

BLUTALKOHOL

ALCOHOL, DRUGS AND BEHAVIOR

VOL. 28 NO. 5

SEPTEMBER 1991

JAHRGANG 1991

INHALTSVERZEICHNIS

Kai Bernd Locher, Hans Joachim Mallach und Alfred Moosmayer Pharmakokinetische Wechselwirkungen zwischen Alkohol und Acetylsalicylsäure	273
Werner Laubichler und Maria Ruby Tageszeitliche Bindungen kriminellen Verhaltens unter Berücksichtigung einer gleichzeitigen Alkoholisierung	279
Roland Schuster, Günter Schewe, Otto Ludwig, Lutz Friedel und Jörg Hellwege Pkw-Fahrversuche zur Frage der alkoholbedingten Fahrunsicherheit bei Dunkelheitsfahrten	287
Jan Dressler, Günter Hauck und Klaus Lehmann Zur Diagnose „Tödliche Ethanolvergiftung in der Resorptionsphase“	302
R. Urban, M. Wolf, J. Eidam, W. J. Kleemann, G. Schroeder, H. D. Tröger Das Atemalkoholtestgerät „ALCOMAT“ im kontrollierten Trinkversuch	304
Matthias Graw und Kurt Besserer Alkoholische Gärung beim „Schwäbischen Most“: Ethanol und Begleitalkohole	312
H. Sachs und P. Zink Hat die dritte Dezimalstelle der Einzelwerte Bedeutung für die Berechnung des Mittelwertes der BAK?	321
G. Schmitt, R. Aderjan und Gg. Schmidt Zur Präzision der Blutalkoholbestimmung mittels GC- und ADH-Methode	325
Zur Information „Probleme mit dem Alkohol“	329
Eine bemerkenswerte Bilanz	330
Vier Jahre Erfahrungen mit der Nachschulung von alkoholauffälligen Fahranfängern (Inhaber einer Fahrerlaubnis auf Probe)	333
Rechtsprechung 13. Oberlandesgericht Zweibrücken — 1. Strafsenat — Beschluß vom 25. 3. 1991 — 1 Ss 31/91	343

*Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Tübingen
DIREKTOR: PROF. DR. MED. DIPL.-PHYS. H.-D. WEINER*

MATTHIAS GRAW, KURT BESSERER

Alkoholische Gärung beim „Schwäbischen Most“: Ethanol und Begleitalkohole¹⁾ Alcoholic fermentation in „Schwäbischem Most“: Ethanol and congener alcohols

1. Einleitung

In der gerichtsmedizinischen Gutachtertätigkeit ist es häufig Aufgabe, Stellung zum geschilderten Konsum alkoholischer Getränke zu nehmen, gegebenenfalls unter Berücksichtigung einer Begleitstoffanalyse. Die benötigten Ethanol- und Begleitstoffkonzentrationen können hierzu der einschlägigen Literatur entnommen werden (BONTE 1987, SCHÜTZ 1983). Probleme ergeben sich jedoch bei landestypischen Getränken regionaler Bedeutung, wie z. B. ländlichen Fruchtweinen, „Schwäbischem Most“ oder hessischem „Äppelwoi“, die unter nicht standardisierten Bedingungen in häuslicher Kellerei hergestellt werden (ARAUNER 1985, BONTE 1987). Im Hinblick auf die gutachterliche Tätigkeit war unsere Fragestellung, in welchen Konzentrationen Ethanol und die für die Begleitstoffanalyse wichtigen Fuselalkohole im „Schwäbischen Most“ vorkommen und ob sich verwendbare Durchschnittswerte – analog zu anderen Getränkearten (HIEKE 1975, BONTE 1978, REINHARD 1978, BONTE und RUSSMEYER 1984) – für die Gutachterpraxis erarbeiten lassen. Ausgangsprodukte sind Äpfel und/oder Birnen in verschiedenen Mischungsverhältnissen. Nach dem Zerkleinern der Früchte, dem Maischen, wird der Saft abgepreßt, gegebenenfalls mit Wasser, Zucker, Milchsäure oder Hefenährsalzen versetzt, anschließend unter Sauerstoffabschluß vergoren, teils mit den auf den Früchten befindlichen Naturhefen (Apiculatushefen), teils mit höher vergärenden Reinzuchtheften (SCHANDERL 1954, SCHANDERL et al. 1965, KARWOWSKA et. al. 1973, GÖRTGES und MÜLLER 1977, SCHREIER et al. 1978, ARAUNER 1985). Der Most wird schon gerne während der Gärung – analog zum „Federweißen“ bzw. „Neuen Wein“ – als sogenannter „Reißer“ oder „Räser“ getrunken, vor allem aber in der folgenden heißen Jahreszeit pur oder mit Sprudel verdünnt. Die eventuell im nächsten Herbst, wenn die Fässer für den neuen Most benötigt werden, verbliebenen Restmengen können bei entsprechender Qualität zur Herstellung von Kernobstbrand verwendet werden.

2. Material und Methoden

Zwei Mostansätzen wurde ab Mostbeginn über einen Zeitraum von zwei Monaten täglich eine Probe entnommen. Diese wurde zum Erreichen eines Gärstopps tiefgekühlt und anschließend analysiert. Die beiden Mostansätze wurden in unterschiedlichen Mostkellern von den jeweiligen Besitzern vorgenommen. Der eine Most wurde aus reinem Birnensaft mit 10 Prozent Wasserzusatz angesetzt, der andere aus einem Verhältnis Apfel/Birne von 80 : 20. Vergoren wurde mit den auf den Früchten befindlichen Naturhefen.

Weiterhin wurden 11 Proben von ausgegorenen Mosten in unterschiedlichen Kellereien gezogen, wobei alle untersuchten Ansätze einer vergleichbaren Ortslage entstammten, die

¹⁾ Auszugsweise vorgetragen auf der 16. Tagung des Arbeitskreises Süddeutscher Rechtsmediziner in Augsburg, 2.–3. 6. 1989

Ausgangsprodukte und deren Mischungsverhältnisse jedoch differierten. Bei den Birnen überwog die Schweizer Wasserbirne, bei den Äpfeln lieferten v. a. die in Streuobstkultur angebauten Lokalsorten das Ausgangsprodukt.

Die Analysen wurden nach dem üblichen gaschromatographischen Verfahren mittels head-space-Technik durchgeführt (MACHATA 1967). Als Trennsäule diente eine Carbo-pack-B, die quantitative Auswertung der Gaschromatogramme erfolgte über das Peak-Höhen-Verfahren (externer Standard).

3. Ergebnisse und Diskussion

Die alkoholische Gärung läuft in mehreren Schritten ab. Die benötigten Enzyme werden von den Hefen zur Verfügung gestellt. Dabei werden die Hexosen über Triosen und Brenztraubensäure zu Ethanol und Kohlendioxid verstoffwechselt (BUCHNER und MEISENHEIMER 1906, NEUMÜLLER 1985, DALDRUP 1987). Bei der Beobachtung der Ethanolkonzentration während der Gärung zeigte sich der typische S-förmige Kurvenverlauf. Auf eine anfängliche Latenzzeit, in der sich die Hefen vermehren und an das Milieu anpassen müssen, folgte die Phase des schnellen Ethanolkonzentrationsanstiegs. Eine Plateaubildung als Ausdruck für das Ende der raschen Gärung konnte beim Apfelmost (Abb. 1) nach ca. drei, beim Birnenmost (Abb. 2) nach gut fünf Wochen ab Gärbeginn erkannt werden.

Die erreichte Ethanolkonzentration lag jeweils bei ca. 50 g/l und blieb im weiteren Zeitverlauf konstant.

Äthanolkonzentration Apfelmost

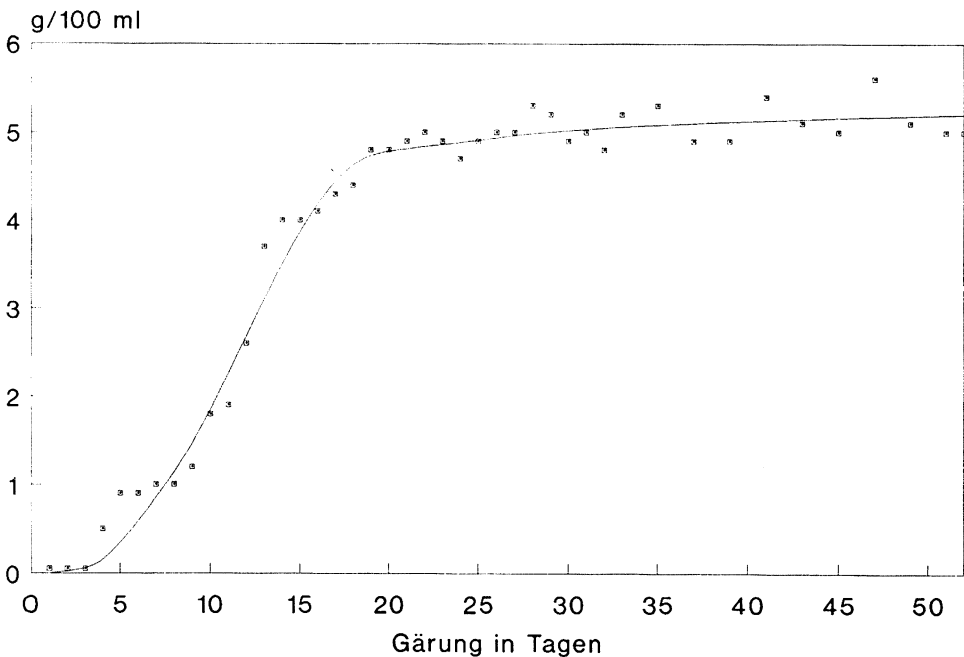


Abb. 1

Äthanolkonzentration Birnenmost

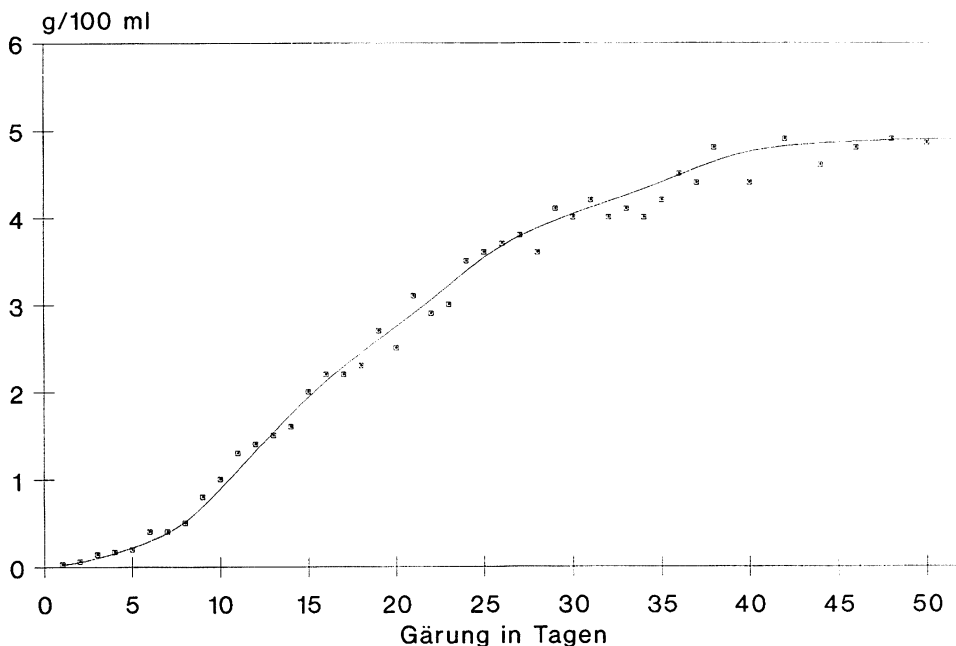


Abb. 2

Bei der Untersuchung von 11 ausgegorenen Mosten aus unterschiedlichen Kellereien fanden sich Ethanolkonzentrationen zwischen 35 und 54 g/l. Die Ansätze unterschieden sich sowohl durch die verwendeten Obstsorten als auch durch die zugrundegelegten „Rezepte“. So war bei 2 Mosten der Alkoholgehalt durch Zusatz von 10 bzw. 20 Prozent Wasser reduziert worden, in einem anderen Fall wurden Zucker und sogenannte „Hefenährsalze“ (Ammoniumsalze) zugesetzt. Der Großteil der Moste wurde jedoch ohne weitere Zusätze belassen. In allen Fällen wurde kalt gepresster Saft verwendet, vergoren wurde mit den im Saft vorhandenen Naturhefen. Die Temperatur in den Mostkellern lag zwischen 13 und 18 Grad Celsius, wobei hier im wesentlichen Einflüsse auf die Gärdauer, nicht jedoch auf die erreichten Ethanolkonzentrationen festzustellen waren. Die untersuchten Moste entstammten einem Jahrgang einer Ortslage; da die Obstqualitäten sowohl regional als auch jahrgangsweise erhebliche Unterschiede aufweisen können, so sind allein hierdurch schon Konzentrationsunterschiede zu erwarten. Berücksichtigt man weiterhin, daß einerseits Wasserzusätze bis zu einem Drittel beschrieben werden (GRÜNER und RENTSCHLER 1976), andererseits die Ausgangsbedingungen z. B. durch Zuckerzusatz und bestimmte Ingredientien verbessert und gelegentlich Reinzuchthefer verwendet werden, so ist mit einer Ausweitung des Streubereichs zu rechnen. Es sei daran erinnert, daß unter optimalen Bedingungen Ethanolkonzentrationen bis 18 Vol. Prozent erreicht werden können (GRÜNER und RENTSCHLER 1976, SCHANDERL 1965, SCHÜTZ 1983).

Trotz dieser denkbaren Extremwerte scheint aufgrund unserer Untersuchungen die Annahme eines Durchschnittswertes in der forensischen Begutachtung von 50 g/l angezeigt. Angaben in

der Literatur, die sich z. T. auf die ALAG-Richtlinien 1956 (Mindestalkoholgehalt 31,5 g/l; GRÜNER und RENTSCHLER 1976, GERCHOW und HEBERLE 1980) beziehen, liegen demnach zu niedrig. Es ist jedoch zu empfehlen, die Herstellungsbedingungen zu erfragen und gegebenenfalls bei Wasserzusatz in Relation nach unten zu korrigieren, hingegen bei Optimierung der Bedingungen (Zuckerzusatz, Reinzuchthefer, Nährsalze) höhere Werte in Betracht zu ziehen. In strittigen Fällen kann, wenn zum fraglichen Zeitpunkt der Most ausgegoren war (in der Regel innerhalb der ersten 6 Wochen), eine Analyse des Getränks auch monatelang nach dem Vorfall Aufschluß über die tatsächliche Alkoholkonzentration geben.

Butanol-1 und Butanol-2 waren während der Gärung in beiden Mosten konstant mit einer Konzentration unter 5 ppm nachzuweisen (Abb. 3 + 4, aus Gründen der Übersichtlichkeit nur n-Butanol dargestellt); dies entspricht der Theorie, daß beide Butanole kein Produkt der Hefen im Rahmen der alkoholischen Gärung darstellen, sondern als bakterielle Stoffwechselprodukte, z. B. bei Sekundärbesiedelung, anzusprechen sind (HIEKE 1972, REINHARD 1978, SUOMALEINEN 1980, HUCKENBECK 1987).

Begleitalkohole Apfelmost

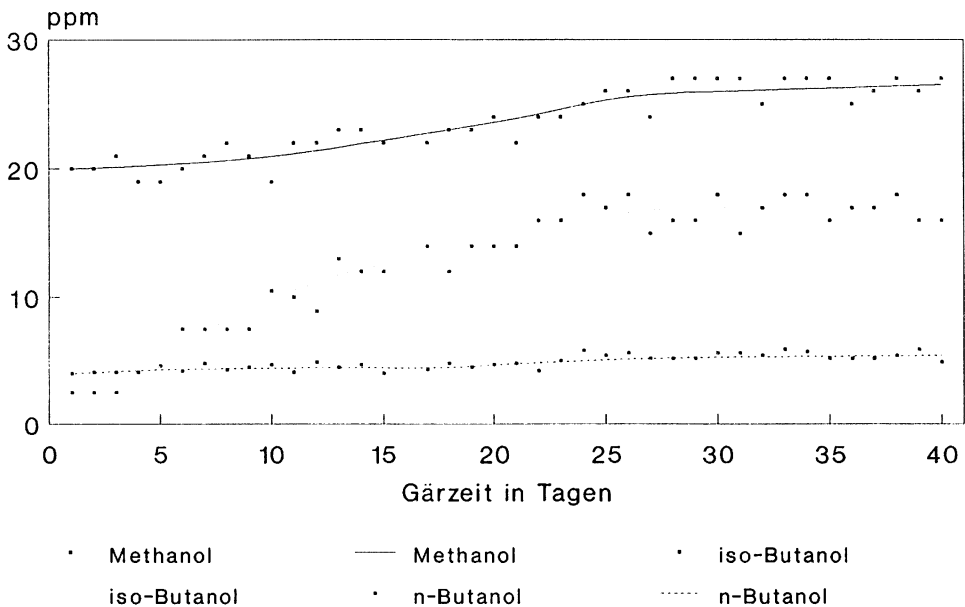


Abb. 3

Methanol, schon im frischgepreßten Saft in Konzentrationen von knapp 10 ppm (Birmenmost) bzw. 20 ppm (Apfelmost) enthalten (vgl. GRÜNER und BILZER 1983, URBAN et al. 1984), stieg während der Gärung nur in geringem Umfang an (Abb. 3 + 4). Auch bei diesem Alkohol handelt es sich nicht um ein Stoffwechselprodukt der Gärungshefen. Methanol entsteht, schon in der Frucht, bei der Methylesterhydrolyse des Pektins, einem vor allem in den Zellwänden lokalisiertem Polysaccharid. Da beim Abpressen des Saftes die festen Bestandteile, damit weitgehend auch die Pektine und die die pektolytischen Enzyme enthaltenden Samen und

Schalen, zurückgehalten werden, ist der nur noch geringe Methanolanstieg erklärbar. Höhere Methankonzentrationen werden bei Maischegärungen beobachtet (v. FELLEBERG 1914, v. LIPPMANN 1920, SCHANDERLS 1965, COLLINS 1970, GRÜNER und BILZER 1983).

Die anderen nachgewiesenen Alkohole hingegen sind echte Gärungsprodukte. Als Precursoren für iso-Butanol und 2,3-Methylbutanole können die auch schon im Obstsaft vorhandenen Aminosäuren Valin, iso-Leucin und Leucin angesehen werden (EHRlich 1906, EHRlich 1907, NEUBAUER et al. 1911, EHRlich 1913, DRAWERT und RAPP 1966, TRESSL und RENNER 1976, OUCHI et al. 1980), obgleich es Hinweise darauf gibt, daß auch andere Aminosäuren, Glucose und Äpfelsäure (DRAWERT und RAPP 1964, DRAWERT et al. 1967, GROSCH 1970, SUOMALEINEN 1980) als Ausgangssubstanzen für die Bildung höherer Alkohole dienen. Propanol wird vor allem während der Gärung im Rahmen der Hefestoffwechselfvorgänge aus alpha-Aminobuttersäure gebildet (KEPNER et al. 1954, GENEVOIS 1961).

Begleitalkohole Birnenmost

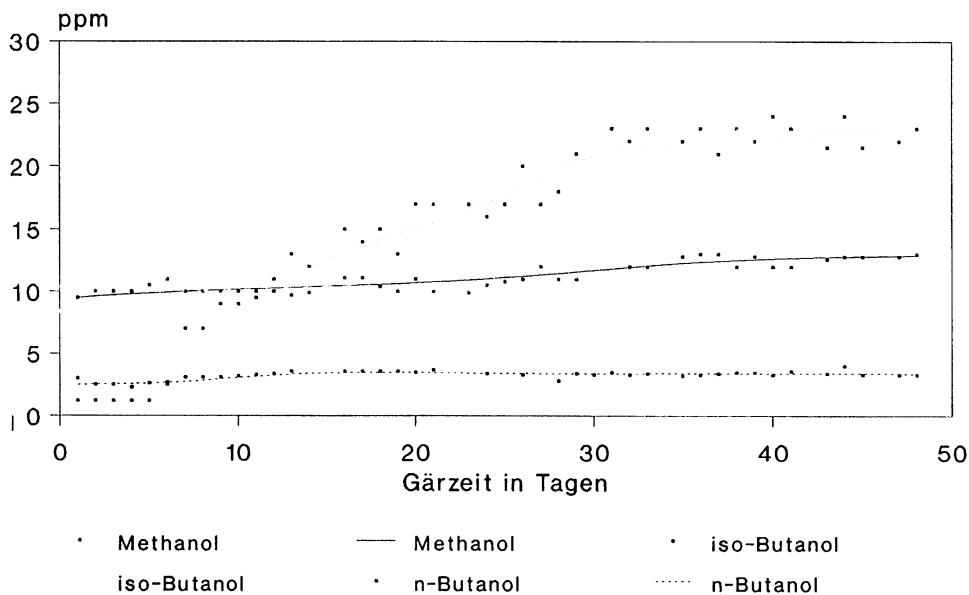


Abb. 4

Iso-Butanol (Abb. 3 + 4), die Gärungsamylalkohole und das schon im Saft in nennenswertem Umfang vorhandene Propanol (Abb. 5 + 6) zeigen analog zum Ethanol nach der Phase des deutlichen Anstiegs mit Erreichen des Gärendes das erwartete Gipfelplateau.

Nach Abschluß der Gärvorgänge wurden die Begleitstoffgehalte von elf Mostproben einer Ortslage, jedoch verschiedener Obstsorten und Kellereien überprüft. Schon bei diesen wenigen Proben ergaben sich große Unterschiede bei allen untersuchten Parametern (Abb. 7). Bei der Propanolkonzentration war eine eindeutige Korrelation zum Birnenanteil zu erkennen (Abb. 8); zu einem entsprechenden Ergebnis kamen Bonte et al. (1978) beim Vergleich von Obstbranntweinen. Die Gärungsamylalkohole hingegen wiesen mit steigenden Apfelanteilen höhere

Begleitalkohole Apfelmost

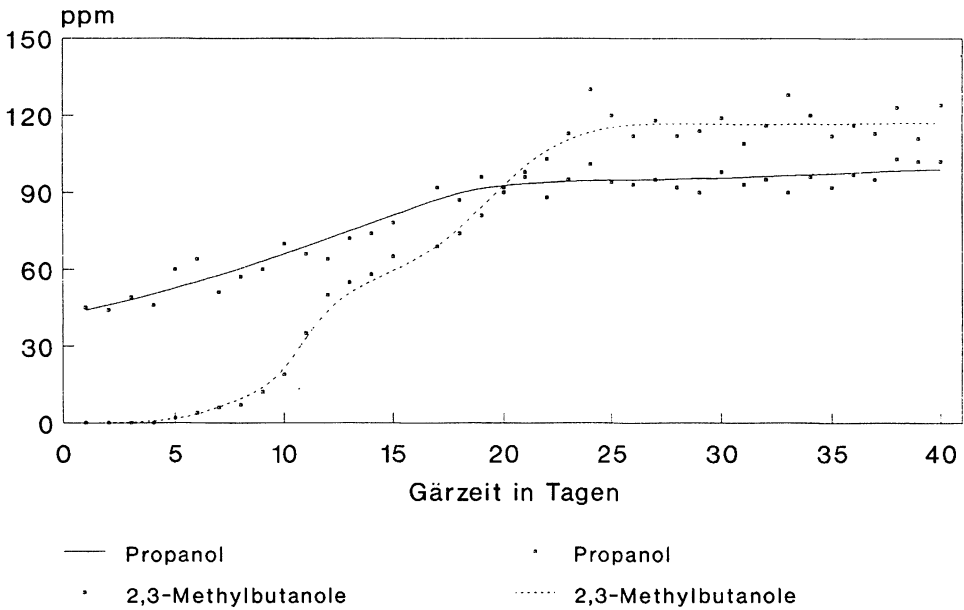


Abb. 5

Begleitalkohole Birnenmost

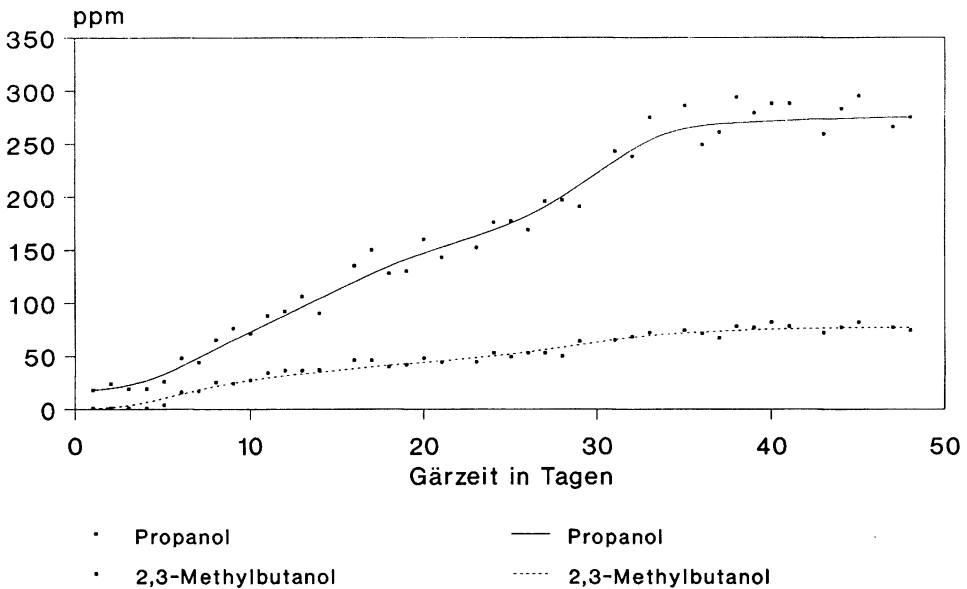


Abb. 6

Begleitalkoholgehalte verschiedener Mostproben

Ethanol	35 – 54 g/l
Methanol	9.2 – 64 ppm
Propanol	48 – 232 ppm
n-Butanol	3.8 – 4.2 ppm
iso-Butanol	10 – 25 ppm
2,3-Methylbutanole	60 – 169 ppm

Abb. 7

Begleitalkoholprofile verschiedener Mostproben

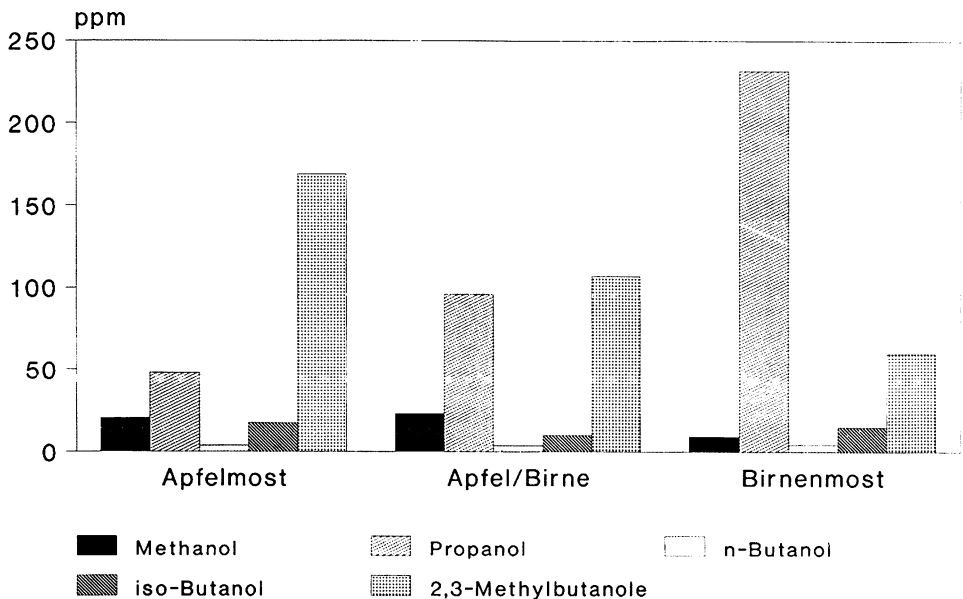


Abb. 8

Konzentrationen auf. Für Methanol, Butanol und iso-Butanol war eine derartige Zuordnung nicht erkennbar.

Berücksichtigt man, daß nur eine Ortslage der Untersuchung zugrundeliegt, so sind für den gesamten Bereich noch wesentlich deutlichere Konzentrationsunterschiede zu erwarten (HEIMANN 1966). Zwar lassen sich trotz der gefundenen Streuung alle hier untersuchten Mostproben hinsichtlich ihrer Begleitalkoholkonzentrationen der von BONTE (1978) beschriebenen Übergruppe „Wein und weinähnliche Getränke“ zuordnen, für die Stellungnahme zu einer forensischen Fragestellung ist jedoch die vorherige Analyse der benötigten Parameter anzuraten.

Zusammenfassung

Untersucht wurden Ethanolgehalt und Begleitstoffgehalt von Proben Schwäbischen Mostes. In zwei Mostansätzen wurden bei täglicher Probennahme die Konzentrationsänderungen während der Gärung beobachtet. In 11 weiteren, ausgegorenen Mosten wurden die Konzentrationen bestimmt und verglichen. Die Gärung war nach gut

5 Wochen weitgehend abgeschlossen, der erreichte Ethanolgehalt lag zwischen 35 und 54 g/l. Hinsichtlich der Begleitstoffe ließen sich die Moste in die Getränkeklasse der weinähnlichen Getränke einordnen, doch zeigten sich so große Streubereiche, daß für den konkreten Fall eine Analyse des betreffenden Getränks anzuraten ist. Nach unseren Untersuchungen ist eine wesentliche Konzentrationsänderung nach Gärende nicht zu erwarten.

Schlüsselwörter

Schwäbischer Most, Ethanol und Begleitsubstanzen – alkoholische Gärung beim schwäbischen Most

Summary

The concentrations of ethanol and congener alcohols in „Schwäbischer Most“ were determined (1) at various stages throughout the fermentation process in two different types of „Most“, and (2) after completed fermentation in eleven different types. The fermentation process was finished after about five weeks with a final ethanol concentration of 35–54 g/l. According to the congener alcohols the different specimens of „Most“ could be classified as beverages like wine. However, the concentrations were found to vary so widely that the analysis of the beverage in question is to be recommended whenever an expert opinion is given. Our studies suggest that the alcohol concentrations do not change significantly, when the fermentation process has been finished.

Keywords

Schwäbischer Most, ethanol and congener alcohols – alcoholic fermentation, „Schwäbischer Most“

Literatur

- Arauner, P.: Weine und Säfte, Liköre und Sekt. Falken, Niedernhausen/Ts. (1985)
- Bonte, W.: Begleitsubstanzen in Wein und weinähnlichen Getränken. Blutalkohol 15, 392–404 (1978)
- Bonte, W.: Begleitstoffe Alkoholischer Getränke. Max Schmidt-Römhild, Lübeck (1987)
- Bonte, W., J. Decker, J. Busse: Begleitsubstanzen hochprozentiger alkoholischer Getränke. Blutalkohol 15, 323–338 (1978)
- Bonte, W., P. Rußmeyer: Zur Frage der Normalverteilung von Begleitstoffen in alkoholischen Getränken. Beitr. gerichtl. Med. 42, 387–394 (1984)
- Buchner, E., J. Meisenheimer: Die chemischen Vorgänge bei der alkoholischen Gärung. Ber. Dtsch. Chem. Ges. 39, 3201–3218 (1906)
- Collins, J. L.: Pectin methyl esterase activity. J. Food. Sci. 35, 1–4 (1970)
- Daldrup, Th.: Biogenesis of congener alcohols. In: Congener alcohols and their medicolegal significance. Proceedings of the international workshop on congeners of alcoholic beverages, 17–26 (1987)
- Drawert, F., A. Rapp: Über Inhaltsstoffe von Mosten und Weinen. IV. Modellgärversuche zur Untersuchung der Fuselölbildung und gaschromatographische Analyse von Fuselölkoholen. Vitis 4, 262 ff. (1964)
- Drawert, F., A. Rapp: Über Inhaltsstoffe von Mosten und Weinen. VII. Gaschromatographische Untersuchung der Aromastoffe des Weines und ihrer Biogenese. Vitis 5, 351–376 (1966)
- Drawert, F., A. Rapp, H. Ullemeyer: Radio-gaschromatographische Untersuchung der Stoffwechselleistungen von Hefen (*Sacchomyces* und *Schizosacchomyces*) in der Bildung von Aromastoffen. Vitis 6, 177–197 (1967)
- Ehrlich, F.: Zur Frage der Fuselölbildung der Hefe. Ber. Dtsch. Chem. Ges. 39, 4072–4074 (1906)
- Ehrlich, F.: Über die Bedingungen der Fuselölbildung und über ihren Zusammenhang mit dem Eiweißaufbau der Hefe. Ber. Dtsch. Chem. Ges. 40, 1027–1047 (1907)
- Ehrlich, F.: Die Gärung des Eiweißes. Z. Angew. Chem. 26, 603–604 (1913)
- v. Fellenberg, T.: Über den Ursprung des Methylalkohols in Trinkbranntweinen. Mitt. Lebensmittelunters. Hyg. 5, 172–179 (1914)
- Genevois, L.: Die Sekundärprodukte der alkoholischen Gärung. Brauwiss. 14, 52–55 (1961)
- Gerchow, J., B. Heberle: Alkohol, Alkoholismus. Neuland, Hamburg (1980)
- Görtges, S., A. Müller: Die Bereitung von Frucht- und Dessertweinen unter besonderer Berücksichtigung der Vergärung mit Trocken-Reinzuchtheffe. Flüssiges Obst 44, 399–408 (1977)
- Grosch, W.: Reaktionswege zur Bildung von Aromastoffen. Umschau 70, 399–407 (1970)
- Grüner, O., N. Bilzer: Zum Methanolgehalt von Fruchtsäften. Seine Bedeutung bei der Begleitstoffanalyse. Blutalkohol 20, 241–252 (1983)
- Grüner, O., E. Rentschler: Manual zur Blutalkohol-Berechnung. Carl Heymanns, Köln, Berlin, Bonn, München (1976)
- Heimann, W.: Zur Biogenese der Aromastoffe des Traubenmostes und des Weines. Münch. Med. Wschr. 36, 1726–1729 (1965)
- Hieke, E.: Zur Kenntnis der flüssigen Inhaltstoffe (Aromastoffe) von Wein und anderen alkoholischen Getränken. Allg. Dtsch. Weinfach-Ztg. 108, 24–29 (1972)

- Hieke, E.: Sekundäre Alkohole in Wein und daraus hergestellten Erzeugnissen. Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem. 29, 38–41 (1975)
- Huckenbeck, W.: Products of Bacterial Fermentation. In: Congener alcohols and their medicolegal significance. Preceedings of the international workshop on congeners of alcoholic beverages, 27–36 (1987)
- Karwowska, K., U. Schobinger, W. Grab: Einfluß der technologischen Vorbehandlung von Apfelsaft auf das Aroma von Apfelwein. Confructa 18, 125–132 (1973)
- Kepner, R. E., J. G. B. Castor, A. D. Webb: Conversion of α -Amino-n-butyric acid to n-Propanol during alcoholic fermentation. Arch. Biochem. Biophys. 51, 88–93 (1954)
- v. Lippmann, E. O.: Über die sog. Methylalkoholgärung. Biochem. Z. 106, 236–244 (1920)
- Machata, G.: Über die gaschromatographische Blutalkoholbestimmung. Blutalkohol 4, 252–260 (1967)
- Neubauer, O., K. Fromherz: Über den Abbau der Aminosäuren bei der Hefegärung. Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem. 70, 326–350 (1911)
- Neumüller, O.-A.: Römpps Chemie-Lexikon. Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart (1985)
- Ouchi, K., Y. Yamamoto, M. Takagishi, H. Akiyama: Regulation of isoamyl alcohol formation via Ehrlich pathway in *Saccharomyces cerevisiae*. J. Ferm. Technol. 58, 301–309 (1980)
- Reinhard, C.: Beitrag zur Untersuchung und Beurteilung von Obstbrandweinen. Dtsch. Lebensmittel-Rundschau 74, 299–301 (1978)
- Schanderl, H., J. Koch, E. Kolb: Fruchtweine. Ulmer, Stuttgart (1965)
- Schanderl, H.: Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Biologie der Weinhefe. Dtsch. Weinz. 90, 62–67 (1954)
- Schreier, P., F. Drawert, W. Mick: Über den Einfluß der Maische-Hocherhitzung auf die Inhaltsstoffe von Apfelsaft. Lebensm.-Wiss. u. Technol. 11, 116–121 (1978)
- Schütz, H.: Alkohol im Blut: Nachweis und Bestimmung, Umwandlung, Berechnung. Chemie, Weinheim (1983)
- Suomaleinen, H., M. Lehtonen: Ursprung des Aromas in alkoholischen Getränken. Nahrung 24, 49–61 (1980)
- Tressl, R., R. Renner: Bildung von Aromastoffen in Lebensmitteln. Dt. Lebensm. Rdsch. 72, 37–44 (1976)
- Urban, R., E. Tutsch-Bauer, M. Schuck, H. D. Tröger: Begleitstoffanalyse nach Genuß von Fruchtsäften mit und ohne Zusatz von Äthylalkohol. Blutalkohol 21, 65–70 (1984)

Anschrift der Verfasser:

Dr. med. Matthias Graw
Institut für Gerichtliche Medizin
Nägelestraße 5
7400 Tübingen 1