/min, 10 min.) 6 g/hl SO2 hinzugefügt. Anschließend wurde der Saft 24 Stunden bei 10 °C gelagert, um Feststoffe abzusetzen. Die Zuckerkonzentration des geklärten Saftes wurde mit Mostkonzentrat angepasst, um eine endgültige Alkoholkonzentration von 12,5 % zu erreichen. Die Konzentration des verwertbaren Stickstoffs wurde mithilfe von Diammoniumphosphat auf 200 mg/l eingestellt. Die Moste jeder Sorte wurden mit dem Hefestamm Levulia® GC (AEB-France, Sigolsheim, Frankreich) beimpft, jeweils 85 ml wurden auf fünf Reagenzröhrchen verteilt, und danach in einer temperaturkontrollierten Umgebung bei 22 °C vergärt (Abbildung 1). Die Stabilisierung der Weine erfolgte am Ende der Gärung mit 8 g/hl SO2. Bis zur Analyse wurden die Proben in einem Kühlraum bei 10 °C gelagert.

Die 50 HDVs benötigten eine Fläche von 0,3 m². Alle Vorgänge der Vorgärungsphase, einschließlich Entrappen, Keltern, Saftentnahme, Klären und Hefen, wurden von zwei Personen ausgeführt. Zur Überwachung des Vinifikationsprozesses war eine Person nötig.

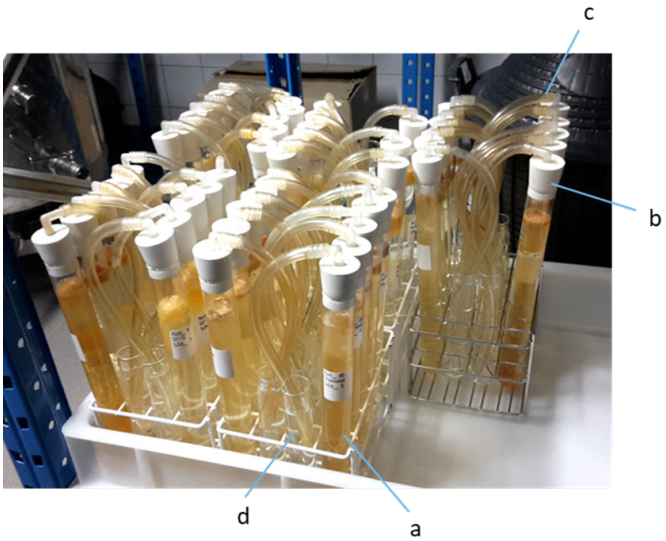


ABBILDUNG 1. Der Versuchsaufbau für die Weinherstellung im Reagenzglas. 85 ml Most wurden (a) in 100 ml Glasröhrchen gefüllt, (b) mit einem Gummistopfen verschlossen, welcher (c) mit einem flexiblen Perlrohr versehen war und (d) dessen Ende in ein Röhrchen mit Wasser getaucht war, um eine Oxidation der Weine während der Gärung zu verhindern.

TABELLE 1. Mittelwerte ± Standardabweichungen (n = 5, außer für Muskatteller: n = 3) für önologische Parameter der unter Verwendung der Hochdurchsatz-Vinifikationsmethode (HDV) gewonnenen Weine.

Rebsorte oder Genotyp	pH	Glukose + Fruktose (g/l)	Alkohol (% v/v)
Chardonnay	$3{,}30^{d*} \pm 0{,}02$	$1{,}44^{bcd} \pm 1{,}52$	$13{,}8^{ab} \pm 0{,}25$
Floreal	$3{,}53^{b} \pm 0{,}02$	$0{,}44^{cd} \pm 0{,}31$	$12{,}6^{ab} \pm 0{,}88$
Gewürztraminer	$3{,}65^{a} \pm 0{,}04$	$0{,}94^{cd} \pm 0{,}68$	$15{,}0^{a} \pm 1{,}27$
Riesling	$2{,}82^{g} \pm 0{,}02$	$4{,}42^{a} \pm 2{,}28$	$13{,}0^{ab} \pm 0{,}85$
Chasselas	$3{,}39^{c} \pm 0{,}02$	$0{,}30^{d} \pm 0{,}00$	$11{,}0^{b} \pm 1{,}67$
Gelber Muskatteller	$3{,}03^{e} \pm 0{,}01$	$1{,}43^{bcd} \pm 1{,}04$	$14{,}2^{ab} \pm 0{,}86$
0074E	$3{,}31^{d} \pm 0{,}02$	$3{,}26^{abc} \pm 1{,}41$	$15{,}0^{a} \pm 1{,}22$
0211E	$3{,}05^{e} \pm 0{,}02$	$4{,}02^{ab} \pm 2{,}4$	$15{,}1^{a} \pm 0{,}72$
0238E	$2{,}92^{f} \pm 0{,}02$	$1{,}04^{cd} \pm 1{,}26$	$13{,}2^{ab} \pm 2{,}87$
4095G	$2{,}90^{f} \pm 0{,}02$	$0{,}78^{cd} \pm 0{,}69$	$15{,}1^{a} \pm 0{,}47$

*Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede bei $p \leq 0{,}05$ gemäß Tukey's Test an.

Dieses Werk steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International.

Bewertung der önologischen Parameter

Alle mit der HDV-Methode durchgeführten Gärungen endeten innerhalb von 25 Tagen. Die önologischen Parameter (pH-Wert, Restzucker und Alkoholgehalt) der produzierten Weine entsprachen den üblichen önologischen Standards (Tabelle 1).

Unterscheidung von Weinen anhand ihres Profils flüchtiger Verbindungen

Als nächstes wurden die Profile der flüchtigen Verbindungen erstellt, um zu prüfen, ob die HDV-Methode zur Sortenunterscheidung benutzt werden kann. Die Extraktion der flüchtigen Verbindungen erfolgte aus jeweils 3 ml Proben mithilfe einer Headspace-Solid Phase Microextraction (HS-SPME) gekoppelt mit einer Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) Analyse. Insgesamt 108 flüchtige Verbindungen verschiedener chemischer Familien wurden identifiziert. Dazu gehörten Gärungsaromen wie Ester, flüchtige Fettsäuren und Fuselalkohole, sowie sortentypische Verbindungen wie Monoterpene, C13-Norisoprenoide und C15-Sesquiterpene. Auch einige Benzoide, Aldehyde, Ketone und Laktone wurden nachgewiesen. Flüchtige Thiole wurden mithilfe einer speziellen Extraktionsmethode analysiert, wie von Thibon *et al* (2015)[4] beschrieben.

Die in Abbildung 2 zusammengefassten Ergebnisse zeigen, dass die HDV-Methode Rebsorten anhand ihres Profils an flüchten Verbindungen unterscheiden kann. Starkaromatische Sorten wie Gelber Muskatteller und 0074E zeigen eine positive Korrelation sowohl auf Achse 1 (Dim1) als auch auf Achse 2 (Dim2) (Abbildung 2A). Zudem weisen sie hohe Konzentrationen an Monoterpenolen wie Linalool und α-Terpineol auf (Abbildung 2B). Die Hybridzüchtung 4095G korreliert stark positiv mit Dim1 und negativ mit Dim2 und hebt sich durch hohe Konzentrationen an Monoterpenolen hervor. Diese sortentypischen Verbindungen tragen zu blumigen, fruchtigen und zitronigen Eigenschaften von Weinen bei[5]. Nicht-Muskataromatische Sorten, wie Riesling und Gewürztraminer, weisen negative Korrelationen mit Dim1 und Dim2 auf und unterscheiden sich von nicht-aromatischen Rebsorten wie Chasselas und Chardonnay, welche positiv mit Dim1 und negativ mit Dim2 korrelieren. Gewürztraminer zeigte hohe Konzentrationen an Terpenolen, insbesondere den höchsten Citronellol-Gehalt aller untersuchten Sorten. Riesling und die Hybridzüchtung 0238E wiesen die höchsten Konzentrationen an TDN auf, einer C13-Norisoprenoid-Verbindung. Diese ist für ihren petroleumartigen oder „nassen Stein"-Geruch in jungen Rieslingweinen bekannt, und trägt maßgeblich zur aromatischen Typizität dieser Sorte bei[6 7]. Hohe Konzentrationen an 3-Sulfanylhexan-1-ol (3SH) wurden in Gewürztraminer und 4095G gefunden, mit besonders hohen Konzentrationen in 0074E. Im Gegensatz dazu wurde 4-Methyl-4-sulfanylpentan-2-on (4MSP) nur in Floreal und 0074E nachgewiesen. Diese flüchtigen Thiole werden für ihre angenehm fruchtigen Aromen geschätzt, die an schwarze Johannisbeerknospen, Maracuja und Pampelmuse erinnern.

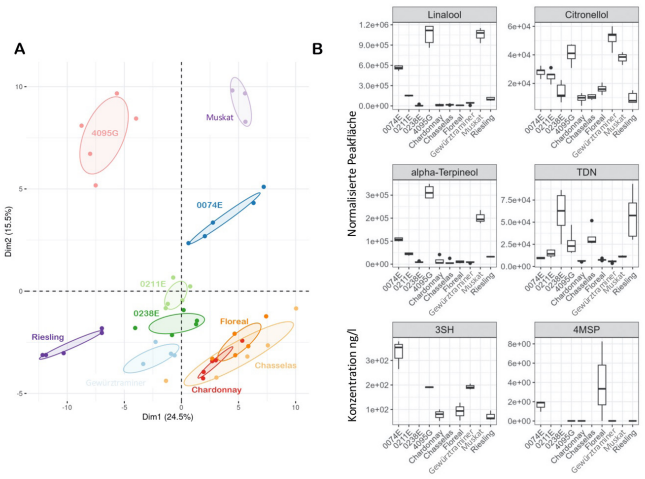


ABBILDUNG 2. Profile flüchtiger Verbindungen in Weinen, die unter Verwendung der Hochdurchsatz-Vinifikationsmethode (HDV) hergestellt wurden. (A) Hauptkomponentenanalyse (PCA) zur Darstellung der Unterscheidung von Weinen basierend auf der Rebsorte. (B) Konzentrationsunterschiede bei einer Auswahl flüchtiger Verbindungen in den verschiedenen Weinproben. TDN: 1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalin, 3SH: 3-Sulfanylhexan-1-ol, 4MSP: 4-Methyl-4-sulfanylpentan-2-on.

Fazit

Unsere Studie zeigt, dass die HDV-Methode sehr effektiv für die Herstellung von Weißweinen in sehr kleinem Maßstab (d. h. weniger als 100 ml) ist und gleichzeitig das aromatische Potenzial verschiedener Rebsorten originalgetreu widerspiegelt. Diese hochdurchsatzfähige Vinifikationsmethode ermöglicht die gleichzeitige Herstellung von Hunderten von Weißweinen, sowie die Bewertung des önologischen Potenzials zahlreicher Sorten anhand von Trauben, welche von einer einzigen Rebe stammen. Dieser Ansatz der direkten Phänotypisierung wurde entwickelt, um den Weg zur wissenschaftlichen Bestimmung des genetischen Ursprungs von Weinaromen zu ebnen. Dies ist besonders interessant für Verbindungen, die nicht direkt in den Trauben vorhanden sind. Dieser Ansatz eröffnet zudem neue Wege zur Verbesserung der Züchtung von Rebsorten mit besonders erwünschten Eigenschaften.

Die HDV-Methode ist darüber hinaus interessant für die Forschung und Entwicklung in der Weinbranche, sowie für Winzer, da sie eine schnelle und ressourceneffiziente Möglichkeit bietet, Gärungstechniken oder -behandlungen in kleinem Maßstab durchzuführen und zu bewerten, bevor sie in großem Maßstab umgesetzt werden. Es ist relativ einfach möglich, Gärungsdynamiken zu untersuchen, das önologische Potenzial von Hefestämmen zu beurteilen, die Weinstabilität zu bewerten und die Auswirkungen verschiedener Weinbaupraktiken und Umweltfaktoren auf die Weinqualität zu untersuchen. ■

Basiert auf dem wissenschaftlichen Artikel "A test-tube vinification method for high-throughput characterisation of the oenological and aromatic potential of white wines" ((OENO One, 2024).

1 Lacombe, T. (2012). Contribution à l'étude de l'histoire évolutive de la vigne cultivée (Vitis vinifera L.) par l'analyse de la diversité génétique neutre et de gènes d'intérêt. [Thesis, Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier]. https://hal.inrae.fr/tel-02811247

2 Lin, J., Massonnet, M., & Cantu, D. (2019). The genetic basis of grape and wine aroma. *Horticulture Research*, 6(1), 81. https://doi.org/10.1038/s41438-019-0163-1

3 Duchêne, E., Butterlin, G., Dumas, V., & Merdinoglu, D. (2012). Towards the adaptation of grapevine varieties to climate change: QTLs and candidate genes for developmental stages. *Theoretical and Applied Genetics*, 124(4), 623-635. https://doi.org/10.1007/s00122-011-1734-1

4 Thibon, C., Pons, A., Mouakka, N., Redon, P., Méreau, R., & Darriet, P. (2015). Comparison of electron and chemical ionization modes for the quantification of thiols and oxidative compounds in white wines by gas chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1415, 123-133. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.08.027

5 Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2006). Handbook of Enology Volume 1 The Microbiology of Wine and Vinifications (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd.

6 Winterhalter, P., & Schreier, P. (1994). C13-Norisoprenoid glycosides in plant tissues: An overview on their occurrence, composition and role as flavour precursors. *Flavour and Fragrance Journal*, 9(6), 281-287. https://doi.org/10.1002/ffj.2730090602

7 Schüttler, A., Friedel, M., Jung, R., Rauhut, D., & Darriet, P. (2015). Characterizing aromatic typicality of Riesling wines: merging volatile compositional and sensory aspects. *Food Research International*, 69, 26-37. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.010