DOI:10.3969/j.issn. 1673–1689.2017.08.007

降低反–2–壬烯醛及老化前驱体的酿造工艺研究

黄淑霞[1,2,3,4,5]，余俊红[2,5]，陆 健[*1,3,4]，尹 花[2,5]，董建军[2,4,5]

(1. 粮食发酵工艺与技术国家工程实验室，江南大学，江苏 无锡 214122；2. 啤酒生物发酵工程国家重点实验室，山东 青岛 266100；3. 江南大学 工业生物技术教育部重点实验室，江苏 无锡 214122；4. 江南大学 生物工程学院，江苏 无锡 214122；5. 青岛啤酒股份有限公司，山东 青岛 266100)

摘要：为降低麦汁和啤酒中反–2–壬烯醛与老化前驱体壬烯醛潜力的含量，研究糖化过程中影响麦芽脂肪氧合酶(LOX)作用的关键因素(蛋白休止温度、醪液 pH 值、麦芽粉碎度、麦芽 LOX 活力)，确定最佳工艺：蛋白休止温度为 55~60 ℃、醪液 pH 为 5.5、EBC 粉碎机磨盘间距为 0.5 mm、LOX 活力越低越好。大生产验证试验显示：蛋白质休止温度为 55 ℃、使用低 LOX 麦芽时，啤酒中反–2–壬烯醛、壬烯醛潜力降低幅度分别为 6.7%~25.0%、9.2%~20.3%，啤酒新鲜度得分提高 4.2%~16.1%。

关键词：反–2–壬烯醛；壬烯醛潜力；脂肪氧合酶；啤酒新鲜度

中图分类号：TS 262.5　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673—1689(2017)08—0826—08

Research of Brewing Technology for Reducing the Content of Trans–2–Nonenal and Aging Precursor

HUANG Shuxia[1,2,3,4,5]，*YU Junhong*[2,5]，*LU Jian*[*1,3,4]，*YIN Hua*[2,5]，*DONG Jianjun*[2,4,5]

(1. National Engineering Laboratory for Cereal Fermentation Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. State Key Laboratory of Biological Fermentation Engineering of Beer, Qingdao 266100, China; 3. Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 5. Tsingtao. Brewery Co. LTD, Qingdao 266100, China)

Abstract: The key factors influencing malt lipoxygenase(LOX) during saccharification period were studied, such as protein rest temperature, pH value, grinding degree, LOX activity of malt for reducing the content of trans-2-nonenal and aging precursor nonenal potential of wort and beer. The optimum process parameters were confirmed: protein rest temperature was 55~60 ℃, mash pH was 5.5, EBC grinder distance was 0.5 mm, LOX activity was as low as possible. Experimental results of

收稿日期：2015–07–27

基金项目：青岛创业创新领军人才计划项目(13–cx–15)；国家高技术研究发展(863)计划资助项目(2013AA102109)；高等学校学科创新引智计划(111 计划)资助项目(111–2–06)；江苏高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介：黄淑霞(1977—)，女，山东巨野人，高级工程师，博士研究生，主要从事啤酒新鲜度与泡沫方向研究。E–mail：huangsx@tsingtao.com.cn

*** 通信作者**：陆 健(1968—)，男，江苏太仓人，工学博士，教授，博士研究生导师，主要从事酿酒微生物与酶技术、新型生物制剂方向研究。E–mail：jlu@jiangnan.edu.cn

引用本文：黄淑霞，余俊红，陆健等. 降低反–2–壬烯醛及老化前驱体的酿造工艺研究[J]. 食品与生物技术学报，2017，36(08)：826–833.

large-scale production showed that when protein rest temperature was 55 ℃, and malt with lower LOX activity was used, the content of trans-2-nonenal and nonenal potential declined 6.7%~25.0% and 9.2%~20.3% respectively. Beer freshness score increased 4.2%~16.1%.

Keywords: trans-2-nonenal, nonenal potential, lipoxygenase, beer freshness

以脂肪氧合酶（lipoxygenase，简称 LOX，EC1.13.11.12）为核心的脂质降解途径是影响啤酒新鲜度的重要途径之一。脂肪氧合酶主要存在于大麦（麦芽）的糊粉层，而同时存在于糊粉层的还有2%左右的脂类，LOX 能专一催化具有顺、顺-戊二烯结构的不饱和脂肪酸，其降解产物反-2-壬烯醛（trans-2-nonenal，简称 T2N）品评阈值很低，仅为 0.1 μg/L，是公认的老化指示剂。反-2-壬烯醛会给啤酒带来不愉快的纸板味，而且随着存放时间的延长，纸板味会更严重[1-2]。

Sophie Noel 对比不同 LOX 麦芽，发现低 LOX 麦芽酿造的啤酒中的反-2-壬烯醛较低[3]。嘉士伯（Carlsberg）啤酒实验室和札幌（Sapporo）啤酒公司通过化学诱变或杂交等手段已获得低 LOX 活力的大麦，使用相应麦芽酿酒降低了 T2N 含量，改善了啤酒新鲜度，但低 LOX 新品种大麦价格相对较高[4-10]。

制麦过程是降低 LOX 活力的重要阶段，尤其是增加焙焦强度可使 LOX 快速失去活性，目前对大麦或麦芽 LOX 的研究也多集中于制麦阶段，通过调整制麦工艺降低 LOX 活力[11-13]。Guido 认为制麦过程中生成的 T2N 除大部分挥发外，仍然有一部分与氨基化合物结合为加成物，即老化前驱体壬烯醛潜力（nonenal potential，简称 NP），一直存在于成品麦芽中[14]。

在麦芽干燥过程中，LOX 不会全部失活，成品麦芽中的 LOX 会继续进入到糖化过程发挥作用。当糖化温度为 65~70 ℃时，糖化一段时间后，麦汁中 LOX 才会失去活力[15-16]，糖化阶段尤其是蛋白质休止阶段是 LOX 作用生成反-2-壬烯醛及壬烯醛潜力的重要时期，LOX 是热敏性酶，控制糖化过程的 LOX 反应，避开其最适作用条件，减少反-2-壬烯醛与壬烯醛潜力的生成，这方面研究还较少，而且没有在啤酒生产厂进行过实际验证。

发酵初期，酵母会将麦汁中的大多数游离醛类包括反-2-壬烯醛还原为相应的醇类，因此在整个发酵过程中，醛类均维持在较低的水平[17]，还原程度与酵母活力及菌种特性有关[18]。而壬烯醛潜力由于其加合性，避免了被酵母还原，在贮存过程中，会缓慢分解而释放出游离反-2-壬烯醛，导致纸板味增加，啤酒口味变差，释放量与贮存条件（温度、时间等）有关[19]。

本文作者首先根据几种老化醛的阈值与市场抽样啤酒中老化醛含量，确定反-2-壬烯醛是不是导致啤酒老化的主要老化醛；其次，研究不同蛋白质休止温度、醪液 pH 值、麦芽粉碎度、麦芽 LOX 活力对麦汁反-2-壬烯醛、壬烯醛潜力的影响，确定减少麦芽 LOX 作用与其产物生成的最佳酿造条件；最后，在工厂进行大生产验证，分析优选出的酿造条件对反-2-壬烯醛、壬烯醛潜力及啤酒新鲜度的影响。

1 材料与方法

1.1 主要材料

麦芽：澳麦 Gairdner，由青岛啤酒麦芽厂提供；亚油酸、9 种老化醛标准品（反-2-壬烯醛、3-甲硫基丙醛、2-甲基丙醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、糠醛、己醛、戊醛、苯乙醛）：购于美国 Sigma 公司。

1.2 主要仪器

Ultrospec 2100pro 紫外分光光度计：美国 GE 公司产品；Clarus600 GC-MS：美国 PerkinElmer 公司产品；固相微萃取自动进样器：瑞士 CTC 公司产品；65 μm PDMS-DVB 固相微萃取纤维：美国 Supelco 公司产品；DB-5MS（60 m×320 μm×0.25 μm）色谱柱：美国 Agilent 公司产品；Milli_Q plus 纯水仪：德国 Merck Millipore 公司产品；EBC DLFU 粉碎机：德国 BUHLER 公司产品；12 孔自动糖化器：德国 LOCHNER 公司产品。

1.3 小试糖化试验

糖化配方：使用全麦，糖化总水料质量比为 3.7:1，定型麦汁为 13 °P。

基本糖化工艺：50 ℃休止 30 min，pH 为 5.5，EBC 粉碎机磨盘间距为 0.2 mm，65 ℃糖化 60 min，73 ℃过滤，添加质量分数 0.06%的颗粒酒花煮沸。

1.4 测定方法

1.4.1 老化醛的测定 采用 SPME-GC-MS 柱上衍生技术,GC 条件:色谱柱 DB-5MS,使用氦气为载气,流速为 1 mL/min。进样口温度为 250 ℃。无分流进样。程序升温:初始温度为 60 ℃,保持 2 min 后以 5 ℃/min 的速率升温至 180 ℃;接着以 1 ℃/min 的速率升温至 190 ℃;以 30 ℃/min 的速率升温至 250 ℃,保持 3 min。MS 条件:电子轰击(EI)离子源,电子能量为 70 eV,GC-MS 接口温度为 250 ℃;离子源温度为 230 ℃;四极杆温度为 150 ℃;扫描范围为 50~550 amu。

麦汁稀释 10 倍,加入 2 g NaCl,使用 50 μL 对氟苯甲醛作为内标,测定 9 种老化醛含量(反-2-壬烯醛、3-甲硫基丙醛、2-甲基丙醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、糠醛、己醛、戊醛、苯乙醛)[20-21,26]。

1.4.2 壬烯醛潜力的测定 用磷酸将麦汁 pH 调到 4.0,通入氩气以排除空气,加入 50 μL 内标对氟苯甲醛和 2 g NaCl,沸水浴加热 2 h,冷却后测定反-2-壬烯醛含量,乘以稀释倍数换算为壬烯醛潜力含量。

壬烯醛潜力表征了啤酒货架期释放反-2-壬烯醛的能力,其重要性大于游离反-2-壬烯醛,而游离反-2-壬烯醛是形成壬烯醛潜力的必要条件。因此,建立壬烯醛综合评价指标,

$$Y=0.7\times\text{壬烯醛潜力}+0.3\times\text{反-2-壬烯醛}$$

用来评价麦芽脂质氧化的程度[14]。

1.4.3 脂肪氧合酶酶活力的测定 5 g 麦芽粉加入 5 mL 醋酸缓冲液低温提取,10 000 r/min 离心 10 min 后得到上清液,即为粗酶液。在 25 ℃水浴条件下,向 2.9 mL 磷酸缓冲液中加入 50 μL 酶液和 50 μL 亚油酸底物进行反应,反应一定时间后测定 234 nm 下的吸光度,同时做空白对照。将吸光度在单位时间内的变化率定义为一个酶活力单位(U/g)[22-24]。

1.5 啤酒新鲜度品评方法

将啤酒在 35 ℃强化处理 7 d,组织专业评委品评强化酒的新鲜度,按照从 1 到 10 进行新鲜度打分。分值越高,新鲜度越好。对每个样品,统计所有评委的分数,求平均值,即为该样品的新鲜度得分。

1.6 数据统计分析方法

用 SPSS 软件对所有试验数据进行单因素方差分析,评价各因素对指标的影响及各个水平之间是否有显著差异。

2 结果与讨论

2.1 反-2-壬烯醛对啤酒新鲜度的影响

收集来自不同工厂的市场抽样啤酒共 437 个,经专业评委品评,氧化味主要分为 3 种:纸板味、酱油味、焦味(如图 1 所示)。其中,品尝出有纸板味缺陷的样品占总量的 50.3%,有酱油味和焦味的样品分别占 21.3%和 8.0%。按照新鲜度得分将市场抽样啤酒分为Ⅰ档酒(新鲜度得分≥6 分)和Ⅱ档酒(新鲜度得分<6 分),分析有这 3 种缺陷的Ⅱ档酒,其中有纸板味的Ⅱ档酒占总数量的 9.1%,有酱油味和焦味的Ⅱ档酒分别占 7.8%和 2.7%,由此可见,纸板味是造成啤酒老化的主要风味缺陷,严重影响着啤酒新鲜度。据资料报道,导致纸板味、酱油味、焦味的主要物质分别是反-2-壬烯醛、3-甲硫基丙醛、糠醛与 5-甲基糠醛[1-2,25]。

啤酒中老化醛根据降解途径可分为 3 类,反-2-壬烯醛、己醛、戊醛是不饱和脂肪酸氧化降解的产物,是表征原料是否新鲜的指示剂;3-甲硫基丙醛、2-甲基丙醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、苯乙醛都是氨基酸 Strecker 途径降解的产物,反映了氨基酸的控制水平以及贮存过程中高级醇的氧化,其中苯乙醛对氧敏感,可作为氧负荷指标反映酿造过程中的氧控制水平;糠醛是氨基酸与还原糖高温下进行美拉德反应的中间产物,主要在麦芽焙焦、糖化、麦汁煮沸、杀菌等与热相关的酿造过程中产生,是热负荷指示剂[1,26]。

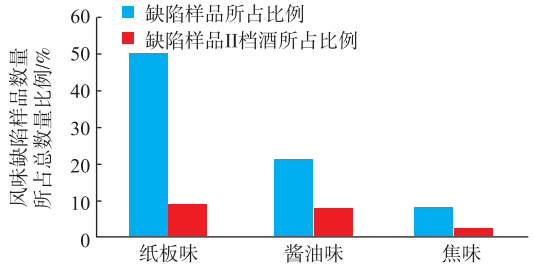


图 1 市场抽样啤酒中主要老化风味缺陷分析

Fig. 1 Main stale flavor of beers sampled from the market

采用 SPME-GC-MS 分析 83 个Ⅱ档酒的 9 种老化醛质量浓度,重点分析反-2-壬烯醛和 3-甲硫基丙醛质量浓度(图 2 和图 3)。以各老化醛的阈值作为标准[11](其中反-2 壬烯醛的阈值为 0.1 μg/L,3-甲硫基丙醛的阈值为 5 μg/L),计算Ⅱ档酒中各老化醛的超标比例。从图 2 和图 3 可以看出,反-2-壬

烯醛超标比例明显高于3-甲硫基丙醛,计算出超标比例分别为78%和61%,而其它7种老化醛超标比例都为0,表明反-2-壬烯醛确实是典型老化风味,与啤酒品评结果相对应。

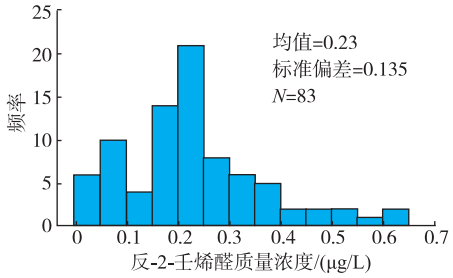


图2 Ⅱ档酒中的反-2-壬烯醛质量浓度分析

Fig. 2 Content of T2N of the second beers

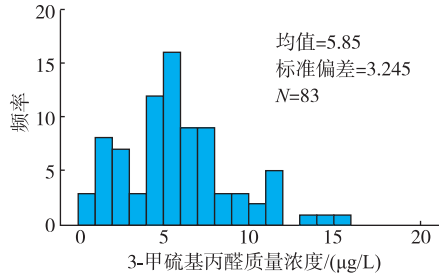


图3 Ⅱ档酒中的3-甲硫基丙醛质量浓度分析

Fig. 3 Content of methional of the second beers

鉴于反-2-壬烯醛的重要性,下面重点分析糖化工艺和麦芽LOX活力对反-2-壬烯醛与壬烯醛潜力的影响。

2.2 糖化工艺与麦芽LOX活力的影响

在实验室考察蛋白休止温度、醪液pH、麦芽粉碎度以及不同LOX活力麦芽对反-2-壬烯醛与壬烯醛潜力的影响。每个水平做3个平行,后面柱形图显示的为平均值,同时评价各因素影响的差异性。

2.2.1 蛋白质休止温度的影响 从图4可以看出,蛋白质休止温度在55~65 ℃时反-2-壬烯醛及其潜力质量浓度较低,这与资料报道LOX最适作用温度40~50 ℃是相符的。LOX酶反应的最适反应温度、pH值并不是一个固定值,它们会随着大麦品种、大麦生长环境、制麦工艺的不同而有少量变化。

对于反-2-壬烯醛来讲,单因素方差分析显示5个水平之间有显著差异(p<0.01),两两比较显示45 ℃与50 ℃之间差异不显著,但与其它温度下的含量差异显著(p<0.01);55、60 ℃和65 ℃之间差异不显著。

对于壬烯醛潜力,单因素方差分析显示5个水平之间有显著差异(p<0.01),两两比较显示45 ℃和50 ℃之间、55 ℃和65 ℃之间差异不显著。其它温度下的质量分数都互相有显著差异(p<0.01)。

综合分析,确定最佳蛋白质休止温度为55~60 ℃。

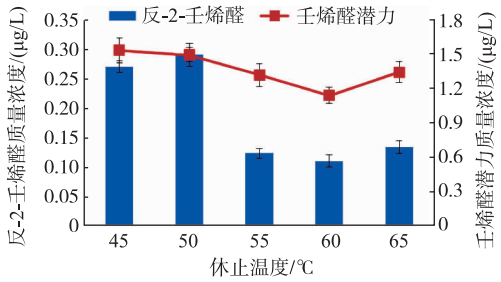


图4 休止温度对麦汁反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力的影响

Fig. 4 Influence of resting temperature on T2N and NP

2.2.2 醪液pH值的影响 从图5可以看出,pH值为5.0和5.5时,壬烯醛潜力较低,但pH值为5.5时,反-2-壬烯醛质量浓度较高。计算壬烯醛综合评价指标(Y=0.7×壬烯醛潜力+0.3×反-2-壬烯醛),pH值为5.0~5.5时壬烯醛总值较低。这与资料报道LOX最适反应pH值6.0~7.0是吻合的。

对于反-2-壬烯醛,4个水平之间有显著差异(p<0.05)。两两比较显示,pH 5.5时与其它pH的数值有显著差异。对于壬烯醛潜力,4个水平之间也有显著差异(p<0.01),两两比较显示,4个pH下的数值都有显著差异。因此,确定最佳醪液pH为5.5。

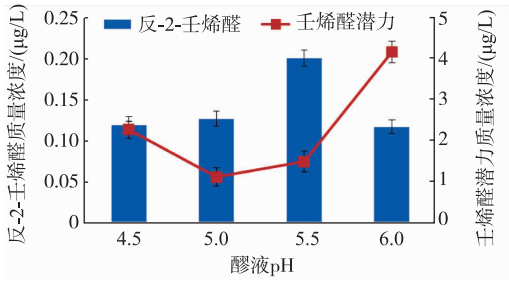


图5 pH对麦汁反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力的影响

Fig. 5 Influence of pH on T2N and NP of wort

2.2.3 麦芽粉碎度的影响 麦芽粉碎度用EBC粉碎机的磨盘间距表示,依次取1.0、0.5、0.2 mm。

从图6可以看出,不同粉碎度时反-2-壬烯醛质量浓度变化不大,但磨盘间距为0.5 mm时壬烯醛潜力最低,壬烯醛总值也最低。分析原因,粉碎程度过大,可能导致LOX和脂肪等不利物质过多溶入

麦汁,表明麦芽粉碎并不是越细越好。磨盘间距为0.5 mm时可减少壬烯醛的生成。实验室EBC磨盘粉碎机与大生产所用粉碎机存在差异,在大生产中应用时还需要开展试验。

对于反-2-壬烯醛,3个水平之间没有显著差异(p>0.05)。对于壬烯醛潜力,3个水平之间有显著差异(p<0.01),两两比较显示,3个粉碎度的数值都有显著差异(p<0.01)。因此,确定最佳磨盘间距为0.5 mm。

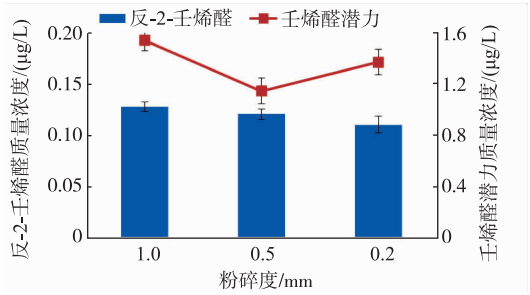


图6 麦芽粉碎度对麦汁反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力的影响

Fig. 6 Influence of grinding degree on T2N and NP of wort

2.2.4 不同LOX活力麦芽的影响 使用不同LOX活力的澳麦Gairdner进行糖化,LOX活力分别为21.03、12.56 U/g,对比分析2个麦汁的反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力差异。从图7可以看出,使用低LOX活力麦芽时,所得麦汁的反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力都低,表明麦芽中脂肪的LOX酶反应途径是生成反-2-壬烯醛的主要途径。

对于2个指标来说,2个LOX活力之间都有显著差异(p<0.01),说明使用低LOX活力麦芽有利于降低反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力。

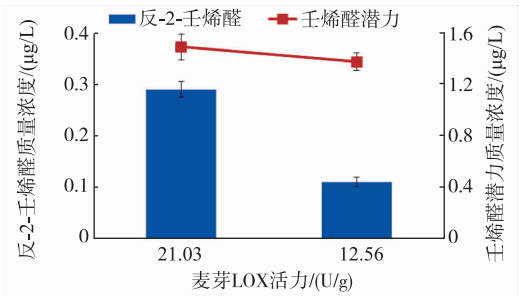


图7 麦芽LOX活力对麦汁反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力的影响

Fig. 7 Influence of LOX activity on T2N and NP of wort

2.2.5 大生产验证试验 在上述试验的基础上,在年产量60万千升的工厂,开展蛋白质休止温度(50、55 ℃)、LOX活力优化验证试验(调整不同LOX麦芽的搭配比例,使最终混合麦芽的LOX活力分别为25.5、14.4 U/g),其它工艺参数保持一致,生产8 °P纯生啤酒,并做强制老化试验(35 ℃/7 d),对比分析强化酒的反-2-壬烯醛含量、新鲜度得分以及新鲜酒的壬烯醛潜力。

使用不同LOX麦芽与调整休止温度对于麦汁、冷贮酒、成品常规指标没有明显影响,都符合青岛啤酒公司内控标准要求(相关数据这里不再列出)。

将成品酒在35 ℃强化7 d,分析反-2-壬烯醛质量浓度。从图8可以看出,LOX活力低的麦芽生产出来的啤酒反-2-壬烯醛质量浓度较低,在50 ℃和55 ℃时,反-2-壬烯醛降低的幅度分别为25.0%和22.2%。与50 ℃相比,55 ℃休止时的啤酒反-2-壬烯醛质量浓度较低,高LOX和低LOX活力时分别降低了10.0%和6.7%。表明降低LOX活力,适当提高休止温度有利于降低反-2-壬烯醛质量浓度,尤其LOX活力对反-2-壬烯醛的降低幅度更大,表明LOX酶降解途径是生成反-2-壬烯醛的主要途径。与对照相比,强化啤酒中反-2-壬烯醛质量浓度已有大幅度降低,但还没有达到阈值以下,表明降低反-2-壬烯醛除了调整糖化工艺外,还可以采取优化制麦工艺、降低贮存温度等措施。

单因素方差分析显示,4个水平之间有显著差异(p<0.05)。两两比较,50 ℃下2个活力时,55 ℃下2个活力时都分别有显著差异。高活力下2个温度时,低活力下2个温度时都没有显著差异。这也表明活力对反-2-壬烯醛的影响大于温度的影响。

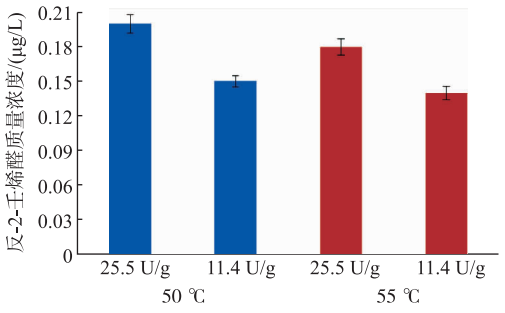


图8 休止温度和LOX活力对强化啤酒反-2-壬烯醛的影响

Fig. 8 Influence of resting temperature and LOX activity on T2N of aging beer

组织专业评委(10人)品评强化酒的新鲜度,按照从1到10进行新鲜度打分,对每个样品得分求平均值。如图9所示,LOX活力低的麦芽生产出来

的啤酒新鲜度得分较高,在 50 ℃和在 55 ℃下,新鲜度得分增加的幅度分别为 16.1%和 7.1%。与 50 ℃相比,55 ℃休止时的啤酒新鲜度得分较高,高 LOX 和低 LOX 活力时分别增加了 12.9%和 4.2%,尤其 LOX 活力较高时,休止温度的影响非常明显。

单因素方差分析显示,4 个水平之间有显著差异(p<0.05)。两两比较,50 ℃下 2 个活力时,55 ℃下 2 个活力时都分别有显著差异。表明温度和活力对新鲜度都有显著影响。

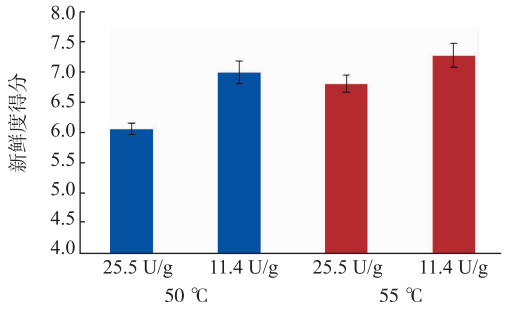


图 9 休止温度和 LOX 活力对强化啤酒新鲜度得分的影响

Fig. 9 Influence of resting temperature and LOX activity on sensory score of aging beer

啤酒在 35 ℃强化 7 d 是预测啤酒老化的常规方法,相当于在常温放置一月左右,但不能完全表征保质期内啤酒的老化状态。因此,需测定啤酒的壬烯醛潜力。壬烯醛潜力表征着啤酒货架期释放反-2-壬烯醛含量的高低。

如图 10 所示,LOX 活力低的麦芽生产出来的啤酒壬烯醛潜力较低,在 50 ℃和在 55 ℃下,壬烯醛潜力降低的幅度分别为 20.0%和 20.3%。与 50 ℃相比,55 ℃休止时的啤酒壬烯醛潜力较低,高 LOX 和低 LOX 活力时分别降低了 9.2%和 9.6%。LOX 活力对壬烯醛潜力的影响大于温度的影响,可能是因为 LOX 活力较高时,生成了较多的反-2-壬烯醛,促进了反-2-壬烯醛与氨基酸(多肽)胺基的结合,即导致壬烯醛潜力大量生成,也表明了 LOX 酶反应途径是生成反-2-壬烯醛的主要途径。

单因素方差分析显示,4 个水平之间有显著差异(p<0.05),两两比较也都有显著差异。表明温度和活力对壬烯醛潜力都有显著影响。

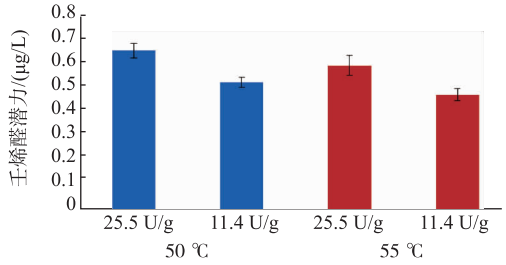


图 10 休止温度和 LOX 活力对啤酒壬烯醛潜力的影响

Fig. 10 Influence of resting temperature and LOX activity on NP of beer

3 结 语

本文中通过优化糖化工艺条件和优选低 LOX 麦芽降低 LOX 的作用,最终减少反-2-壬烯醛和壬烯醛潜力的含量,提高啤酒新鲜度。

40 多家啤酒工厂的 437 个市场抽样啤酒经专业评委品评,结果显示有纸板味缺陷的样品占 50.3%,有纸板味的Ⅱ档酒(新鲜度<6 分)占 9.1%,远高于酱油味和焦味,表明纸板味是导致啤酒老化的主要风味缺陷。采用 SPME-GC-MS 分析 83 个Ⅱ档酒中的 9 种老化醛含量,结合阈值,计算出超标比例,显示反-2-壬烯醛超标比例最高(78%),确定反-2-壬烯醛是导致啤酒老化的主要物质。

研究糖化条件对麦汁中反-2-壬烯醛与壬烯醛潜力含量的影响,采用单因素方差分析评价各因素的影响及各个水平之间的差异性,确定最佳糖化工艺:蛋白质休止温度为 55~60 ℃、醪液 pH 为 5.5、EBC 粉碎机磨盘间距为 0.5 mm、麦芽 LOX 活力越低越好。

大生产验证试验显示:蛋白质休止温度为 55 ℃、使用低 LOX 麦芽时,啤酒中反-2-壬烯醛、壬烯醛潜力降低幅度分别为 6.7%~25.0%、9.2%~20.3%,啤酒新鲜度得分提高 4.2%~16.1%。单因素方差分析显示温度和活力对新鲜度和壬烯醛潜力都有显著影响。

参考文献:

[1] DROST B W,VAN DEN BERG R,FREIJEE F J M,et al. Flavor stability [J]. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**,1990,48(4):124-131.

[2] VAN WAESBERGHE J W M. Flavour stability starts with malt and in the brewhouse [J]. **Brauwelt International**, 2002(6): 375-377.

[3] NOEL S, LIEGEOIS C, LERMUSIEAU G, et al. Release of deuterated nonenal during beer aging from labeled precursors synthesized in the boiling kettle[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 1999, 47(10): 4323-4326.

[4] HIROTA N, KURODA H, TAKOI K, et al. Development of novel barley with improved beer foam and flavor stability-the impact of kipoxygenase-1-less barley in the brewing industry[J]. **Technical quarterly–Master Brewers Association of the Americas**, 2006, 43(2): 131-135.

[5] DOUMA A C, DODERER A, CAMERON-MILLS V, et al. Low lipoxygenase 1 barley: U.S. Patent 6, 660, 915[P]. 2003-12-9.

[6] BREDDAM K, OLSEN O, SKADHAUGE B, et al. Barley for production of flavor-stable beverage: U.S. Patent 7, 838, 053[P]. 2010-11-23.

[7] HOKI T, SAITO W, HIROTA N, et al. Breeding of lipoxygenase-1-less malting barley variety CDC PolarStar and effect of lipoxygenase-1-less trait on beer quality at pilot and commercial scale brewing[J]. **Brewing Science**, 2013, 66: 37-45.

[8] YE H, HARASYMOW S, ZHANG X Q, et al. Sequence variation and haplotypes of lipoxygenase gene LOX-1 in the Australian barley varieties[J]. **BMC Genetics**, 2014, 15(1): 36.

[9] FENG B, DONG Z, XU Z, et al. Molecular characterization of a novel type of lipoxygenase (LOX) gene from common wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. **Molecular Breeding**, 2012, 30(1): 113-124.

[10] GUO G, DONDUP D, YUAN X, et al. Rare allele of HvLox-1 associated with lipoxygenase activity in barley (*Hordeum vulgare* L.)[J]. **TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische und Angewandte Genetik**, 2014, 127(10): 2095.

[11] UEDA T, SASAKI K, INOMOTO K, et al. Development of novel malt evaluation method for improving beer flavor stability[C]//Proceedings of the 28th EBC Congress, Verlag Hans Carl, Nü rnberg, Germany. 2001: 55-61.

[12] LIEGEOIS C, MEURENS N, BADOT C, et al. Release of deuterated (E)-2-nonenal during beer aging from labeled precursors synthesized before boiling[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2002, 50(26): 7634-7638.

[13] SUN W, DU J, JIN Y, et al. Preliminary research on wheat lipoxygenase during malting[J]. **Journal of the Institute of Brewing**, 2012, 118(2): 192-197.

[14] GUIDO L F, BOIVIN P, BENISMAIL N, et al. An early development of the nonenal potential in the malting process [J]. **European Food Research and Technology**, 2005, 220(2): 200-206.

[15] DE BUCK A, AERTS G, BONTE S, et al. Relation between lipoxygenase extraction during brewing, reducing capacity of the wort and the organoleptical stability of beer [C]//PROCEEDINGS OF CONGRESS-EUROPEAN BREWERY CONVENTION. Oxford University Press, 1997, 26(1): 333-340.

[16] YANO M, MORIKAWA M, YASUI T, et al. Influence of wort boiling and wort clarification conditions on cardboard flavor in beer[J]. **Technical quarterly–Master Brewers Association of the Americas**, 2004, 41(3): 317-320.

[17] DEBOURG A, LAURENT M, GOOSSENS E, et al. Wort aldehyde reduction potential in free and immobilized yeast systems[J]. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, 1994, 52(3): 100-106.

[18] SAISON D, DE SCHUTTER D P, VANBENEDEN N, et al. Decrease of aged beer aroma by the reducing activity of brewing yeast[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2010, 58(5): 3107-3115.

[19] NOEL S, LIEGEOIS C, LERMUSIEAU G, et al. Release of deuterated nonenal during beer aging from labeled precursors synthesized in the boiling kettle[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 1999, 47(10): 4323-4326.

[20] FICKERT B, SCHIEBERLE P. Identification of the key odorants in barley malt (caramalt) using GC/MS techniques and odour dilution analyses[J]. **Molecular Nutrition & Food Research**, 1998, 42(6): 371-375.

[21] VESELY P, LUSK L, BASAROVA G, et al. Analysis of aldehydes in beer using solid-phase microextraction with on-fiber derivatization and gas chromatography/mass spectrometry [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2003, 51(24): 6941-6944.

[22] YANG G, SCHWARZ P. Activity of lipoxygenase isoenzymes during malting and mashing[J]. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, 1995, 53(2): 45-49.

[23] YU J, HUANG S, et al. The influence of LOX-less barley malt on the flavour stability of wort and beer [J]. **Journal of the Institute of Brewing**, 2014, 120(2): 93-98.

[24] LI Y,SCHWARZ P B. Use of a ferrous oxidation-xylenol orange (FOX) assay to determine lipoxygenase activity in barley and malt[J]. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**,2012,70(4):287-289.
[25] MEILGAARD M C. Flavor chemistry of beer:Part II:Flavor and threshold of 239 aroma volatiles [J]. **Tech Quart,Master Brewers Ass Am**,1975,12:151-168.
[26] YIN H,TIAN Y H,HAO J G,et al. Research of change of 18 aging indicators in beer during fermentation [J]. **Science and Technology of Food Industry**,2013,34(1):63-66.(in Chinese)

会　议　消　息

会议名称(中文):国际生物化学学会第六届年会

所属学科:化学生物学,生物技术与生物工程
开始日期:2017-10-17
结束日期:2017-10-20
所在城市:上海市　　黄浦区
具体地点:华东理工大学
主办单位:华东理工大学、生物反应器工程国家重点实验室
E-MAIL:icbs2017@chemical-biology.org
会议网站:http://icbs2017.ecust.edu.cn/

会议背景介绍:谨代表组委会,我们诚挚邀请您参加将于 2017.10.17-2017.10.20 在中国上海举行的国际生物化学学会第六届年会(ICBS2017)。 ICBS2017 年会旨在全球范围内召集生物化学领域的各前沿领导者、技术推动者、领域新星、学员以及做出贡献的研究者们,分享激动人心的研究突破和最新技术、讨论目前存在的挑战及未来发展方向、以期提高生物化学的社会影响力。本次会议将提供面对面的交流互动、技术探讨,以促进商业联系和未来的合作;邀请具有重要贡献的学科建设者、青年科学家和技术先驱者代表,并为其提供一个交互平台;且将从所有提交的演讲摘要中选择部分进行报告交流。 为促进生物化学研究者的职业发展,我们将遵照历届 ICBS 的传统,在会议上选出"国际生物化学学会青年生物化学学者"的获奖者。此外,ICBS2017 的预会议部分将由年轻的研究人员和学生共同组织,预会议将动员下一代年轻科学者,提出创新的方法来迎接科学的重大挑战。