

Über die physiologische Bedeutung der Polyphenole und Hopfenbitterstoffe des Bieres

A. Piendl und M. Biendl, Freising-Weihenstephan

Unter dem Begriff Polyphenole werden Substanzen zusammengefaßt, die aus Phenolabkömmlingen aufgebaut sind. Hierzu zählen in erster Linie die Phenolsäuren und die monomeren und oligomeren Flavane. Berücksichtigt man dagegen mehr die Flüchtigkeit, lassen sich die phenolischen Substanzen des Bieres in monomere Monophenole, monomere Polyphenole und polymere Polyphenole unterteilen.

Die Polyphenole sind im deutschen Pilsener Lagerbier in einer Größenordnung von 153 mg/l vorhanden. Sie sind für die chemisch-physikalische Haltbarkeit, die Schaumbildung, die Bittere, den Geschmack, den Geruch und die Alterungsbeständigkeit eines Bieres von grundlegender Bedeutung.

In physiologischer Hinsicht faßt man in jüngster Zeit die Polyphenole, Carotinoide, Phytosterine, Saponine, Glucosinolate, Monoterpene, Phytoöstrogene und Lektine zur Gruppe der „sekundären Pflanzenstoffe“ zusammen. Sie dienen der Pflanze unter anderem als Abwehrstoffe gegen Pflanzenschädlinge, als Wachstumsregulatoren und als Farbstoffe. Da sie vielfältige gesundheitsfördernde Wirkungen ausüben können, verwendet man dafür im amerikanischen Sprachgebrauch auch den Begriff „Phytochemicals“ und im englischen Sprachgebrauch sogar den Begriff „Phyto-protectants“ (Watzl, 1996).

Autoren: Professor Dr. Anton Piendl, Institut für Brauereitechnologie und Mikrobiologie der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan, und Dr. Martin Biendl, Hallertauer Hopfenveredelungsgesellschaft m.b.H., Mainburg

Weitere Details unter: www.brauwelt.de unter „Autoren“ – „Autorenverzeichnis“

In den letzten fünf Jahren sind viele neue Erkenntnisse über die physiologische Bedeutung der phenolischen Substanzen und Hopfenbitterstoffe gewonnen worden – der Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Wissensstand.

■ Hopfenbitterstoffe

Bier ist das einzige alkoholische Getränk, das Hopfen beinhaltet. Das deutsche Pilsener Lagerbier weist im Durchschnitt 33,5 mg Isohumulone pro Liter auf. Daneben gibt es noch eine Reihe von Bitterstoffabkömmlingen, aber auch von Hopfenölen und Hopfenölabkömmlingen, so daß in 1 l Bier bis zu 400 mg Hopfensubstanzen – im weitesten Sinne – vorhanden sein dürften.

Neben der Bedeutung für die Bittere und das Aroma sowie die Schaumbildung tragen die Hopfeninhaltsstoffe dazu bei, daß im Bier keine krankheitserregenden Mikroorganismen wachsen können. Bier wird somit wesentlichen Anforderungen gerecht, die von hygienischer Seite an dieses Lebensmittel gestellt werden. Seit den zwanziger Jahren wurden in zahlreichen Untersuchungen die sedativen, hypnogenen, bakteriostatischen, antibiotischen, tuberkulostatischen, hormonellen und Amarum-Aromaticum-Wirkungen aufgezeigt (Piendl und Schneider, 1981).

■ Neuere Erkenntnisse

Allgemeine Eigenschaften

Die Polyphenole weisen ein breites Spektrum an gesundheitlichen Eigenschaften aus. Es gibt viele Hinweise, daß sie

- antikanzerogen,
- antimikrobiell,
- antioxidativ,
- antithrombotisch,
- immunmodulierend,
- entzündungshemmend,
- blutdrucksteuernd und
- blutglucoseregulierend

wirken (Watzl, 1996).

Viele sekundäre Pflanzenstoffe können bei der Entstehung des Krebses auf fast jeder Stufe zu einer Hemmung führen. Für einige Phenolsäuren wurde in vitro nachgewiesen, daß sie Bindungen mit aktivierten krebsauslösenden Substanzen eingehen sowie die Bindungsstellen für Kanzerogene an der Desoxyribonucleinsäure (DNS) „verdecken“ können, wodurch eine Krebsauslösung infolge Schädigung der DNS gehemmt werden kann. Weiterhin verfügt der Körper über verschiedene Schutzmechanismen, um reaktive Sauerstoffmoleküle und freie Radikale zu inaktivieren. Die Polyphenole sind mengenmäßig die häufigsten und wirksamsten Antioxidanzien in Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft (Ho und Mitarbeiter, 1992, Huang und Mitarbeiter, 1992 und Papas, 1999).

Low-Density-Lipoproteine

In vitro schützte ein Polyphenol-Extrakt (aus Rotwein) bzw. das Flavonoid Quercetin die Low-Density-Lipoprotein-Partikel wirkungsvoller vor Oxidation als eine vergleichbare Menge an Vitamin E (Frankel und Mitarbeiter, 1993). „In vitro studies with phenolic substances in red wine and normal human low-density lipoprotein (LDL) we found that red wine inhibits the copper-catalysed oxidation of LDL. Wine diluted 1000-fold containing 10 µmol total phenolics/liter inhibited LDL oxidation significantly more than alpha-tocopherol. Our findings show that the non-alcoholic components of red wine have potent antioxidant properties toward oxidation of human LDL ... If potent antioxidant phenolic components are routinely ingested by the regular consumption of red wine they may collectively reduce thrombotic phenomena and thereby contribute to the amelioration of atherosclerosis and morbidity and mortality from coronary artery disease.“ (Fortsetzung auf S. 539)

Neuerdings wurde die Schutzwirkung vor Oxidation der Low-Density-Lipoproteine auch durch Bier festgestellt (Vinson und Mitarbeiter, 1999). „The order of antioxidant quality for the beverages was black tea > coffee > prune juice = beer > green tea > orange juice > red wine ...”

Mutagenität

Alkoholische Getränke, insbesondere Bier und deren phenolische Verbindungen, können die mutagenen Wirkungen (= spontane oder künstlich erzeugte Veränderungen im Erbgefüge), ausgelöst durch heterozyklische Amine, hemmen (Arimoto-Kobayashi und Mitarbeiter, 1999). „The possibility that beer and other alcoholic beverages could be antimutagenic against the heterocyclic amines, a group of carcinogens produced on cooking proteinaceous foods, has been explored ... Beer showed inhibitory effects against several heterocyclic amines. Because ethanol itself has no effect at its concentration in beer and because non-volatile components (f.e. phenolic substances) of beer show antimutagenic effects, substances derived from the fermentation processes and/or from the raw materials of beer must be the cause of these antimutagenic effects ... Possibly there are several antimutagenic factors in the various beers, and the efficacy of them for the inhibition of the mutagenicity of individual mutagens may be different ... Because an extract of hops inhibited the mutagenicity of Trp-P-2(NHOH), the antimutagenic components in beer may be of plant origin ... Because of the widespread consumption of beer in human populations, its potential protective effects against mutagens are worthy of further studies.”

Karies

Hopfenpolyphenole können die Entstehung von Zahnkaries hinauszögern (Tagashira und Mitarbeiter, 1997). „The in-

hibitory effect of hop bract polyphenols (= HBP) on cariogenic streptococci was investigated. It was found that the high molecular weight polyphenol (estimated about 36,000 – 40,000) inhibited the cellular adherence of *Streptococcus mutans* ... and *Streptococcus sobrinus* ... at much smaller concentrations than the polyphenols extracted from oolong tea or green tea leaves. Furthermore, HBP also inhibited the action of glucan synthesis, but did not suppress the growth and the acid production of the bacteria. These results suggest that HBP would be a candidate to act against dental caries caused by Mutans Streptococci ... Although hop bract parts had been thought to be useless, they might yield a new candidate for drugs or food materials against dental caries.”

Krebs

Verschiedene Flavonoide des Hopfens können die Vermehrung von menschlichen Krebszellen hemmen (Miranda und Mitarbeiter, 1999). „Six flavonoids from hops (*Humulus lupulus*) were tested for their antiproliferative activity in human breast cancer, colon cancer and ovarian cancer cells in vitro. Xanthohumol, dehydroxanthohumol and isoxanthohumol caused a dose-dependent (0.1 to 100 µM) decrease in growth of all cancer cells. Xanthohumol and isoxanthohumol may have potential chemopreventive activity against breast and ovarian cancer in humans.”

Botulismus

Hopfenextrakt kann eine Erkrankung an Botulismus zurückdrängen (Johnson und Haas, 1999). Botulismus ist eine Vergiftung, meist in Form einer Lebensmittelvergiftung, die durch Toxine von *Clostridium botulinum* ausgelöst wird. Es wurde ein Patent angemeldet für „the use of hop extracts containing beta-acids as antibacterial addi-

tives in various foods and beverages against two highly dangerous food-borne pathogenic bacteria, *Clostridium botulinum* ... and its close relative *Clostridium difficile*”.

Pilzwachstum

Bestandteile der Hartharze des Hopfens, aber auch Humulon und Lupulon, können das Wachstum verschiedener Pilze (wie z.B. von *Trichophyton*, *Candida*, *Fusarium*, *Staphylococcus* und *Escherichia coli*) hemmen (Mizobuchi und Sato, 1985 a und 1985 b). „6-isopentenylnaringenin, xanthohumol and isoxanthohumol from hard resins of hops (*Humulus lupulus* L.) were found to have antifungal activities” ... „Humulone, lupulone and related compounds were found to have antifungal activities.”

Ohrentzündungen

Humulon kann Entzündungen des Ohres (von Mäusen) hemmen (Yasukawa und Mitarbeiter, 1993). „The methanol extract of hop ... markedly inhibited the inflammatory activity induced by TPA (= 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate) in mice. Inhibitors of TPA-induced inflammation seem to be roughly in parallel with their inhibitory activities of tumor promotion. Since flavonoids, tannins and triterpenoids are widely distributed in the plant kingdom in fruits and vegetables, it is important to determine their potential as antitumor-promoting food additives ... The 50% inhibitory dose of humulone for TPA-induced inflammation was 0.2 mg/ear.”

Antioxidanzien

Humulon und Lupulon weisen ein hohes antioxidatives Potential auf (Tagashira und Mitarbeiter, 1995). „Hop bitter acids, humulones and lupulones, were shown to have potent radical scavenging activity (= RSA) and lipid peroxidation inhibitory

activity (= LIA). Furthermore 5-acetyl lupulones and 4-methyl lupulones had more potent LIA than native lupulones but no RSA ... The RSA of humulone and lupulone are nearly equivalent to those of two natural antioxidants, alpha-tocopherol and ascorbic acid. As for LIA, humulone and lupulone are superior to natural antioxidants by about 10 to 100 times ... These results suggest two important facts. One is that hop bitter acids have potent antioxidative activity in vitro and the other is that chemical modification of lupulone can distinguish between the two kinds of antioxidative activity (RSA and LIA)."

Hautkrebs

Humulon kann das Wachstum von Hauttumoren bei Mäusen hemmen (Yasukawa und Mitarbeiter, 1995). „Humulon, one of the bitters in the hop, was isolated from the female flowers of *Humulus lupulus*. This component has inhibitory activity against 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate (TPA)-induced inflammation. At 1 mg/mouse, humulon inhibited markedly the tumor-promoting effect of TPA on skin tumor formation. Furthermore, humulon inhibited arachidonic acid-induced inflammatory ear edema in mice."

Leukämie

Humulon kann das Wachstum von Leukämiezellen hemmen (Honma und Mitarbeiter, 1998). „In this study we examined the effect of humulone on the differentiation of human myelogenous leukemia cells. Humulone alone inhibited the growth of monoblastic leukemia U 937 cells ... Humulone effectively enhanced the differentiation-inducing action of VD₃, the active form of vitamin D ... The combination of humulone and VD₃ may be useful in differentiation therapy of myelomonocytic leukemia."

Zwölffingerdarm-Entzündung

Lupulon kann das Wachstum von *Helicobacter pylori* hemmen, einem Mikroorganismus, der für Zwölffingerdarmgeschwüre und Magenkrebs verantwortlich ist (Ohsugi und Mitarbeiter, 1997). „Twenty-seven natural medicines, which have been traditionally used in China, Indonesia, Vietnam or Japan, were examined for in vitro antibacterial activity against *Helicobacter pylori*. Among these, hop ... significantly inhibited the growth of *Helicobacter pylori* ... Lupulone is the active constituent of hop against *Helicobacter pylori*, as lupulone showed very strong antibacterial activity against three clinically isolated strains including an erythromycin resistant strain, as well as two standard strains of *Helicobacter pylori*."

Osteoporose

Xanthohumol, vor allem aber Humulon, können die Knochenresorption des Menschen hemmen und damit dem Einsetzen der Osteoporose (= Knochenbrüchigkeit) entgegenwirken (Tobe und Mitarbeiter, 1997). „We searched hop extract for active compound(s) that inhibited bone resorption, and isolated xanthohumol and humulone as active ingredients. Especially humulone had extraordinary strong inhibitory activity ... We think that xanthohumol and humulone may be candidates for the therapeutic drugs for osteoporosis."

Cytochrom P-450-Enzyme

Xanthohumol und einige verwandte Prenylflavonoide können Enzyme des Cytochrom P450-Typs hemmen, die Prokarzinogene in kanzerogene Verbindungen umwandeln (Stevens und Mitarbeiter, 1998). „The findings suggest that xanthohumol and some other related prenylflavonoids from hops could be effective as new cancer chemopreventive agents by blocking the cytochrome P450-mediated activation of procarcinogens and by inducing the carcinogen-detoxifying enzyme, quinone reductase."

Arteriosklerose

Xanthohumol und Xanthohumol B können sehr stark das Enzym Diacylglycerolacyltransferase (in Rattenlebermikrosomen) hemmen, das Diacylglycerol in Triacylglycerol umwandelt, und damit der Arteriosklerose entgegenwirken (Tabata und Mitarbeiter, 1997). „Too much accumulation of triacylglycerol in certain organs and tissues of the body causes high risk conditions of fatty liver, obesity, and hypertriglyceridemia, leading to serious diseases of atherosclerosis, diabetes, metabolic disorders and functional depression of some organs."

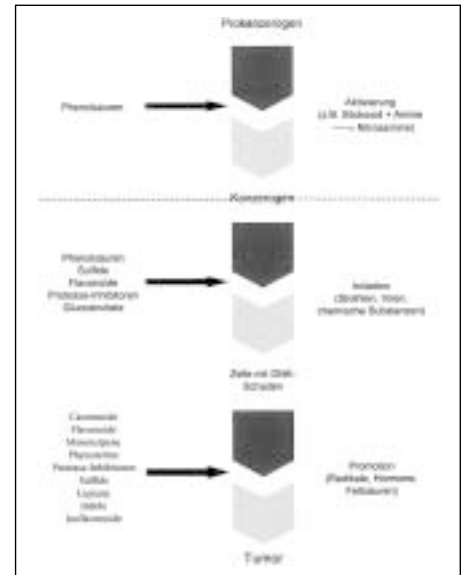
Biendl (1999 a und b) stellte in einer Übersichtsarbeit die biochemischen und antikanzerogenen Eigenschaften der Polyphenole und Hopfeninhaltsstoffe dar. Er betonte dabei ausdrücklich, daß sich die meisten Studien noch in der Anfangsphase befinden. Ob die Wirkungen, die zumeist bei Versuchen mit isolierten Zellen (in vitro) erhalten wurden, entsprechend auch im menschlichen Organismus zum Tragen kommen, ist vielfach noch offen.

Mechanismen der Krebsentstehung und Krebsverhütung (Watzl und Leitzmann, 1999)

Die Krebsentstehung ist ein vielschichtiger Vorgang, der in mindestens drei Stufen abläuft, so

- der Initiation,
- der Promotion und
- der Progression.

Diese Einteilung entspricht zwar nicht mehr dem aktuellsten Wissensstand, bietet aber den Vorteil, die Einflußmöglichkeiten der sekundären Pflanzenstoffe relativ einfach zu erklären (Abbildung).



Einflußmöglichkeiten der sekundären Pflanzenstoffe auf die Hemmung der Krebsentstehung (nach Caragay, 1992 und Wattenberg, 1993; graphische Darstellung nach Watzl und Leitzmann, 1999)

Initiatoren der Krebsentstehung sind unter anderem Strahlen, Viren oder chemische Substanzen wie z.B. Nitrosamine, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und heterozyklische Amine. Promotoren sind nicht-genotoxische Substanzen wie z.B. Radikale, die die Krebsbildung steigern können. Sie bewirken, daß Zellen mit einer veränderten Desoxyribonukleinsäure ihre genetischen Informationen vermehrt weitergeben und schließlich zu einem Tumor führen.

Als Antikanzerogene und Antipromotoren wirken neben verschiedenen Nährstoffen wie den antioxidativen Vitaminen vor allem bestimmte sekundäre Pflanzenstoffe. Sie greifen in die verschiedenen Stufen der Krebsentwicklung ein.

- Zum einen können sie die Aktivierung von krebsartigen Vorstufen zu echten kanzerogenen Verbindungen hemmen;
- zum anderen können sie die Initiation, also die Auslösung, der Krebsentstehung hemmen;
- schließlich können sie die Promotion, also die Förderung des Krebswachstums, hemmen und

□ endlich eventuell auch die Progression, also das Tumorwachstum und/oder die Metastasenbildung, hemmen.

Eine wirksame Krebsvorbeugung besteht unter anderem darin, schützende Verbindungen in Lebensmitteln zu identifizieren und solche Lebensmittel vermehrt zu verzehren. Gleichzeitig muß der Konsum von Lebensmitteln eingeschränkt werden, die Initiatoren und Promotoren enthalten (Watzl und Leitzmann, 1999)

Polyphenole des Bieres

Es ist gängige Lehrmeinung, im Bier einen niedrigen Polyphenolgehalt (zusammen mit verschiedenen Eiweißbausteinen) anzustreben, um eine lange physikalisch-chemische Haltbarkeit dieses Lebensmittels zu erreichen. Soll diese Vorstellung weiterhin aufrechterhalten werden (Piendl, 1998 a und b)?

Gromus und Lustig (1999) zeigten in einer jüngsten Untersuchung, daß durch die Auswahl von Rohstoffen und die Anwendung bestimmter Brauverfahren Biere mit sehr großen Unterschieden im Gehalt an Polyphenolen und reduzierenden Substanzen hergestellt werden können. Ein hoher Polyphenolgehalt muß nicht unbedingt mit einer verschlechterten kolloidalen Stabilität einhergehen.

Moderne HPLC-Methoden erleichtern die Auswahl geeigneter Rohstoffe, wie z.B. frischen Aromahopfen aus gemäßigten Anbauzonen. Mittlere und kurze Kochzeiten der Würzen sind langen vorzuziehen. So leiden weder die Farbe noch die Schaumhaltbarkeit der Biere, die Reduktionskraft steigt an, der Geschmack und die Geschmacksstabilität lassen sich positiv beeinflussen. Für Brauereitechnologen, die eine „Polyphenolphilosophie“ entwickeln wollen, gibt es ausreichende Möglichkeiten einer solchen Realisierung (Forster und Mitarbeiter, 1999).

Wilson und Mitarbeiter (1998) zeigten auf, daß Xanthohumol, Isoxanthohumol, Isoad- und Isoprähumolon die Schaumhaltbarkeit des Bieres nachhaltig verbessern können.

Kammhuber und Mitarbeiter (1998) untersuchten Hopfensorten und Zuchtstämme auf Xanthohumol. Überraschend hoch – mit 0,2 bis 1,0 Gewichtsprozenten – war der Xanthohumol-Gehalt des Hopfens, wobei die Sorte „Hallertauer Taurus“ den höchsten Wert erreichte. Bei der Verarbeitung von Hopfendolden zu Pellets bleibt Xanthohumol erhalten. Bei Extrakten gibt es eine deutliche Differenzierung zwischen Ethanol- und Kohlendioxid-Extrakten. Die Wiederfindungsrate von Xanthohumol in Ethanol-

Tabelle 1 Gesamt-Polyphenole, Bitterstoffe und Isoxanthohumol in deutschen Bieren

	Duckstein	Gentner Fränkisch Dunkel	Bitburger Premium Pils	Märkischer Landmann	Hoepfner Porter
Stammwürze (g/100 g)	11,6	13,3	11,6	12,5	15,8
Alkohol (ml/100 ml)	5,12	5,56	4,89	5,05	5,77
Extrakt wirklich (g/100 g)	3,77	4,98	4,12	4,89	7,32
Vergärungsgrad, scheinbar (V _s , GV %)	83,6	78,3	80,0	76,3	67,6
Farbe (EBC)	29	49	6,3	113	92
Gesamt-Polyphenole (EBC) (mg/l)	212	252	195	248	344
Bitterstoffe (EBC) (mg/l)	26,5	25,0	32,0	22,0	38,5
Isoxanthohumol (mg/l)	1,7	2,1	2,1	1,3	1,9

nolextrakten liegt bei fast 100%, in Kohlendioxid-Extrakten sind jedoch nur noch Spuren enthalten (Forster und Köberlein, 1998 und Kammhuber und Mitarbeiter, 1998).

Stevens und Mitarbeiter (1999 a und b) und Forster und Köberlein (1998) untersuchten das Verhalten von Xanthohumol bei der Bierherstellung. Bei der Würzekochung entsteht aus Xanthohumol in einer Ausbeute von ca. 70% Isoxanthohumol. Etwa 40% des Isoxanthohumols werden durch den Trub und die Hefe ausgeschieden, so daß letztendlich etwa 30% des mit dem Hopfen eingebrachten Xanthohumols als Isoxanthohumol im fertigen Bier nachweisbar sind. Der höchste in einem amerikanischen Bier bislang nachgewiesene Isoxanthohumolwert war 3,4 mg/l (ein „Strong Ale“ einer amerikanischen Mikrobrauerei). Ein in die USA eingeführtes Stout wies 2,1 mg/l auf und ein Pilsner Lagerbier 1,1 mg/l.

Untersuchung eines Biersortiments auf Polyphenole, Bitterstoffe und Isoxanthohumol

Aus einem größeren nationalen und internationalen Biersortiment (1000 Marken) wurden einige Biere ausgewählt, die einen hohen Polyphenol- und

Bitterstoffgehalt aufwiesen und diese auf Isoxanthohumol untersucht.

Stammwürze, Alkohol und Extrakt wurden mittels eines Skabagerätes erfaßt, Farbe, Gesamt-Polyphenole und Bitterstoffe nach EBC. Die Isoxanthohumol-Analytik war wie folgt:

□ **Lösungsmittel und Chemikalien:**

- Alle Lösungsmittel gem. Methode EBC 7.8.
- Festphasensäulchen Bakerbond spe Octadecyl (C₁₈), 6 ml (1000 mg), Best-Nr.: 7020-07.
- Vakubox Baker spe-12G.

□ *Probenvorbereitung:*

Entgasen der Probe durch 20maliges Umschütten von einem Becherglas in ein anderes und anschließendes Stehenlassen über Nacht.

- 200 ml entgastes Bier im Becherglas mit 400 ml 85% o-Phosphorsäure versetzen.

□ Durchführung der Festphasenextraktion:

- Festphasensäulchen an der Vakubox anbringen und ein Vakuum von 400 mbar einstellen.

- 20 ml Methanol durchsaugen.
- 10 ml Lösung A (0,2 ml o-Phosphorsäure in 50 ml Wasser und 50 ml Methanol) durchsaugen.

- Säulchen nicht trockenwerden lassen!

- Sofort 50 ml entgastes, angesäuertes Bier durchsaugen.

- Säulchen während 120 Sekunden trocknen (Luft durchsaugen).

- 10 ml Lösung B (0,2 ml o-Phosphorsäure in 100 ml Wasser) durchsaugen.

- Säulchen 120 Sekunden trocknen (Luft durchsaugen).

- 10 ml Lösung C (0,1 ml o-Phosphorsäure in 90 ml Methanol und 10 ml Wasser) durchsaugen. Eluat in einem 5 ml Meßkolben auffangen und mit Lösung C auf 10 ml auffüllen. Intensiv mischen. Dies ist die Lösung für die HPLC-Bestimmung.

□ HPLC-Bestimmung

- HPLC-Analyse gem. Methode EBC 7.8 (einziger Unterschied: Detektionswellenlänge 290 nm anstelle von 270 nm in der Originalmethode).

- Externer Kalibrierstandard: Isoxanthohumol (Reinheit > 95% mit DAD-HPLC), bezogen von Phytochem Referenzsubstanzen GbRmbH, 89335 Ichenhausen.

Der Gehalt der Biere an Polyphenolen, Bitterstoffen und Isoxanthohumol schwankt in großem Rahmen (Tabellen). Nach den - wenigen - vorliegenden Ergebnissen kann der Isoxanthohumolgehalt aus keinem konventionellen Merkmal des Bieres abgeleitet werden. Weitere Untersuchungen sind dringend erforderlich.

Tabelle 2 (Fortsetzung von Tabelle 1)

	Mahr's Bräu, ungespundet - hefefetrib	Uerige Dat leckere Dröpke	Uerige Sticke	Aecht Schlenkerla Rauchbier Märzen	Aecht Schlenkerla Rauchbier Urbock
Stammwürze (g/100 g)	12,0	11,5	14,5	13,4	17,1
Alkohol (ml/100 ml)	5,21	5,05	6,53	4,95	6,64
Extrakt wirklich (g/100 g)	4,09	3,81	4,71	5,99	7,37
Vergärungsgrad, scheinbar (V _s , GV %)	82,2	83,3	84,2	69,2	71,4
Farbe (EBC)	15	30	36	53	73
Gesamt-Polyphenole (EBC) (mg/l)	204	279	326	226	232
Bitterstoffe (EBC) (mg/l)	42,5	51,5	50,5	33,5	37,0
Isoxanthohumol (mg/l)	2,6	2,5	2,5	2,0	2,7

Tabelle 3 Gesamt-Polyphenole, Bitterstoffe und Isoxanthohumol in internationalen Bieren

	Guinness Draught Stout (IRL)	Guinness Extra Stout (IRL)	Guinness Traditional Brewed Stout (IRL)	Guinness Foreign Extra Stout (IRL)	Guinness Special Export Stout (IRL)
Stammwürze (g/100 g)	10,2	10,1	11,8	17,5	17,9
Alkohol (ml/100 ml)	4,39	4,32	5,25	7,78	7,94
Extrakt wirklich (g/100 g)	3,41	3,47	3,79	6,04	6,14
Vergärungsgrad, scheinbar (V _s , GV %)	82,7	81,8	84,4	82,7	82,9
Farbe (EBC)	147	148	157	175	168
Gesamt-Polyphenole (EBC) (mg/l)	247	273	265	446	402
Bitterstoffe (EBC) (mg/l)	34,0	36,5	38,5	60,0	38,0
Isoxanthohumol (mg/l)	1,6	1,8	1,7	2,4	1,9

Tabelle 4 (Fortsetzung von Tabelle 3)

	Beamish Genuine Stout (IRL)	Murphy's Irish Stout (IRL)	Tennent's Stout (UK)	Imperial Russian Stout (UK)	Coopers Best Extra Stout (AUS)
Stammwürze (g/100 g)	10,6	9,2	15,5	24,5	14,9
Alkohol (ml/100 ml)	4,41	3,79	6,62	10,84	7,05
Extrakt wirklich (g/100 g)	3,82	3,31	5,72	9,40	4,34
Vergärungsgrad, scheinbar (V _s , GV %)	79,7	79,6	78,8	78,9	88,0
Farbe (EBC)	169	152	173	197	110
Gesamt-Polyphenole (EBC) (mg/l)	240	242	302	354	384
Bitterstoffe (EBC) (mg/l)	36,0	28,0	39,5	33,0	26,5
Isoxanthohumol (mg/l)	2,5	1,0	2,0	2,4	1,2

■ Zusammenfassung

- Es wird über neue Erkenntnisse der physiologischen Bedeutung der Polyphenole und Hopfenbitterstoffe des Bieres berichtet.
- Polyphenole können die Oxidation der Low-Density-Lipoproteine hemmen.
- Sekundäre Pflanzenstoffe, zu denen auch die Polyphenole und Hopfenbitterstoffe des Bieres zählen, können der Entstehung und dem Wachstum des Krebses auf allen Stufen entgegenwirken.
- Deutsche und internationale unter- und obergärige Biere unterscheiden sich im Gehalt an Polyphenolen, Bitterstoffen und Isoxanthohumol in großem Maße.
- Weitere Untersuchungen über das Verhalten des Isoxanthohumols bei der Bierherstellung sind erforderlich.

■ Literatur

- Arimoto-Kobayashi, S., Sugiyama, C., Harada, N., Takeuchi, M., Takemura, M. und Hayatsu, H.: „Inhibitory effects of beer and other alcoholic beverages on mutagenesis and DNA adduct formation induced by several carcinogens“, Journal Agricultural Food Chemistry 47, S. 221 - 230, 1999.
- Biendl, M.: „Anticancerogene Aktivität - ein neuer Aspekt bei Hopfeninhaltsstoffen“, Brauindustrie 84, S. 502 - 504, 506 - 507, 1999 a.

Tabelle 5 (Fortsetzung von Tabelle 3)

	Dark Horse Porter (UK)	Neame Original Porter (UK)	Neame Bishops Finger (UK)	Young's Old Nick (UK)	Farsons Strong Ale (GBY)
Stammwürze (g/100 g)	12,9	12,4	12,9	18,6	15,0
Alkohol (ml/100 ml)	5,01	5,25	5,72	6,33	6,27
Extrakt wirklich (g/100 g)	5,32	4,41	4,27	9,48	5,64
Vergärungsgrad, scheinbar (V _s , GV %)	73,6	80,3	83,4	62,4	78,2
Farbe (EBC)	175	95	41	90	34
Gesamt-Polyphenole (EBC) (mg/l)	280	225	202	415	244
Bitterstoffe (EBC) (mg/l)	33,0	28,5	33,5	37,5	40,0
Isoxanthohumul (mg/l)	1,7	1,5	1,3	1,8	1,1

- Biendl, M.: „Aktuelle Entwicklungen in der Hopfenforschung“, Hopfenrundschaу International 1999 b, S. 60 – 67.
- Forster, A., und Köberlein, A.: „Der Verbleib von Xanthohumul aus Hopfen während der Bierbereitung“, Brauwelt **138**, S. 1677 – 1679, 1998.
- Forster, A., Beck, B., und Schmidt, R.: „Hopfenpolyphenole – mehr als nur Trübungsbildner in Bier“, Hopfenrundschaу International 1999, S. 68 – 74.
- Frankel, E.N., Kanner, J., German, J.B., Parks, E., und Kinsella, J.E.: „Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine“. Lancet 341, S. 454 – 457, 1993.
- Gromus, J., und Lustig, S.: „Einfluß von Polyphenolen und reduzierenden Verbindungen auf die Bierqualität und ihr Verhalten im Brauprozess“, Brauwelt **139**, S. 2028, 2030 – 2034, 1999.

- Ho, C.-T., Lee, C.Y., und Huang, M.-T.: (Herausgeber) „Phenolic compounds in food and their effect on health. I: Analysis, occurrence, and chemistry“, American Chemical Society, Washington, DC, 1992, S. 338.
- Honma, Y., Tobe, H., Makishima, M., Yokoyama, A., und Okabe-Kade, J.: „Induction of differentiation of myelogenous leukemia cells by humulone, a bitter in the hop“, Leukemia Research 22, S. 605 – 610, 1998.
- Huang, M.-T., Ho, C.-T., und Lee, C.Y.: (Herausgeber) „Phenolic compounds in food and their effects on health. II: Anti-

oxidants and cancer prevention“, American Chemical Society, Washington, DC, 1992, S. 402.

- Johnson, E.A., und Haas, G.J.: „Use of hop extract against botulism“, British Patent Application GB 2330076 A; via Brewing Research International Monthly Industry Review, July 1999, S. 32.
- Kamhuber, K., Zeidler, C., Seigner, E., und Engelhard, B.: „Stand der Erkenntnisse zum Hopfeninhaltsstoff Xanthohumul“, Brauwelt **138**, S. 1633 – 1636, 1998.
- Miranda, C.L., Stevens, J.F., Helmrich, A., Henderson, M.C., Rodriguez, R.J., Yang, Y.-H., Deinzer, M.L., Barnes, D.W., und Buhler, D.R.: „Antiproliferative and cytotoxic effects of prenylated flavonoids from hops (*Humulus lupulus*) in human cancer cell lines“, Food Chemical Toxicology 37, S. 271 – 285, 1999.
- Mizobuchi, S., und Sato, Y.: „A new flavanone with antifungal activity isolated from hops“, Report Research Laboratories Kirin Brewery Nr. 28, S. 33 – 38, 1985 a.
- Mizobuchi, S., und Sato, Y.: „Antifungal activity of hop bitter resins and related compounds“, Report Research Laboratories Kirin Brewery Nr. 28, S. 39 – 44, 1985 b.
- Ohsugi, M., Basnet, P., Kadota, S., Ishii, E., Tamura, T., Okumura, Y., und Namba, T.: „Antibacterial activity of traditional medicines and an active constituent lupulone from *Humulus lupulus* against *Helicobacter pylori*“, Journal Traditional Medicine 14, S. 186 – 191, 1997.

- Papas, A. M.: (Herausgeber) „Antioxidant status, diet, nutrition, and health“, CRC Press, Boca Raton, FL, 1999, S. 650.
- Piendl, A., und Schneider, G.: „Über die physiologischen Eigenschaften des Hopfens. Ein Überblick“, Brauwelt 121, S. 600, 602, 604, 606 – 608, 724, 726 – 728, 730 – 732, 734, 1981.
- Piendl, A.: „Tempora mutantur‘ oder von der – physiologischen – Wertschätzung der Polyphenole“, Doemensianer 38, S. 202, 1998 a.
- Piendl, A.: „Ein Bier mit Zukunft?“ in „Unser Bier – ein Lebenselixier“, Carl, Nürnberg, 1998 b, S. 44 – 45.
- Stevens, J. F., Miranda, C. L., Buhler, D. R., Deinzer, M. L.: „Chemistry and biology of hop flavonoids“, Journal American Society Brewing Chemists 56, S. 136 – 145, 1998.
- Stevens, J. F., Taylor, A. W., Clawson, J. E., und Deinzer, M. L.: „Fate of xanthohumol and related prenylflavonoids from hops to beer“, Journal Agricultural Food Chemistry 47, S. 2421 – 2428, 1999 a.
- Stevens, J. J., Taylor, A. W., und Deinzer, M. L.: „Quantitative analysis of xanthohumol and related prenylflavonoids in hops and beer by liquid chromatography-tandem mass spectrometry“, Journal Chromatography A 832, S. 97 – 107, 1999 b.
- Tabata, N., Ito, M., Tomoda, H., und Omura, S.: „Xanthohumols, diacylglycerol acyltransferase inhibitors, from Humulus lupulus“, Phytochemistry 46, S. 683 – 687, 1997.
- Tagashira, T., Watanabe, M., und Uemitsu, N.: „Antioxidative activity of hop bitter acids and their analogues“, Bioscience, Biotechnology, Biochemistry 59, S. 740 – 742, 1995.
- Tagashira, M., Uchiyama, K., Yoshimura, T., Shirota, M., und Uemitsu, N.: „Inhibition by hop bract polyphenols of cellular adherence and water – insoluble glucan synthesis of Mutans Streptococci“, Bioscience, Biotechnology, Biochemistry 61, S. 332 – 335, 1997.
- Tobe, H., Muraki, Y., Kitamura, K., Komiya, O., Sato, Y., Sugioka, T., Maruyama, H. B., Matsuda, E., und Nagai, M.: „Bone resorption inhibitors from hop extract“, Bioscience, Biotechnology, Biochemistry 61, S. 158 – 159, 1997.
- Vinson, J. A., Jang, J., Yang, J., Dabbagh, Y., Liang, X., Serry, M., Proch, J., und Cai, S.: „Vitamins and especially flavonoids in common beverages are powerful in vitro antioxidants which enrich lower density lipoproteins and increase their oxidative resistance after ex vivo spiking in human plasma“, Journal Agricultural Food Chemistry 47, S. 2502 – 2504, 1999.
- Watzl, B.: „Gesundheitliche Bedeutung sekundärer Pflanzenstoffe“, in „Ernährungsbericht 1996“, Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Frankfurt am Main, 1996, S. 217 – 232.
- Watzl, B., und Leitzmann, C.: „Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln“, Hippokrates Verlag, Stuttgart, 1999, S. 254.
- Wilson, R. J. H., Roberts, T. R., Smith, R. J., Bradley, L. L., und Moir, M.: „The inherent foam stabilising and lacing properties of some minor, hop-derived constituents of beer“, European Brewery Convention, Monograph 27: Symposium „Beer Foam Quality“, Amsterdam, 1998, S. 188 – 207.
- Yasukawa, K., Yamaguchi, A., Arita, J., Sakurai, S., Ikeda, A., und Takido, M.: „Inhibitory effect of edible plant extracts on 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate-induced ear oedema in mice“, Phytotherapy Research 7, S. 185 – 189, 1993.
- Yasukawa, K., Takeuchi, M., und Takido, M.: „Humulon, a bitter in the hop, inhibits tumor promotion by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate in two-stage carcinogens in mouse skin“, Oncology 52, S. 156 – 158, 1995. ■

Der richtige Platz für Ihre Werbung:

BRAUWELT 16/17 am 20. April 2000
Anzeigenschluß: 11. April 2000

Geplante Themen:

- *Sensorische Methoden zur kostengünstigen Sicherung des Markterfolges*
- *Neue Anlagen im Blickpunkt: Brauerei Ganter GmbH & Co. KG, Freiburg (Br.): Einführung von Softdrink-Kegs*
- *Qualitätssicherung der Hansebiere im 13. bis 16. Jahrhundert*

Wir beraten Sie gerne über Ihre optimale Platzierung!

Ihr direkter Draht zur BRAUWELT:

Anzeigenleitung

Tel.: 09 11/9 52 85-34

Anzeigenverkaufsleitung

Tel.: 09 11/9 52 85-40

Anzeigenverkauf

Tel. 09 11/9 52 85-52

Stellen- Gelegenheits- und Bezugsquellenanzeigen

Tel.: 09 11/9 52 85-36

Fax: 09 11/9 52 85-48

FACHVERLAG HANS CARL

*Andernacher Str. 33a
 90411 Nürnberg*

Tel.: 09 11/9 52 85-0

e-mail: info@hanscarl.com

Internet: http://www.hanscarl.com