Alus dzērienu sensorais novērtējums Sensory Evaluation of Beer Drinks

Ingmars Cinkmanis^{1*}, Evita Straumite², Ilze Čakste¹

¹LLU Ķīmijas katedra

¹Department of Chemistry, LLU, Liela iela 2, Jelgava LV-3001, Latvia

²LLU Pārtikas tehnoloģijas katedra

²Department of Food Technology, LLU, Liela iela 2, Jelgava LV-3001, Latvia

Abstract. In brewing, the raw materials that give the beer its specific colour, taste, and aroma are hop, barley malt, yeast, and water. However, these traditional raw materials can be partially or completely replaced with other products. A possibility of replacing hops with parts of plants (oak bark or acorn, yarrow, and wormwood) rich in bitter substances was researched. During the wort boiling process, hops were replaced with 0.2 g L⁻¹ of oak bark, or acorn, or yarrow, or wormwood. As a result, the four beer drinks produced were analysed for the degree of liking and the intensity of sensory properties (turbidity, aroma, malt aroma, brown colour, and astringency) according to ISO 4121:2003. All beer drinks were designated by upper-case letters: A – beer drink with yarrow; B – with oak bark; C – with oak acorn; and D – with wormwood. A total of 25 assessors (18 women and 8 men), with the average age of 35 years, participated in the sensory evaluation of beer drinks. No significant differences in the degree of liking ($p > 0.05$) were established among beer drinks with yarrow, with oak bark or acorn. The added hop substitutes had a significant effect ($p < 0.05$) on the intensity of turbidity, malt aroma, bitterness, and astringency of the four beer drinks. According to the assessors' evaluation, the wormwood beer drink had an overly strong, bitter taste. Therefore, a conclusion was drawn that the concentration of wormwood should be reduced in the wort during its boiling process.

Key words: Sensory evaluation, beer drinks, hop substitute.

Ievads

Pēdējo gadu laikā palielinās dažādu netradicionālu alus dzērienu piedāvājums. Piemēram, Latvijā a/s „Aldaris” ražotu alus kokteiļu sērija DLight, a/s „Cēsu alus” Beersshake, SIA „Ilgezem” kviešu, dzērveņu un medus alus, kā arī SIA „Brūveris” IngverAlus un Ķiršu IngverAlus. Līdz ar to esošais tradicionālais alus klāsts tiek paplašināts ar netradicionāliem alus dzērieniem, kas atšķiras ar savu garšu, smaržu, izskatu un sastāvu.

Netradicionāli iegūto alus dzērienu piedāvājums ir plašs, jo ražošanas procesā jebkuru no tradicionāli izmantotajām alus izejvielām – apiņus, miežus, raugu un ūdeni – daļēji vai pilnīgi iespējams aizvietot ar netradicionālām izejvielām. Tāpēc pētījumā izvēlējamies apiņu vietā pievienot rūgtvielām bagātu augu piedevas – pelašķus, vērmes, ozolu mizas un zīles.

Izveidojot jaunus alus dzērienus, vispusīgi jāizvērtē to kvalitāte, t.sk. sensorās īpašības, jo, mijiedarbojoties dažādam izejvielām, ražošanas procesā notiek bioķīmiskas pārvērtības, kuru rezultātā veidojas vairāki simti dažādu vielu, kas piedalās alus garšas un aromāta veidošanā un kas var ietekmēt – pozitīvi vai negatīvi – vēlamo rezultātu. Šo vielu daudzveidība, koncentrācija un savstarpējā mijiedarbība nosaka alus dzēriena sensorās īpašības.

Misas iegūšanas laikā notiek procesi, kuru rezultātā produktam veidojas aromāts, garša un krāsa (no gaiši dzeltenas līdz tumši brūnai), piemēram, Mailarda reakcijā no glikozes un α -aminoskābēm vai amīniem, kā arī termiski vai enzimatiski sadaloties lipīdiem (Coghe, Derdelinckx, & Delvaux, 2004). Pārvērtību rezultātā veidojas dažādas ķīmiskās vielas: melanoīdi, taukskābes, aldehīdi, spirti, furāni,

* Corresponding author's email:
Ingmars.Cinkmanis@llu.lv

ketoni, fenoli, pirazīni un sēra savienojumi (Herent, Vanthourhout, Gijs, & Collin, 1997). Iesala sensorās īpašības būtiski ietekmē furaneols, maltols un izomaltols (Hughes & Baxter, 2001).

Misas rūgšanas procesā veidojas tikai alus dzērieniem raksturīgā garša un aromāts. Dominējošās vielas, kas rodas rūgšanas procesā, ir etanols un oglekļa dioksīds. Bez tām veidojas arī esterī, garo virkņu spirti, aldehīdi, diacetils un sēra savienojumi (Boulton & Quain, 2006; Casey, 2007; Hughes & Baxter, 2001).

Alus produktu vēlamā vai nevēlamā krāsa, aromātu un garšu veidojošo vielu koncentrācijas ir ļoti mazas – no dažiem mikrogramiem (μg) līdz miligramiem (mg). Sensoro īpašību vērtēšanai Meilgards (Meilgaard, 1975) 1975. gadā izveidoja kopēju mērvienību – aromāta vienību (*flavor unit* – FU). Saskaņā ar Meilgarda ierosināto aprēķinu formulu, ja vielas koncentrācija pārsniedz 1 FU, tad alus sensorās īpašības pasliktinās.

Cilvēku garšas uztveršanas sliekšnis spēj noteikt ļoti zemās koncentrācijās apmēram 600–700 vielu, kas pārstāv tādas organisko vielu klases kā aldehīdi, ketoni, cikliskie acetāli, heterocikliskie savienojumi, etilesteri, laktoni un sēra savienojumi (Bamforth, 2000; Hashimoto, 1972a, b). Vairāku zinātnieku pētījumi ir pierādījuši, ka alus bojāšanos uzglabāšanas procesā var konstatēt, nosakot tajā tikai vienu ķīmisku savienojumu – *E*-non-2-ēnālu (Foster, Samp, & Patino, 2001; Narziss, Miedaner, & Lustig, 1999; Schieberle & Komarek, 2002; Van Eerde & Strating, 1981; Vesely, Lusk, Basarova, Seabrooks, & Ryder, 2003).

Sensorās īpašības negatīvi var ietekmēt arī notiekošie ķīmiskie procesi: vicinālo diketonu veidošanās (Inoue & Yamamoto, 1971), dažādu sēra savienojumu veidošanās (Bamforth, 1985; Gijs, Chevance, Jerkovic, & Collin, 2002; Walker & Simpson, 1994), esteru koncentrācijas palielināšanās (Gijs, Chevance, Jerkovic, & Collin, 2002), garo virkņu spirtu oksidēšanās produkti (Devreux, Blockmans, & Van de Meerssche, 1981; Irwin, Barker, & Pipasts, 1991), nepiesātināto taukskābju enzimatiskā un neenzimatiskā oksidēšanās (Bamforth, 1999; Bamforth, Clarkson, & Large, 1991; Bamforth, Muller, & Walker, 1993; Doderer et al., 1992; Hirota et al., 2005; Kaneda, Takashio, Tomaki, & Osawa, 1997; Kuroda, Furusho, Maeba, & Takashio, 2003; Lermusieau, Noël, Liégeois, & Collin, 1999) un citas pārvērtības.

Mūsu pētījumā tradicionālajā alus darīšanā izmantotie apiņi tika aizstāti ar rūgtvielām bagātu augu piedevām – pelašķiem, vērmelēm, ozolu mizām un zīlēm –, tādēļ bija vispusīgi jāizvērtē jauniegūto alus dzērienu kvalitāte, t.sk. sensorās īpašības. Sensorais novērtējums ir viens no visizplatītākajiem, vienkāršākajiem un ātrākajiem analīzes veidiem, kas ļauj noteikt būtiskus produkta kvalitātes rādītājus, izmantojot cilvēka maņu orgānus. Apkopojot iepriekš minēto, pētījuma mērķis bija analizēt alus dzērienu patikšanas pakāpi un sensoro īpašību intensitāti.

Materiāli un metodes

Alus dzērienu ražošanas izejvielas

Kaltētas Latvijā audzētas augu daļas: ozolu mizas, ozolu zīles, pelašķi (*Achillea millefolium* L.) un vērmeles (*Artemisia absinthium* L.). Augu izejvielas ievāca un žāvēja saskaņā ar norādēm (Rubine & Eniņa, 2004). Gaišais miežu iesals („Brupaks”, Anglija), alus raugs (*Saccharomyces pastorianus*) („Lallemand”, Kanāda), dzeramais ūdens (SIA „Grigis un Co”) (LR Ministru ..., 2003).

Alus dzērienu gatavošana

Vispārīga alus dzērienu ražošanas tehnoloģiskā shēma parādīta 1. attēlā. Eksperimentos paskābināšanai tika izmantota cidoniju sula un misas vārīšanā tradicionāli izmantotās izejvielas tika mainītas, apiņu vietā pievienojot rūgtvielām bagātas augu daļas (0.2 g L^{-1}): žāvētas ozolu mizas, zīles, pelašķus un vērmeles (Cinkmanis, Čakste, & Vucāne, 2013).

Sensorā novērtēšana

Alus dzērienu patikšanas pakāpes noteikšanai izmantota 9 punktu hēdoniskā skala (1 – ārkārtīgi nepatīk; 2 – ļoti nepatīk; 3 – vidēji nepatīk; 4 – mazliet nepatīk; 5 – ne patīk, ne nepatīk; 6 – mazliet patīk; 7 – vidēji patīk; 8 – ļoti patīk; 9 – ārkārtīgi patīk), un dzērienu sensoro īpašību (dzidrība, aromāts, iesala aromāts, brūnā krāsa, rūgtā un savelkošā garša) intensitāte noteikta, izmantojot līniskāskalas metodi (ISO 4121:2003). Alus dzērienu sensorajā novērtēšanā piedalījās 25 apmācīti vērtētāji (18 sievietes, 8 vīrieši), kuru vidējais vecums bija 35 gadi. Pētījumā izmantoti šādi alus dzērienu šifri: A – ar pelašķiem, B – ar ozolu mizām, C – ar ozolu zīlēm, un D – ar vērmelēm. Sensorās analīzes laikā katrs eksperts saņēma četru alus dzērienu paraugus (katrs paraugs 30 mL), kuru temperatūra bija $+4 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

1. att. Alus dzērienu ražošanas tehnoloģiskā shēma.
Fig. 1. Technological scheme for production of beer drinks.

Datu matemātiskā apstrāde

Lai izvērtētu alus dzērienu sensorajā novērtēšanā iegūtos datus, tika lietota dispersijas analīze (ANOVA), Tjūkija tests un korelācijas analīze.

Rezultāti un diskusija

Lai novērtētu alus dzērienu ar pelašķiem (A paraugs), ar ozolu mizām (B paraugs), ar ozolu zīlēm (C paraugs) un ar vērmelēm (D paraugs) patikšanas pakāpi, izmantota 9 punktu hēdoniskā skala un iegūtie rezultāti apkopoti 2. attēlā.

Hēdoniskās vērtēšanas rezultātā varēja secināt, ka apmācītajiem vērtētājiem vienlīdz labi patika paraugi A, B un C, turklāt starp tiem patikšanas ziņā nepastāvēja būtiska atšķirība ($p>0.05$). Patikšanas

ziņā būtiski atšķirīgs ($p<0.05$) bija alus dzēriens ar vērmelēm (D paraugs). Vērtētāji to raksturoja kā ļoti rūgtu, ar izteiktu vērmēļu garšu, kas ir neraksturīga tradicionālajam alus.

Alus dzērienu patikšanas pakāpe bija robežās no 4.12 (mazliet nepatīk) līdz 6.19 (mazliet patīk).

Alus dzērienu sensoro īpašību intensitātes noteikšanai izmantota līniskā, un iegūtie rezultāti apkopoti 1. tabulā un 3. attēlā.

Statistiski izvērtējot iegūtos datus, var secināt, ka būtiskas atšķirības ($p>0.05$) starp alus dzērienu aromātiem nepastāvēja. Līdz ar to var teikt, ka pievienotās augu daļas neietekmēja alus aromātu veidojošo vielu saturu, kas bija radies

A – pelašķu, B – ozolu mizu, C – ozolzīļu, D – vērmelņu
 A – yarrow, B – oak bark, C – acorn, D – wormwood

Piezīme. Paraugi, kuri apzīmēti ar vienu un to pašu burtu, nav būtiski atšķirīgi ($p>0.05$).
 Note. Samples marked with the same letter have no significant difference ($p>0.05$).

2. att. Alus dzērienu hēdoniskā novērtējuma rezultāti.
 Fig. 2. The results of the overall acceptance of beer drinks.

1. tabula / Table 1

Alus dzērienu sensoro īpašību intensitāte
 The intensity of the sensory properties of beer drinks

Sensorās īpašības / Sensory properties	Alus dzērieni / Beer drinks			
	ar pelašķiem / with yarrow	ar ozolu mizām / with oak bark	ar ozolu zīlēm / with oak acorn	ar vērmelēm / with wormwood
Dzidrumi / Clarity	7.52 a	7.19 a	5.99 b	5.98 b
Aromāts / Aroma	2.87 a	3.03 a	3.11 a	3.92 a
Iesala aromāts / Malt aroma	5.24 a	4.27 ab	3.88 b	3.71 b
Brūna krāsa / Brown colour	4.63 a	4.49 a	4.73 a	4.95 a
Rūgta garša / Bitter taste	2.96 a	3.90 b	2.97 a	8.84 c
Savelkoša garša / Astringent taste	2.96 a	2.98 a	2.88 a	5.75 b

Piezīme. Paraugi, kuri apzīmēti ar vienu un to pašu burtu rindā, nav būtiski atšķirīgi ($p>0.05$).
 Note. The samples marked with the same letter in a row have no significant difference ($p>0.05$).

galvenās rūgšanas laikā rauga metabolisma procesā.

Iegūtais brūnās krāsas intensitātes statistiskais izvērtējums rāda, ka starp alus dzērieniem brūnās krāsas intensitātes ziņā nebija būtiska ($p>0.05$) atšķirība. Brūno krāsu veido dažādi Mailarda

reakcijas produkti (mazmolekulāri [LMW] hromofori (<1 kDa) un augstmolekulāri [HMW] melanoidīni [>100 kDa]) (Ames & Nursten, 1989; Hofmann, 1998), tādēļ var secināt, ka pievienotās dažādās rūgtvielas saturošās augu daļas neietekmēja iegūto alus dzērienu krāsu. Savukārt izmantotie

3. att. Alus dzērienu sensorā novērtējuma staru diagramma.
Fig. 3. The star diagram of the sensory evaluation of beer drinks.

apiņu aizvietotāji – pelašķi, ozolu mizas, ozolu zīles un vērmēles – būtiski ietekmēja ($p < 0.05$) alus dzērienu dzidrumu, iesala aromātu un rūgto un savelkošo garšu (1. tabula).

Alus dzērieni ar pelašķiem (A paraugs) un ozolu mizām (B) bija dzidrāki nekā ar ozolu zīlēm (C) un vērmelēm (D), tomēr būtiska ($p > 0.05$) atšķirība starp tiem dzidruma ziņā nepastāvēja. Viens no svarīgākajiem faktoriem, lai iegūtu dzidru alus dzērienu, ir iesala un pievienotā auga kopējo polifenolu saturs, jo, kā norāda Kunze (1998), tieši apiņu polifenoli reakcijā ar olbaltumvielām veido sarežģītus kompleksus savienojumus, kuri spēj ietekmēt gatava alus dzidrumu. Tā kā mūsu pētījumā pievienotais iesala daudzums visiem alus dzērieniem bija nemainīgs, tad var pieņemt, ka dzidrumu būtiski ietekmējošie faktori bija augu daļu dažādie polifenoli. Iespējams, misas vārīšanas procesā pievienotās ozolu zīles un vērmēles, līdzīgi apiņiem, labāk spēj saistīt un nogulsņēt olbaltumvielu–polifenolu kompleksos savienojumus.

Visintensīvāko iesala aromātu konstatējām alus dzērienam ar pelašķiem (A paraugam), un tas būtiski atšķīrās ($p < 0.05$) no pārējiem alus dzērieniem.

Rūgtās garšas intensitātes ziņā paraugi A un C (ar pelašķiem un ozolu zīlēm) viens no otra neatšķīrās ($p > 0.05$), taču tie abi būtiski atšķīrās ($p < 0.05$) no B parauga (ar ozolu mizām). Alus dzērienam ar vērmēļu piedevu (0.2 g L^{-1}) bija izteikti

rūgta garša, kas ne visiem vērtētājiem patika. Alus dzērienam ar pelašķu piedevu netika konstatēta rūgta garša, bet alus dzērieniem ar ozolu mizu un zīļu piedevu bija izteiktāka savelkošā tannīnu garša.

Pievienoto augu daļu sastāvā ir dažādas rūgtvielas: vērmēles satur seskviterpēna laktonu, kā arī absintīnu ($0.20\text{--}0.28\%$) un artabsīnu ($0.04\text{--}0.16\%$) (Frohne, 1984); pelašķi satur pirolidīna alkaloidu ahileīnu (Hänsel & Hölzl, 1996); ozolu mizas un zīles satur glikozīdu kvercīnu (Thomson, 2012). Kā norāda Stromers (Ströhmer, 2002), absintīns un artabsīns ir vieni no visrūgtākajiem ķīmiskajiem savienojumiem, kurus nelielos daudzumos cilvēki spēj sensorī konstatēt, kas arī izskaidro vērmēļu alus dzēriena izteikti rūgto garšu mūsu pētījumā.

Savelkošā garša visizteiktākā bija alus dzēriena D paraugam (ar vērmelēm), un tā būtiski atšķīrās ($p < 0.05$) no A, B un C paraugu savelkošās garšas. Savukārt A (ar pelašķiem), B (ar ozolu mizām) un C (ar ozolu zīlēm) paraugu savelkošās garšas intensitātes būtiski neatšķīrās ($p > 0.05$). Literatūrā norādīts, ka tieši tannīnu saturs ietekmē vērtētāja savelkošās garšas sajūtu (Lawless & Heymann, 2010). Pētījumos vislielākais to saturs konstatēts ozolu mizās un zīlēs ($6.7\text{--}8.3\%$) un pelašķos ($3\text{--}4\%$), bet vērmelēs tie praktiski nav sastopami (Bajaj, 1993; Hänsel & Hölzl, 1996). Līdz ar to

2. tabula / Table 2

Alus dzērienu sensoro īpašību savstarpējā korelācija
Correlation among the sensory properties of beer drinks

	Dzidrums / Clarity	Aromāts / Aroma	Iesala aromāts / Malt aroma	Brūna krāsa / Brown colour	Rūgta garša / Bitter taste	Savelkoša garša / Astringent taste
Dzidrums / Clarity	1					
Aromāts / Aroma	-0.711	1				
Iesala aromāts / Malt aroma	0.895	-0.714	1			
Brūna krāsa / Brown colour	-0.772	0.865	-0.546	1		
Rūgta garša / Bitter taste	-0.531	0.973	-0.578	0.781	1	
Savelkoša garša / Astringent taste	-0.553	0.973	-0.537	0.849	0.990	1

vērmelēm piešķirtā savelkošā garša mūsu pētījumā, iespējams, bija saistīta galvenokārt ar tajās esošajiem ļoti rūgtajiem absintīnu un artabsīnu, kuri negatīvi ietekmēja sensoro vērtētāju spēju sajūst vērmēļu savelkošo garšu.

2. tabulā apkopota informācija par pētīto alus dzērienu (ar pelašķiem, ozolu mizām, ozolu zīlēm un vērmelēm) sensoro īpašību savstarpējo korelāciju. No iegūtajiem datiem var secināt, ka, ja alus dzērienam ir rūgta garša, tad paraugam tiks noteikta arī savelkoša garša ($r=0.990$). Tas jāņem vērā, izstrādājot receptūru alus dzērieniem, jo pārāk izteikta savelkoša garša vērtētājiem (potenciālajiem patērētājiem) nebija pieņemama. Tāpat pastāvēja cieša korelācija ($r=0.900$) starp rūgto, savelkošo garšu un aromātu: jo izteiktāka bija alus dzērienu rūgtā vai savelkošā garša, jo izteiktāks bija to aromāts.

Secinājumi

1. Vērtētājiem vienlīdz labi patika alus dzērieni ar pelašķiem, ar ozolu mizām un ar ozolu zīlēm. Patikšanas ziņā starp tiem nepastāvēja būtiska atšķirība ($p > 0.05$), taču alus dzēriens ar vērmelēm bija būtiski atšķirīgs ($p < 0.05$).
2. Dažādo alus dzērienu aromāti un brūnās krāsas intensitātes būtiski ($p > 0.05$) neatšķīrās, tomēr pelašķi, ozolu mizas, ozolu zīles un vērmēles būtiski ietekmēja ($p < 0.05$) alus dzērienu dzidrumu, iesala aromātu un rūgto un savelkošo garšu.

3. Pilnveidojot receptūru vērmēļu alus dzērienam, jāņem vērā tā pārāk izteiktā rūgtās garšas intensitāte, tādēļ misas vārīšanas procesā ieteicams samazināt klāt pievienoto vērmēļu daudzumu.

Literatūra

1. Ames, J.M., & Nursten, H.E. (1989). Recent advances in the chemistry of coloured compounds formed during the Maillard reaction. In W.S. Lien & C.W. Foo (Eds.), *Trends in food science* (pp. 8–14). Singapore: Singapore Institute of Food Science and Technology.
2. Bajaj, Y.P.S. (Ed.) (1993). *Biotechnology in agriculture and forestry, 24. Medicinal and aromatic plants V*. Berlin: Springer-Verlag.
3. Bamforth, C.W. (1985). Cambridge prize lecture: Biochemical approaches to beer quality. *Journal of the Institute of Brewing*, 91, 154–160.
4. Bamforth, C.W. (1999). Enzymic and non-enzymic oxidation in the brewhouse: A theoretical consideration. *Journal of the Institute of Brewing*, 105, 237–242.
5. Bamforth, C.W. (2000). Making sense of flavor change in beer. *Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly*, 37, 165–171.
6. Bamforth, C.W., Clarkson, S.P., & Large, P.J. (1991). The relative importance of polyphenol oxidase, lipoxygenase and peroxidases

- during wort oxidation. In *Proceedings of the 23rd European Brewery Convention Congress* (pp. 617–624). Lisbon, Portugal: USA, Oxford University Press.
7. Bamforth, C.W., Muller, R.E., & Walker, M.D. (1993). Oxygen and oxygen radicals in malting and brewing. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 51, 79–88.
 8. Boulton, C., & Quain, D. (2006). *Brewing yeasts and fermentation* (pp. 113–141). Oxford: Blackwell.
 9. Casey, G.P. (2007). A journey in brewing science and the ASBC. In P.W. Gales (Ed.), *Brewing chemistry and technology in the Americas* (pp. 99–231). St Paul, MN: P.W. Gales.
 10. Cinkmanis, I., Čakste, I., Vucāne, S. (2013). LR Patenta pieteikums Nr. P-13-226. Rīga. Latvijas Republikas Patentu valde.
 11. Coghe, S., Derdelinckx, G., & Delvaux, F.R. (2004). Effect on non-enzymic browning on flavour, colour and antioxidative activity of dark specialty malts – a review. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 57, 25–38.
 12. Devreux, A., Blockmans, C., & van de Meerssche, K. (1981). Carbonyl compounds formation during aging of beer. *EBC – Flavor Symposium, Monograph VII* (pp. 191–201). Copenhagen: EBC.
 13. Doderer, A., Kokkelink, I., Van der Veen, S., Valk, B.E., Schram, A.W., & Douma, A.C. (1992). Purification and characterization of two lipoxygenase isoenzymes from germinating barley. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1120, 97–104.
 14. Foster, R.T., Samp, E.J., & Patino, H. (2001). Multivariate modeling of sensory and chemical data to understand staling in light beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 59, 201–210.
 15. Frohne, D. (1984). Wermutkraut. In M. Wichtl (Ed.), *Teedrogen* (pp. 363–365). Stuttgart, Germany: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
 16. Gijs, L., Chevance, F., Jerkovic, V., & Collin, S. (2002). How low pH can intensify β -damascenone and dimethyl trisulfide production through beer aging. *J.Agric.Food Chem.* 50 (20), 5612–5616. DOI: 10.1021/jf020563p.
 17. Hänsel, R., & Hölzl, J. (1996). *Lehrbuch der pharmazeutischen Biologie: Ein Lehrbuch für Studenten der Pharmazie im zweiten Ausbildungsabschnitt*. Springer DE.
 18. Hashimoto, N. (1972b). Oxidation degradation of isohumulones in relation to beer flavor. Oxidation of higher alcohols by melanoidins in beer. *Report of the Research Laboratory of the Kirin Brewery Company*, 15, 7–15.
 19. Hashimoto, N. (1972a). Oxidation of higher alcohols by melanoidins in beer. *Journal of the Institute of Brewing*, 78, 43–51.
 20. Herent, M.F., Vanthournhout, C., Gijs, L., & Collin, S. (1997). Influence de la composition en heterocycles azotes de malts speciaux sur le profil aromatique de la biere. In *Proceedings of the 26th EBC Congress* (pp. 167–174). Maastricht, the Netherlands.
 21. Hirota, N., Kuroda, H., Takoi, K., Kaneko, T., Kaneda, H., Yoshida, I., ... Takeda, K. (2005). Development of novel barley with improved beer foam and flavor stability – the impact of lipoxygenase-1-less barley in brewing industry. In *Proceedings of the 30th European Brewery Convention Congress* (pp. 46–52). Prague, Czech Republic.
 22. Hofmann, T. (1998). Studies on melanoidin-type colourants generated from the Maillard reaction of casein and furan-2-carbaldehyde – chemical characterisation of a red coloured domain. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 206, 251–258.
 23. Hughes, P.S., & Baxter, E.D. (2001). *Beer: Quality, safety and nutritional aspects*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
 24. Inoue, T., & Yamamoto, Y. (1971). Decomposition rate of precursors of diacetyl and 2,3-pentanedione during beer fermentation. *Report of the Research Laboratory of the Kirin Brewery Company*, 14, 55–59.
 25. Irwin, A.J., Barker, R.L., & Pipasts, P. (1991). The role of copper, oxygen and polyphenols in beer flavor instability. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 49, 140–149.
 26. ISO 4121:2003. *Sensory analysis – Guidelines for the use of quantitative response scales*. Retrieved from http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=67&ics2=240&ics3=&csnumber=33817
 27. Kaneda, H., Takashio, M., Tomaki, T., & Osawa, T. (1997). Influence of pH on flavor staling during beer storage. *Journal of the Institute of Brewing*, 103, 21–23.
 28. Kunze, W. (1998). *Technology of malting and brewing*. Berlin: VLB.
 29. Kuroda, H., Furusho, S., Maeba, H., & Takashio, M. (2003). Characterization of factors

- involved in the production of E-(2)-nonenal during mashing. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 67, 691–697.
30. Lawless, H.T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2nd ed.). New York: Springer.
31. Lermusieau, G., Noël, S., Liégeois, C., & Collin, S. (1999). Nonoxidative mechanism for development of trans-2-nonenal in beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 57, 29–33.
32. LR Ministru kabinets. (2003). *Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība*. MK noteikumi Nr. 235, 2003. g. 29. aprīlī. Retrieved from <http://likumi.lv/doc.php?id=75442>
33. Meilgaard, M.C. (1975). Flavour chemistry of beer – Part I: Flavour interactions between principal volatiles. *Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly*, 12, 107–117.
34. Narziss, L., Miedaner, H., & Lustig, S. (1999). The behavior of volatile aromatic substances as beer ages. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 52, 164–175.
35. Rubine, H., & Eniņa, V. (2004). *Ārstniecības augi*. Rīga: Zvaigzne ABC.
36. Schieberle, P., & Komarek, D. (2002). Changes in key aroma compounds during natural beer aging. In K.R. Cadwallader & H. Weenen (Eds.), *Freshness and shelf life of foods* (pp. 70–79). ACS: Washington, DC.
37. Ströhmer, G. (2002). Rohstoffe und Halbfabrikate zur Herstellung von Likören. In E. Kolb (Ed.), *Spirituosen-Technologie* (pp. 161–343). Hamburg, Germany: Behr's Verlag,
38. Thomson, R.D. (2012). *Dictionary of Chemistry, With Its Applications to Mineralogy, Physiology, and the Arts*. HardPress Publishing.
39. Van Eerde, P., & Strating, J. (1981). Trans-2-nonenal. *EBC – Flavor Symposium, Monograph VII* (pp. 117–121). Copenhagen: EBC.
40. Vesely, P., Lusk, L., Basarova, H., Seabrooks, J., & Ryder, D. (2003). Analysis of aldehydes in beer using solid-phase microextraction with on-fiber derivatization and gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6941–6944.
41. Walker, M.D., & Simpson, W.J. (1994). Control of sulphury flavours in cask conditioned beer. *Brewers' Guardian*, 123(11), 37–40.