

# EIGNUNGSPRÜFUNG VON AUS LAVANTTALER APFELSAFT SELEKTIONIERTEN HEFESTÄMMEN.

## 1. VERSUCHSABSCHNITT VORPRÜFUNGEN

WALTER FLAK<sup>1</sup>, HELMUT GANGL<sup>1</sup>, RUDOLF KRIZAN<sup>1</sup>, KSENIJA LOPANDIC<sup>2</sup>,  
WOLFGANG TIEFENBRUNNER<sup>1</sup>, GABRIELA TSCHKEIK<sup>1</sup>, ERICH WALLNER<sup>1</sup> UND ANDREAS WUKETICH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bundesamt für Weinbau  
A-7000 Eisenstadt, Gölbeszeile 1  
E-Mail: W.Flak@bawb.at

<sup>2</sup>University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna Institute of  
BioTechnology (VIBT-BOKU), Department of Biotechnology  
A-1190 Wien, Muthgasse 11

Aus nativem Apfelsaft von Lavanttaler Äpfeln wurden Hefestämme isoliert und als Reinkultur weiter vermehrt. Mit diesen Hefe-Isolaten erfolgten mehrere orientierende Vergärungen mit Apfelsaft der Region, wobei drei augenscheinlich für Obstweingärungen geeignete Stämme (Lavant 1 - 3) ausgewählt, identifiziert und für weitere Versuchsgärungen im Praxismaßstab (300 l) eingesetzt wurden. Diese drei Reinkulturen der Hefeart *Saccharomyces uvarum* vollzogen eine rasche Vergärung und verliehen den Apfelweinen Geschmacksprofile mit traditionellem Mostcharakter. Das basisanalytische Bild der resultierenden Obstweine war insgesamt unauffällig und enthielt neben durchschnittlichen Alkohol- und Gesamtsäuregehalten nur geringe Gehalte an flüchtiger Säure (< 0,4 g/l). Für die sensorisch-deskriptive Bewertung der Obstweinvarianten wurden Kostpanels aus dem Mostbereich wie auch KosterInnen mit Weinerfahrung eingesetzt. Zum Vergleich wurde der Ausgangsmost auch mit einem für Traubenweingärungen verwendeten Hefestamm der Art *Saccharomyces cerevisiae* (EGH2 Pannonia) vergoren. Weitere Vergärungen hinsichtlich Praxistauglichkeit der bestgeeigneten Hefestämme sind mit verschiedenen Apfelsorten geplant.

**Schlagwörter:** Hefeselektion, Geschmacksprofile, Modellvergärungen, Reinzuchthefen, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum*

**Suitability tests with yeast strains selected from apple juice from the Lavanttal (Carinthia, Austria). 1st Experimental stage – Pretests.** From native apple juice from the Lavanttal (Carinthia, Austria) yeast strains were isolated and propagated as a pure culture. With these yeast isolates several exploratory fermentations with apple juice from that region were carried out, three strains (Lavant 1 - 3), which were apparently suitable for cider fermentations, were selected, identified and used for further experimental fermentations in practice scale (300 l). These three pure cultures of the yeast species *Saccharomyces uvarum* guaranteed a rapid fermentation resulting in aroma profiles characteristic for traditional cider. The basic analytical pattern of the resulting ciders was overall unremarkable, showed only low levels of volatile acidity (< 0.4 g/l) and average alcohol and total acid contents. For the descriptive sensory evaluation of cider variants tasting panels were used consisting of tasters experienced in grape and fruit wine tastings. For comparison, the original must was also fermented with a yeast strain of the species *Saccharomyces cerevisiae* used for grape wine fermentations (EGH2 Pannonia). Further fermentations with the most suitable yeast strains are planned with different apple varieties.

**Keywords:** yeast selection, aroma profiles, model fermentations, pure yeasts, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum*

Der Mensch nimmt seit mehreren tausend Jahren alkoholische Getränke zu sich, wobei außer der berausenden auch die keimtötende Wirkung eine Rolle gespielt haben mag. Das älteste bekannte alkoholische Getränk wurde vor mindestens 8.600 Jahren in den Tälern um den Gelben Fluss in China getrunken (MCGOVERN et al., 2004). Ein sicherer Nachweis von Rebwein stammt aus Hajji Firuz Tepe (Iran, Zagros-Gebirge). Dieses weinartige Getränk wurde vor etwa 7.400 Jahren hergestellt; es war mit Pistazienharz versetzt, möglicherweise als Schutz vor Verderb (MCGOVERN et al., 1996).

Der griechisch-römische Geschichtsschreiber Dionysios von Halikarnassos berichtet um die Zeitenwende, dass in Skandinavien ein Trunk aus Gerste bereitet wurde, die man vorher in Wasser "verrotten" ließ. Die Erzeugung von Met ist zumindest seit dem Jahr 1.370 v. Chr. durch Funde aus dem Egtved-Grab belegt und Nordischer Grog enthielt schon vor mehr als 3.500 Jahren Honig, Moosbeeren, Preiselbeeren, Gagelstrauch, Schafgarbe, Wacholder, Birkenharz und verschiedene Getreidesorten (MCGOVERN, 2013).

Die Wildform (*Malus sieversii* M. Roem.) unserer Äpfel (*Malus domestica* Borkh.) kommt in Kasachstan und angrenzenden Ländern auch heute noch vor. Trotz intragenerischer Hybridisierung mit anderen *Malus*-Arten, z. B. mit der einheimischen *Malus sylvestris* Moench, unterscheidet sich *Malus domestica* nur geringfügig von *Malus sieversii*. Es scheint daher nicht gerechtfertigt, die beiden als getrennte Arten zu führen (VELASCO et al., 2010).

*Malus sieversii* wurde möglicherweise von Alexander dem Großen um 328 v. Chr. in den Mittelmeerraum gebracht. In griechischen Legenden und Sagen wird die Frucht allerdings schon früher erwähnt – z. B. überreicht Paris Aphrodite einen Apfel, um sie als schönste Göttin auszuzeichnen.

Der Römer Plinius der Ältere (23 - 79 n. Chr.) berichtet, dass man Wein aus Birnen und allen Sorten von Äpfeln macht. Nach der Einführung der Veredelung (etwa um 50 v. Chr.) verbreitete sich der Apfelbaum rasch bis nach Britannien (STEWART, 2013). Es spricht einiges dafür, dass seither dort auch Apfelwein getrunken wird. Zur Zeit der Eroberung Britanniens durch die Normannen

(1066) war die Normandie das Zentrum der Apfelmucht (schon um die Jahre 1500 existierten dort 65 Apfelsorten). Weiter verbreitet wurde *Malus domestica*, und wahrscheinlich auch der Brauch des Apfelweintrinkens, durch Mönche.

Für die Herstellung von Apfelwein wird traditionell auf Reinzuchthefen verzichtet, obwohl "wilde" *Apiculatus*-Hefen mit geringer Alkoholtoleranz mitunter unerwünschte Nebenprodukte bzw. Aromen im Gärprodukt erzeugen. Falls doch Reinzuchthefen zum Gärstart eingesetzt werden, sind es in der Regel solche, die für die Traubenweinproduktion (Vollwein) optimiert wurden. Eigene Apfelweinhefen sind bislang nicht am Markt erhältlich.

Hefen der Gattung *Saccharomyces* werden als Reinzuchthefen in der Wein- und Bierbereitung verwendet, weil diese eine stabile Gärung, und eine hohe Qualität des Endproduktes erwarten lassen. Diese Präparate bestehen aus einem definierten Hefestamm und sind frei von unerwünschten Mikroorganismen (wie Schimmelpilzen, Bakterien oder Wildhefen).

Seit 2014 besteht in Österreich die Staatliche Prüfnummer für Qualitätsobstwein, die den Bedarf an hochwertigen Produkten und nach eigenen Obstwein-Hefen sicher erhöhen wird. Im Sinne der Regionalität sind dabei Hefestämme aus dem nativen „Wildbestand“ eines Gebietes von Interesse, weil diese ein Geschmacksbild mit regionaler Prägung erwarten lassen.

Die Apfelweinproduzenten des VMCC (Vinum ex Malis Carinthiae Controllatum) im Kärntner Lavanttal gehören seit Jahren mit zu den Vorreitern der österreichischen Obstweinproduktion. Auf Anfrage dieser Gruppe begann das Bundesamt für Weinbau (BAWB) im Jahr 2013 mit der gezielten Selektion von regionalen Hefen aus Apfelsäften des Lavanttales. Eine Auswahl dieser Hefestämme wurde im Folgejahr 2014 in Modellvergärungen geprüft.

Im Rahmen der Isolierung, Anzucht und Prüfung von lokalen Hefestämmen erfolgte auch ein Vergleich mit einer herkömmlichen Reinzuchtheife aus der Traubenweinproduktion.

## MATERIAL UND METHODEN

### OBSTWEINBEREITUNG UND HEFESELEKTION

Die Ernte der optimal reifen, frisch vom Baum gerüttelten Äpfel und deren Pressung erfolgte am 9. September 2013 im Granitztal, die Befüllung der Gärbehälter wurde am folgenden Tag in der Ortschaft Gönitz durchgeführt. Einen weiteren Tag später begann die spontane Gärung des Presssaftes (Apfelsorte 'Baumanns Renette'), die bei etwa 16 °C in kontrollierter Gärung abgelaufen ist. Die Proben für die Hefeselektion wurden am 23. September 2013 in der Phase der abklingenden Gärung entnommen.

Die eigentliche Selektion der Hefen erfolgte mittels eines GYP-Nährbodens in Petrischalen (5 cm Durchmesser). Die angewachsenen Kolonien wurden vereinzelt und dann so lange weiter übertragen, bis letztlich eidonomisch-morphologische Homogenität unter den Zellen einer Kultur gegeben war. Letztlich wurden aus etwa 200 Ansätzen drei vitale Isolate (Lavant 1 - 3) für die gegenständlichen Versuchsansätze ausgewählt.

### DNA-ISOLATION UND HEFE-IDENTIFIZIERUNG

Hefe-DNA wurde nach dem Protokoll des MasterPure™ Yeast DNA Purification Kit (Epicentre, Madison, Wisconsin, USA) extrahiert. Die Identifizierung der Hefe-Isolate auf Speziesniveau erfolgte durch Sequenzierung der D1/D2 Region des 26S rRNA kodierenden Gens und AFLP Fingerprinting wie in LOPANDIC et al. (2008) beschrieben.

### MIKROVINIFIKATION

Im Rahmen der Mikrovinifikation im 300 ml-Erlenmeyerkolben wurden jeweils 250 ml Apfelsaft aus der Region mit einem der Isolate bzw. einer im Handel erhältlichen Traubenwein-Reinzuchtheife (EGH2 Pannonia) vergoren. Einer ergänzenden Versuchsserie wurde Saccharose im Ausmaß von 273 g/l beigefügt, die Gra-

dition des Versuchsmediums erhöhte sich dadurch von 11 °KMW auf rund 26 °KMW. Mit diesen Ansätzen sollte die Gärleistung der Hefen auch bei höheren Zuckerkonzentrationen bzw. osmotischen Belastungen untersucht werden.

### VINIFIKATION IM 300 L-GEBINDE

Die drei ausgewählten Varianten der Mikrovinifikation wurden im Herbst 2014 unter praxisnahen Bedingungen vergoren. Dazu wurde Apfelsaft der Sorte 'Kronprinz Rudolf' in vier 300 l-Gebinde gefüllt und am 13. Oktober 2014 in St. Paul im Lavanttal (Zogglhof) mit je einem Liter Hefesuspension beimpft (Lavant 1 - 3, Pannonia). Die Fermentation wurde durch die Messung der Dichte des Gärgutes kontrolliert; die Raumtemperatur lag bei 17 °C, in den Versuchsansätzen bei 17 bis 20 °C.

### ROUTINEANALYTIK

In allen Obstweinvarianten wurden die weinchemischen Basisparameter (11) mittels FTIR bestimmt (Wine Scan FT 120, FOSS GmbH., Rellingen, Deutschland).

### ERFASSUNG DER AROMAKOMPONENTEN MITTELS GC/MS

Zur Auftrennung und Quantifizierung des Apfelweinaromas (94 Aromaverbindungen) gelangte Headspace Solid-Phase Microextraction (SPME) gekoppelt mit Kapillar-Gaschromatographie-Massenspektrometrie (Shimadzu GCMS QP 2010, Japan) zur Anwendung. Jeweils 8 ml der Weinproben wurden mit 50 µl 3-Decanol (48,4 mg/l) als interner Standard versetzt und in einer 20 ml Headspace-Vial (PTFE-ummanteltes Silikonseptum) vorgelegt.

Zur selektiven Erfassung der Aromakomponenten diente eine SPME-Faser (50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS). Die Faser wurde für jeweils 30 min bei 30 °C im Dampfraum der Probe exponiert. Unmittelbar nach der Extraktion gelangte die SPME-Faser in den GC Injektor Port (2 min bei 250 °C) zur thermalen Desorption.

Die Trennung der Aromakomponenten geschah mit einer CP-WAX plus Kapillar Säule (60 m x 0,25 mm id, 0,50 µm ft; Phenomenex, USA). Die Ofentemperatur wurde dabei für 6 Minuten bei 50 °C gehalten und stieg danach um 4 °C pro Minute auf 230 °C an. Danach blieb die Temperatur für weitere 10 min auf diesem Niveau. Die Detektortemperatur lag bei 200 °C; Trägergas war Helium mit einer konstanten Flussrate von 1,2 ml/min.

#### AMTLICHE KOSTKOMMISSIONEN

Die kostmäßige Bewertung der vier Obstweinvarianten geschah durchgehend kommissionell im Rahmen von amtlichen Kostkommissionen. Alle Kommissionen bestanden aus jeweils sechs Kostpersonen, die alle regelmäßig im Rahmen ihrer Tätigkeit speziell auf Obstweine geschult sind und auch getestet werden. Die Vorlage der Proben erfolgte entweder mit konkreten Fragestellungen oder einem Fragekatalog mit 29 deskriptiven Begriffen.

## ERGEBNISSE UND DISKUSSION

#### DETERMINATION DER EINGESETZTEN HEFEVARIANTEN

Die sequentielle Identifizierung der verwendeten Hefen ergab, dass die als Lavant 1 - 3 bezeichneten Hefestämme der Art *Saccharomyces uvarum* zuzuordnen sind. Diese Spezies ist eine kryotolerante Art, die bereits für die Trauben- und Apfelweinproduktion verwendet wird. Sie zeigt in Südamerika die höchste genetische Vielfalt, die holarktische Population dürfte von einer patagonischen Subpopulation abstammen (ALMEIDA et al., 2014). Die Stämme Lavant 1 und 2 sind einander genetisch ähnlicher als Lavant 3. Die Verwandtschaft von Lavant 3 zu den beiden anderen Hefen ist aber immer noch näher als zum für den Vergleich verwendeten Typstamm dieser Spezies (HA 231; isoliert aus Saft von *Ribes nigrum*, Niederlande; Stammsammlung der VIBT-BOKU). Als Vergleich wurde der *Saccharomyces cerevisiae*-Stamm EGH2 Pannonia verwendet.

#### WEINCHEMISCHE BESCHAFFENHEIT DER APFELWEINE

Aus basisanalytischer Sicht zeigen die vier Gäransätze (Lavant 1 - 3, Pannonia) bzw. die darauf basierenden Apfelweine sowohl im Rahmen der Mikrovinifizierung wie auch unter Praxisbedingungen keine wesentlichen gehaltemäßigen Unterschiede. Die im 300 l-Maßstab ausgebauten Apfelweine wiesen einen Alkoholgehalt von 6 %vol. (6,0 bis 6,1) und eine titrierbare Gesamtsäure (berechnet als Äpfelsäure) von 5,7 g/l (5,5 g/l bis 5,8 g/l) auf. Der Restzuckergehalt (Glucose und Fructose) lag bei rund 5,0 g/l (G/F = 0,48).

Im direkten Vergleich mit dem *Saccharomyces cerevisiae*-Stamm bilden die drei *Saccharomyces uvarum*-Varianten (Lavant 1 - 3) tendenziell etwas mehr Alkohol und Glycerin. Die Beträge an flüchtiger Säure (berechnet als Essigsäure) rangieren in allen vier Gärvarianten in einer unauffälligen Größenordnung von rund 0,3 g/l. Auch die Gesamtsäuregehalte (berechnet als Äpfelsäure) und die Äpfelsäurekonzentrationen liegen wie der pH-Wert in einer jeweils vergleichbaren Größenordnung.

Im Rahmen einer multivariaten statistischen Auswertung der basisanalytischen Daten mittels PCA ließen sich die beiden Hefearten (*Saccharomyces uvarum*, *Saccharomyces cerevisiae*) bzw. die damit erzeugten Obstweine eindeutig voneinander abgrenzen. Dabei bilden die drei Uvarum-Hefen einen engen Cluster; die mit Hefe aus Traubenwein (*Saccharomyces cerevisiae*) vergorene Kontrollprobe wird abseits davon dargestellt. Diese Differenzierung zeigte sich auch in den aufgebesserten Probenvarianten (Abb. 1).

#### AROMAVERHÄLTNISSE UND KOSTBEWERTUNG

Die durch vier verschiedene Hefen (Lavant 1 - 3, Pannonia) vergorenen Apfelweinvarianten zeigen auf Grundlage von 94 Aromaverbindungen eine enge statistische Clusterung, wobei die Varianten Lavant 3 und Pannonia sowie Lavant 1 und 2 jeweils eine statistische Untergruppe bilden. Diese aromamäßige Beschaffenheit und

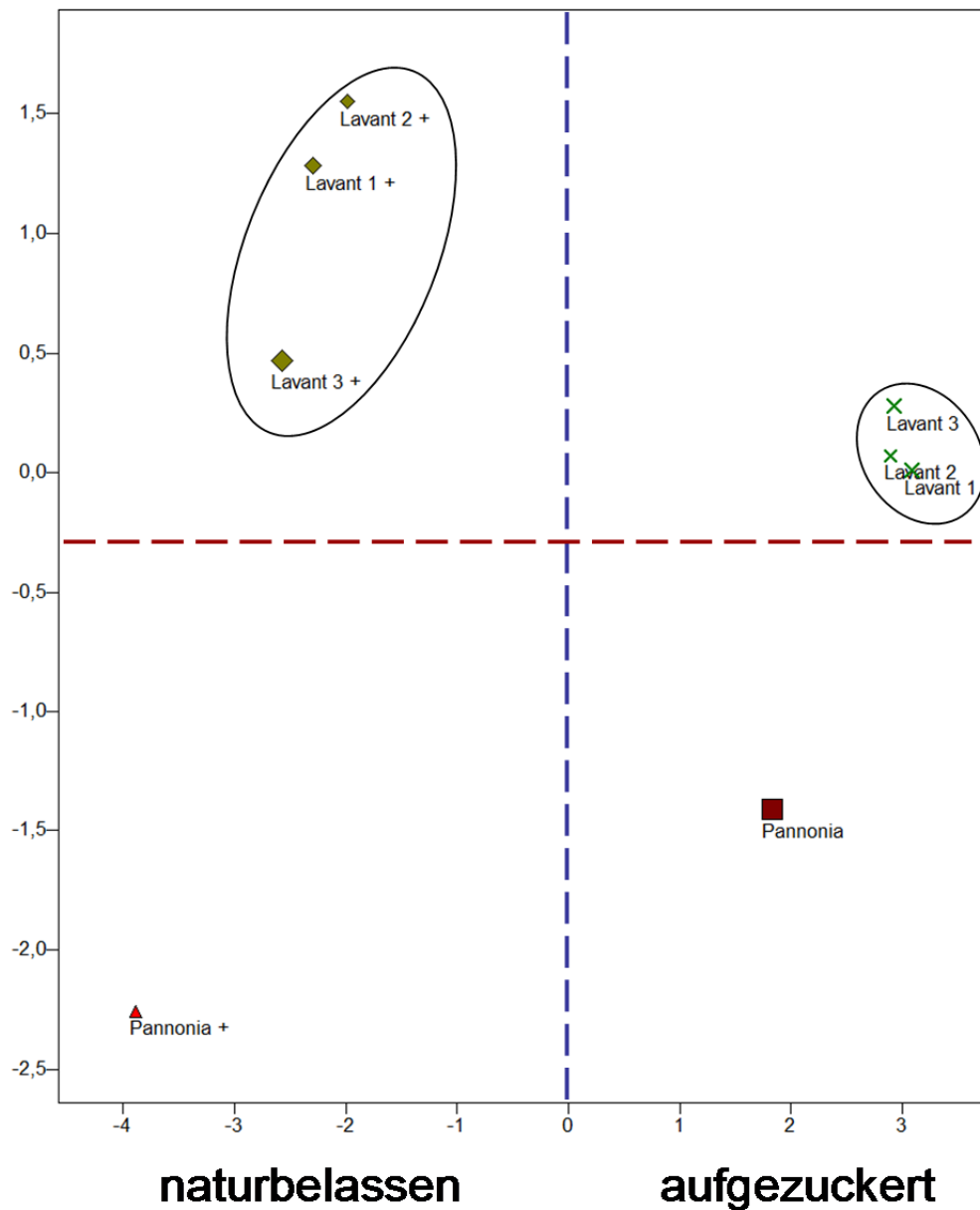


Abb. 1: Die statistische Abgrenzung von naturbelassenen und mit Saccharose versetzten (von 11 auf 26 °KMW) Apfelweinvarianten mittels PCA nach deren basisanalytischer Zusammensetzung (11 weinchemische Parameter); der Ausgangsmost wurde mit drei *Saccharomyces uvarum*-Hefestämmen (Lavant 1 - 3; aus Apfelsaft der Region Lavanttal isoliert) und einem *Saccharomyces cerevisiae*-Stamm (Pannonia) vergoren.

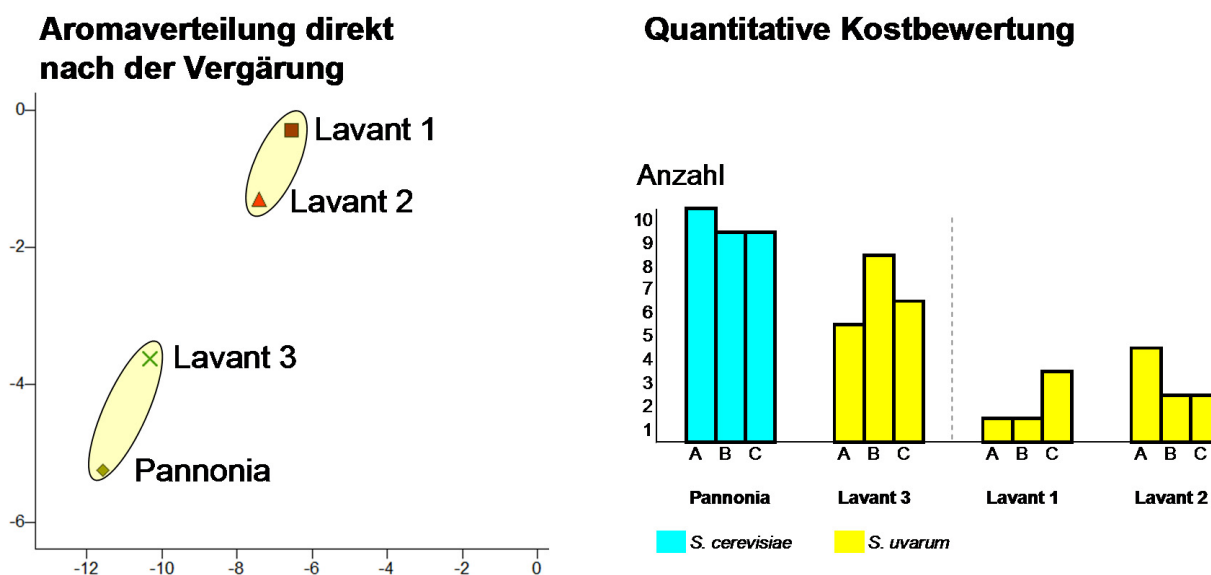


Abb. 2: Die statistische Abgrenzung von vier Apfelweinvarianten mittels PCA nach deren aromamäßiger Beschaffenheit (94 Aromakomponenten); dieser Verteilung sind die Ergebnisse von drei Fragestellungen\*) gegenübergestellt.

- \*) A: Welcher Apfelwein ist in qualitativer Hinsicht der beste?  
 B: Welcher Apfelwein zeigt die ausgewogenste Harmonie?  
 C: Welcher Apfelwein weist die stärkste Sortentypizität auf?

Abgrenzung zeigte sich auch nach einer fünfmonatigen Reifephase bis April 2015 (Abb. 2).

Die sensorische Bewertung der vier Varianten (April 2015) ergab eine vergleichbare statistische Verteilung bzw. Zuordnung, wie sie auch die Aromaverhältnisse erkennen lassen. Auf drei konkrete Fragestellungen (A: Welcher Apfelwein ist in qualitativer Hinsicht der beste? B: Welcher Apfelwein zeigt die ausgewogenste Harmonie? C: Welcher Apfelwein weist die stärkste Sortentypizität auf?) erhielt die Variante Pannonia (*S.c.*) vor Lavant 3 die besten Bewertungen. Anzumerken ist, dass die Kostprüfung durch KosterInnen mit Traubenwein-(Vollwein-)Erfahrung durchgeführt wurde.

#### DESKRIPTIVE SENSORISCHE BEWERTUNG DER APFELWEINVARIANTEN

Das Geschmacksprofil der gegenständlichen vier Apfelweinvarianten wurde vergleichend im Rahmen von

Kostkommissionen (6 KosterInnen) mit quantitativer Sensorik erfasst. Dabei erfolgte eine umfassende deskriptive Analyse anhand eines Fragebogens mit 31 Begriffen bzw. sensorischen Bereichen.

Die visuellen Merkmale Farbton, Farbtiefe und Klarheit sind bei allen Obstwein-Varianten ähnlich ausgebildet. Als besonders „reintönig“ und „kostintensiv“ erwies sich die Variante Lavant 3 vor der Weinhefe (Pannonia) und den Proben Lavant 1 und 2. Auch hinsichtlich „Gesamtqualität“, „Harmonie“ und „Abgang“ lagen die Ansätze Lavant 3 und Pannonia voran.

Das Aroma der mit Pannonia vergorenen Variante wird von einer an „grünen Apfel“ erinnernden Note dominiert, der *S. uvarum*-Stamm Lavant 3 bringt dagegen vegetabil-blumenartige Töne, würzige Anklänge und zitrusartige Nuancen hervor (Abb. 3).

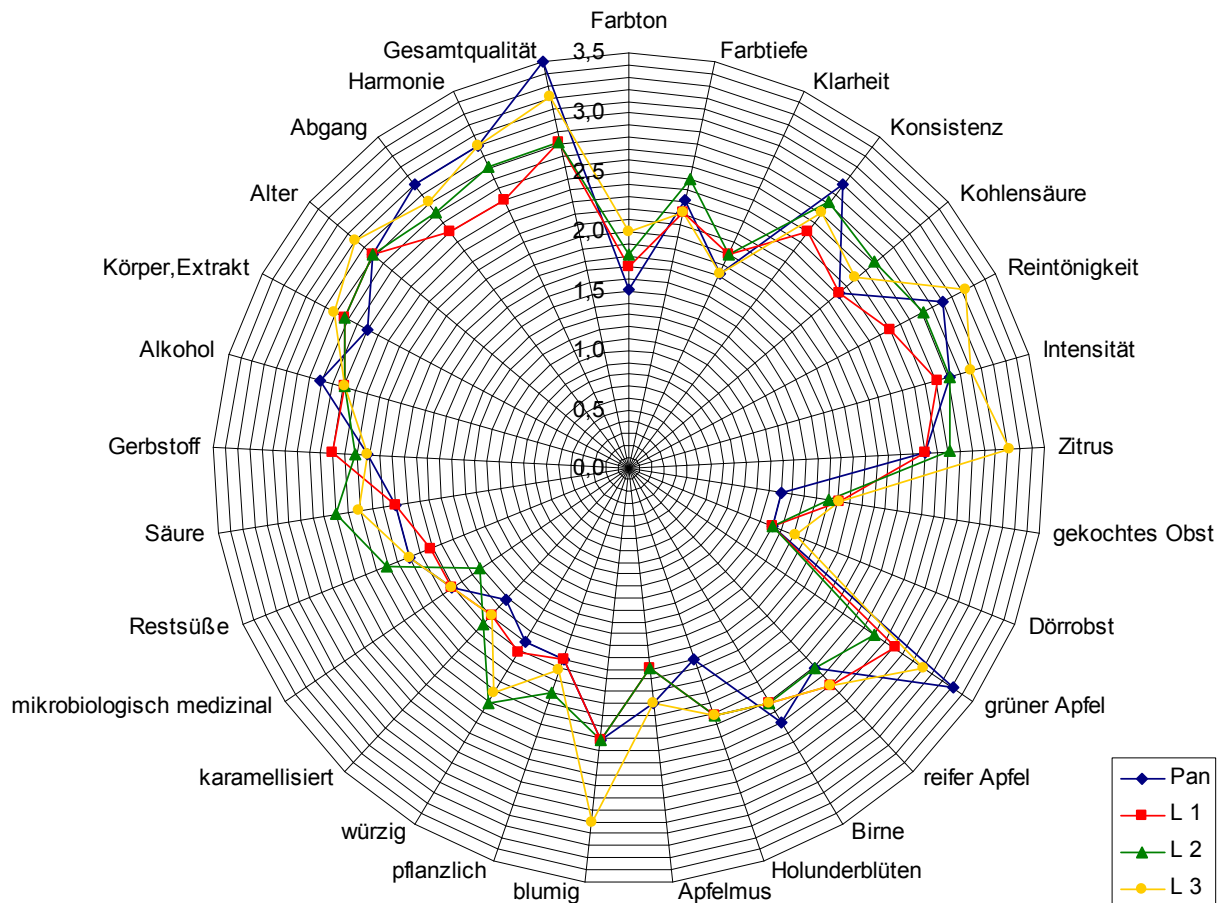


Abb. 3: Die Geschmacksprofile von vier Apfelweinvarianten der Sorte 'Kronprinz Rudolf' nach der Vergärung eines einheitlichen Ausgangsmostes durch vier Hefestämme (Pannonia, *Saccharomyces cerevisiae*; Lavant 1, Lavant 2, Lavant 3, *Saccharomyces uvarum*)

Das Kostbild des durch die Hefevariante Lavant 3 vergorenen Apfelsaftes entspricht weitgehend dem Kostindruck, den auch die Produzenten (VMCC) bei orientierenden Verkostungen beschrieben haben. Insbesondere die durch Lavant 3 erreichte geschmackliche Stilistik wurde bei Verkostungen im Produktionsumfeld des Kärntner Lavanttales als „klassisch-traditioneller“ Apfelweincharakter (Most) bezeichnet (HANS KÖSTINGER, pers. Mitteilung). Diese Gärvariante zeigt ein Geschmacksprofil, das dem althergebrachten Mosttyp (Most aus bäuerlicher Produktion) nahekommt. Die Isolierung von etwa 150 Heferassen aus nativem Apfelsaft hat nach Vorprüfungen zu einer Auswahl von drei augenscheinlich praxistauglichen Hefestämmen ge-

führt. Diese drei Hefespezies (Lavant 1 - 3), die zur Art *Saccharomyces uvarum* gehören, vollziehen eine problemlose Vergärung und ergeben Apfelweine mit traditionellem, mostigem Geschmacksbild. Bei sensorischen Vergleichsprüfungen wurde der durch *Saccharomyces cerevisiae* vergorene Ansatz (Pannonia) als Variante mit bester Apfelweinqualität bewertet; der mit *Saccharomyces uvarum* (Lavant 3) erzeugte Ansatz liegt in der Bewertung nur knapp dahinter an zweiter Stelle. Im Rahmen des gegenständlichen Vorhabens ist als weiterer Schritt geplant, die bisher am besten entsprechende regionale Hefevariante (Lavant 3) in zusätzlichen Vergärungen mit Apfelsäften aus verschiedenen Apfelsorten als Gärhefe zu testen und nach positiv verlau-

fender Prüfung als Reinzuchtheferpräparat einzusetzen. Dadurch könnte neben der „modernen“ Stilistik auch ein Apfelwein mit traditionellem Geschmacksbild standardisiert werden.

Weiters ist auch eine Prüfung von Gärkombinationen aus *Saccharomyces cerevisiae*-Stämmen mit dem Stamm Lavant 3 in geschmacklicher und analytischer Hinsicht vorgesehen.

## LITERATUR

- ALMEIDA, P., GONCALVES, S., TEIXEIRA, D., LIBKIND, D., BONTRAGER, M., MASNEUF-POMARÈDE, I., DURRENS, P., SHERMAN, D.J., MARULLO, P., HITTINGER, C.T., GONCALVES, P. and SAMPAIO, J.P. 2014: A Gondwanan imprint on global diversity and domestication of wine and cider yeast *Saccharomyces uvarum*. *Nature Communications*, doi:10.1038/ncomms 5044 (June 02)
- LOPANDIC, K., TIEFENBRUNNER, W., GANGL, H., MANDL, K., BERGER, S., LEITNER, G., ABD-ELLAH, G.A., QUEROL, A., GARDNER, R.C. and STERFLINGER, K. 2008: Molecular profiling of yeasts isolated during spontaneous fermentations of Austrian wines. *FEMS Yeast Res.* 8(7): 1063-1075
- MCGOVERN, P.E., VOIGT, M.M., GLUSKER, D.L. and EXNER, L.J. 1996: Neolithic resinated wine. *Nature* 381(6): 480-481
- MCGOVERN, P. E., HALL, G. R. AND MIROZOIAN, A. 2013: A biomolecular archaeological approach to 'Nordic grog'. *Danish J. Archaeol.* 2(2): 112-131
- MCGOVERN, P.E., ZHANG, J., TANG J., ZHANG, Z., HALL, G.R., MOREAU, R.A., NUÑEZ, A., BUTRYM, E.D., RICHARDS, M.P., WANG, C.-S., CHENG, G., ZHAO, Z. and WANG, C. 2004: Fermented beverages of pre- and proto-historic China. *Proc. National Acad. Sci. USA* 101(51): 17593-17598
- STEWART, A. (2013): The history of cider making. (<http://www.utne.com/arts/history-of-cider-making-ze0z1306zpit.aspx?PageId=2#axzz3BNWM-66vj>) (03. 02. 2015)
- VELASCO, R., ZHARKIKH, A., AFFOURTIT, J., DHINGRA, A., CESTARO, A., KALYANARAMAN, A., FONTANA, P., BHATNAGAR, S.K., TROGGIO, M., PRUSS, D., SALVI, S., PINDO, M., BALDI, P., CASTELLETTI, S., CAVAIUOLO, M., COPPOLA, G., COSTA, F., COVA, V., DAL RI, A., GOREMYKIN, V., KOMJANC, M., LONGHI, S., MAGNAGO, P., MALACARNE, G., MALNOY, M., MICHELETTI, D., MORETTO, M., PERAZZOLLI, M., SI-AMMOUR, A., VEZZULLI, S., ZINI, E., ELDRIDGE, G., FITZGERALD, L.M., GUTIN, N., LANCHBURY, J., MACALMA, T., MITCHELL, J.T., REID, J., WARDELL, B., KODIRA, C., CHEN, Z., DESANY, B., NIAZI, F., PALMER, M., KOEPKE, T., JIWAN, D., SCHAEFFER, S., KRISHNAN, V., WU, C., CHU, V.T., KING, S.T., VICK, J., TAO, Q., MRZAZ, A., STORMO, A., STORMO, K., BOGDEN, R., EDERLE, D., STELLA, A., VECCHIETTI, A., KATER, M.M., MASIERO, S., LASSERRE, P., LESPINASSE, Y., ALLAN, A.C., BUS, V., CHAGNÉ, D., CROWHURST, R.N., GLEAVE, A.P., LAVEZZO, E., FAWCETT, J.A., PROOST, S., ROUZÉ, P., STERCK, L., TOPPO, S., LAZZARI, B., HELLENS, R.P., DUREL, C.E., GUTIN, A., BUMGARNER, R.E., GARDINER, S.E., SKOLNICK, M., EGHOLM, M., VAN DE PEER, Y., SALAMINI, F. and VIOLA, R. 2010: The genome of the domesticated apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Nat. Genet.* 42(10): 833-839

Eingelangt am 6. August 2015