

啤酒酵母提前絮凝的研究进展

陆 健^{1,2,3,4}, 商曰玲^{1,2,3}, 孙军勇^{2,3}, 蔡国林^{2,3}

(1. 江南大学 工业生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 粮食发酵工艺与技术国家工程实验室, 江苏 无锡 214122; 3. 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122; 4. 宿迁市江南大学产业技术研究院, 江苏 宿迁 223800)

摘要: 酵母提前絮凝是啤酒企业时有发生的现象, 因其复杂的影响因素至今对酵母提前絮凝的发生机理及提前絮凝因子的本质没有明确的证实, 也因此给整个啤酒酿造产业链造成了极大的困扰。近年来, 随着环境污染及各种恶劣天气的出现, 导致啤酒酵母提前絮凝发生相对增多, 对麦芽企业及啤酒企业造成一定经济和名誉损失。作者综述了啤酒酵母提前絮凝的国内外最新研究进展, 包括机理假说、提前絮凝因子的来源、形成机制及控制研究, 以期对啤酒产业链提供有效解决酵母提前絮凝的思路和方法。

关键词: 啤酒; 大麦芽; 啤酒酵母; 酵母提前絮凝; 微生物

中图分类号: Q 815 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)05—0449—07

Research Progress of Premature Yeast Flocculation in Beer

LU Jian^{1,2,3,4} SHANG Yueling^{1,2,3} SUN Junyong^{2,3} CAI Guolin^{2,3}

(1. Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. National Engineering Laboratory for Cereal Fermentation Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4. Industrial Technology Research Institute of Jiangnan University in Suqian, Suqian 223800, China)

Abstract: Premature yeast flocculation (PYF) is a periodic occurrence phenomenon in beer brewing. The mechanism of PYF and the nature of the PYF factors have not been clearly confirmed, because of complex influence factors, which bothered the entire chain of beer brewing. In recent years, PYF has relatively increased with the advent of environment pollution and bad weather which could lead to this phenomenon. Finally, brewing industries including the maltsters and brewers suffer a serious economic loss and a damaged reputation. In this paper, the research progresses of PYF both in domestic and abroad was reviewed, including the hypothesis of mechanism, the origin and the

收稿日期: 2014-04-07

基金项目: 国家 973 计划项目(2013CB733602); 国家自然科学基金项目(31171736); 国家 863 计划项目(2013AA102109); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(JUSRP51302A); 安全食品精深加工科技创新平台建设项目(2012B091400030); 江苏省普通高等学校科研成果产业化推进项目(JHB2012-26); 江苏省高校优势学科建设工程资助项目; 高等学校学科创新引智计划(111计划)资助项目(111-2-06); 江苏省科技支撑计划项目(BE2012397)。

作者简介: 陆 健(1968—), 男, 江苏太仓人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事发酵工程、生物化学与分子生物学方面的研究。

E-mail: jlu@jiangnan.edu.cn

form mechanism of PYF factors, and the control methods of PYF, with the objective to provide a thought and effective methods to solve this problem in brewing industry chain.

Keywords: beer, barley malt, yeast, premature yeast flocculation (PYF), microbial

啤酒是人类最古老的饮料,世界消耗量仅次于水和茶。啤酒不仅是一种低酒精度饮料,它含有丰富的蛋白质、维生素、苦味素、树脂等,可堪称为营养食品。2013年,世界啤酒产量达 1.92×10^{11} L,作为世界第一大啤酒生产国的中国,啤酒产量达到 5.062×10^{10} L,连续12年居世界产量第一。

近年来,由微生物污染导致的啤酒大麦麦芽品质下降及其对成品啤酒品质的影响成为国内外研究的热点。比如:微生物导致的啤酒毒素残留;啤酒喷涌;啤酒酵母提前絮凝 (premature yeast flocculation, PYF);啤酒浑浊、风味败坏等^[1]。有害微生物污染过的大麦或麦芽对啤酒会造成危害已在学术界形成共识。啤酒大麦在田间、收割过程及贮藏期间受环境中微生物的侵染,在制麦过程中,适宜的环境条件等促使微生物的增长,微生物之间的互利共生或竞争及微生物生物活性及代谢产物与大麦自身的发芽过程形成了复杂的生态系统,严重的微生物污染或有害微生物污染均对麦芽及成品啤酒品质造成负面影响。

1 酵母提前絮凝研究

酵母是啤酒发酵的灵魂,絮凝性良好的啤酒酵母,发酵结束时能迅速沉降,不但减少了分离酵母所耗的能源,也避免酵母长时间悬浮于发酵液中发生自溶。酵母提前絮凝 (PYF) 是指啤酒发酵过程中,酵母还没有将可利用的发酵性糖发酵完全就大量沉降了。啤酒表现为残糖高、酒精度低以及具有不良风味^[2-5],同时伴随易导致微生物侵染、 CO_2 溶解率下降、 SO_2 含量高、啤酒过滤困难、酵母不可重复利用及发酵过程不易控制^[6],给啤酒生产带来严重的经济损失^[7-8]。

PYF 是啤酒酿造企业时有发生现象,会给麦芽企业和啤酒企业带来严重的经济损失及品牌影响。早在1976年^[9],日本麒麟啤酒集团就报道过PYF

的发生。到目前为止,对PYF的研究已有几十年,但对由啤酒原料大麦麦芽引起的酵母提前絮凝的形成机制仍没有科学、全面、系统的阐明。其主要原因:一是酵母絮凝因素的复杂性。影响酵母絮凝的因素很多,比如酵母自身基因的表达调控、发酵液中提供的生长所必须的营养成分、发酵条件^[10](温度、pH、溶氧、离子强度、酒精含量、渗透压、剪切力)及酵母细胞的生理特性^[8](细胞表面的疏水性、活性、细胞膜的完整性、饥饿度、传代数等)等。由大麦麦芽原料引起的PYF,首先要排除以上酵母絮凝因素的影响,从而导致研究PYF现象的难度增加;二是啤酒酿造过程的复杂性,使得PYF具有不可预见性。啤酒大麦的制麦过程及啤酒发酵过程均是复杂的多步骤流程,大麦自身生态系统与外界环境(包括环境中微生物)形成了相互作用,相互影响的复杂体系,对研究由啤酒大麦麦芽引起PYF形成极大的挑战。

20世纪50年代到80年代,因PYF的不定时发生性及相对不普遍性,对PYF的研究报道极少。20世纪末至21世纪初,PYF在啤酒企业时有发生且日益普遍,国外几大啤酒集团,如南非米勒啤酒集团^[11-13]、日本麒麟啤酒集团^[2-3,5]、日本朝日啤酒集团^[14]等,对PYF的发生机理假说及啤酒大麦麦芽中PYF因子来源、形成均有研究报道;国内的青岛啤酒股份有限公司^[15-19]、北京燕京啤酒股份有限公司、英博雪津啤酒有限公司^[20-22]、华润雪花啤酒(中国)有限公司和中粮麦芽(大连)有限公司^[23]等企业,对PYF检测方法、制麦过程工艺条件对麦芽PYF的影响、PYF阳性麦芽控制使用等均有相关研究。由此可见,酵母提前絮凝是世界啤酒行业现实存在的问题,且随着国际环境气候变化及恶劣天气增加,由微生物污染导致的啤酒大麦麦芽品质下降,进而影响麦芽的酿造品质,加剧PYF的发生频率并已经引起各大啤酒企业的密切关注。

2 导致酵母提前絮凝的机理假说

2.1 多糖桥假说

此假说认为,来自大麦麦芽的不同相对分子质量大小的酸性多糖键联酵母,导致酵母聚集絮凝沉降。1991年,Herrera和Axcell^[12]分离得到相对分子质量大小100 000的多糖,其单糖组成包括阿拉伯糖(27%)、木糖、甘露糖、半乳糖(均为16%~17%)以及一些葡萄糖和鼠李糖(均为12%~14%)。免疫金电镜观察,此种多糖紧紧的结合在絮凝的酵母细胞表面。随后,Koizumi^[2,5]采用酵母作为吸附柱,收集PYF因子,然后用阴离子交换柱分离得到PYF因子,其主要组成是阿拉伯糖、木糖、半乳糖和鼠李糖及半乳糖醛酸等,相对分子质量小于40 000。用商业酶Sanzyme1000水解后,小于5 000的组分仍具有PYF活性。经研究推测,此种小分子片段是由葡萄糖醛酸阿拉伯木聚糖和阿拉伯半乳聚糖蛋白及

鼠李糖半乳糖醛酸聚糖构成的复杂多糖。另刘源源等^[21-22]提取纯化了麦汁中具有PYF活力的多糖,发酵液中添加量越高其PYF倾向越严重,发酵度和酒精体积分数降低,双乙酰和乙醛含量升高,高级醇、酯类、二甲基硫等含量降低。经性质研究该多糖为糖蛋白,糖质量分数为58.3%,蛋白质质量分数为3.8%。

酵母絮凝的发生是酵母细胞产生类凝集素并分泌到细胞壁,与甘露聚糖残基在钙离子介导下结合,从而絮凝沉降。PYF的多糖桥假说,简单来说就是发酵液中存在一些不同相对分子质量的阿拉伯木聚糖(均称PYF因子),在类凝集素产生并分泌后,直接键连了酵母细胞,从而使酵母絮凝沉降,见图1。至今已有研究证实,PYF因子为阿拉伯木聚糖为主链的含氮的酸性多糖,且相对分子质量不是单一的,由此PYF因子的来源及形成机制也成为进一步研究的目标。

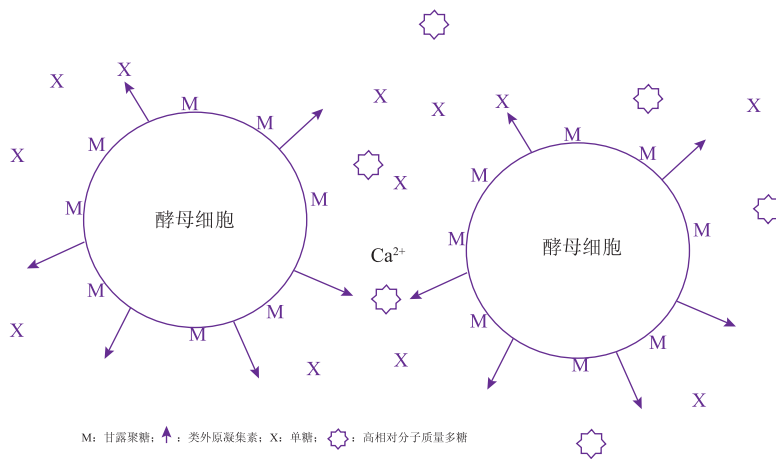


图1 PYF的多糖桥假说

Fig. 1 Polysaccharides theory of premature yeast flocculation

2.2 抗菌多肽假说

大麦在田间或在制麦过程中,为了抵御微生物侵染而产生的一些具有抗菌特性的蛋白质,如硫堇、防御素和非特异性脂转移蛋白(ns-LTP)等。此种抗菌多肽同时具有抗啤酒酵母活性,两亲性的多肽会破坏细胞膜的完整性,并减少酵母细胞对糖的吸收。早在1970~1973年,Okada^[24-25]等人分离到一种抗酵母活性的多肽,相对分子质量为9 800,致死剂量为4 mg/L,10倍稀释后不会导致酵母死亡,但会抑制酵母对糖的吸收。进入21世纪, Van Nierop和Axcell^[26]研究报道了麦芽抗菌多肽提取物对酵母生长的抑制作用。微生物污染严重的大麦的抗菌蛋

白类提取物对酵母的抗性也越大,此种物质包括 α -硫堇、LTP-1a和其它ns-LTPs。同时,Stanislava^[27]从发芽大麦中提取的TLP和ns-LTP1,能够抑制酿酒酵母的生长、发酵和呼吸作用。而Smart实验室^[28]和Speers实验室^[29]对PYF阳性麦芽麦汁抑制酵母代谢的研究,证实PYF阳性麦汁中酵母对糖的吸收与对照没有显著差异,否定了抗菌多肽这一假说。

至今,由抗菌多肽引起啤酒酵母提前絮凝的研究较少,以上研究表明,从大麦中提取而来的抗菌多肽对酵母活性的确有影响,然而,由大麦到成品麦芽,大麦自身防御系统抵御外界不良环境影响(特别是微生物的侵染)而产生的主要病程相关蛋

白(包括抗菌多肽),其种类和含量均需要进一步深入研究。通过现代蛋白质组学技术对 PYF 麦芽蛋白质组进行全面的解析,并找寻与 PYF 具有相关性的蛋白质是深入研究该假说的重要思路。

3 酵母提前絮凝因子的来源及特性

Herrera 和 Axcell^[11-13] 研究报道称,啤酒大麦麦芽皮壳水浸提成分加入到正常麦汁发酵液中会导致 PYF 的发生,并确定起作用的为其中的多糖组分。随后, Van Nierop 和 Cameron-Clarke^[30] 发现去掉 PYF 阳性麦芽皮壳,酵母延迟絮凝,没有 PYF 现象发生。此外, Koizumi 和 Ogawa^[3] 从麦芽中分离得到具有 PYF 活性的物质,经检测为多种相对分子质量的酸性多糖。作者所在实验室最新研究表明, PYF 因子不仅存在于麦芽的皮壳部分,同样也存在于非皮壳部分,且达到一定含量才会引发 PYF 现象^[31]。另外,值得注意的是, Fujino 和 Yoshida^[9] 在 1976 年指出阿魏酸(FA)是 PYF 活性物质的组成成分。而 Joseph C. Lake^[32] 的研究证明,足够量的游离态 FA 可以导致 PYF 发生。

由此可见,国际上大部分研究认为啤酒大麦或麦芽中的 PYF 因子主要存在于大麦或麦芽的皮壳部分。众所周知,阿拉伯木聚糖是大麦皮壳及胚乳细胞壁的主要组成部分,其在制麦及糖化过程中的降解对啤酒品质具有重要影响。来自啤酒大麦麦芽中的多糖类物质经糖化,进入发酵液,并引起酵母的提前絮凝。来源于大麦或麦芽的 PYF 因子是否只存在于皮壳部分;糖化过程是否存在物质转化等问题还需要进一步研究确定。此外,麦芽中阿拉伯木聚糖侧链上的 FA(结合态 FA)对 PYF 是否具有促进作用,结合态 FA 与 PYF 因子的酸性基团或活性中心是否具有一定的相关性,这些问题是了解 PYF 因子物质组成的重要思路,也是改善或控制 PYF 发生亟待解决的问题。

4 酵母提前絮凝因子的形成机制

4.1 与大麦麦芽微生物直接相关

2004 年, Van Nierop 和 Cameron-Clarke^[30] 发现,大麦麦芽表面的真菌培养物降解正常麦芽皮壳会导致 PYF;商业化微生物木聚糖酶作用于麦芽皮壳也会导致 PYF;直接加入小麦的阿拉伯木聚糖也会导致 PYF。研究证明,侵染啤酒大麦、麦芽的微生物

(包括细菌、真菌,此研究中为真菌)因生长繁殖的需求,产生木聚糖酶,作用于大麦麦芽皮壳,降解皮壳产生多种不同相对分子质量的阿拉伯木聚糖,而正是这些高相对分子质量的多糖,经糖化进入发酵液,引起酵母提前絮凝。基于已有的国内外研究报告,结合导致酵母提前絮凝的多糖桥假说,此种推测合乎逻辑。此外,2014 年 Speers 教授最新研究^[33] 表明,田间大麦在种植期间受到旋胞腔菌(*Cochliobolus sativus*)或禾谷镰刀菌(*Fusarium graminearum*)的侵染,其后制得的麦芽经发酵,会发生 PYF。赵丽等研究了传统分离培养并鉴定了 PYF 阳性(PYF⁺)和 PYF 阴性(PYF⁻)麦芽中的微生物群落结构,比较得出 PYF 阳性麦芽微生物数量较多,从而推断与酵母的提前絮凝有较大相关性^[19];杨春霞等发现外加霉菌小于 10⁴ 个/g 时,霉菌(镰刀菌,根霉和烟曲霉)污染量越多,麦芽引发 PYF 越强^[16]。

因此, PYF 因子可简单表述为:大麦麦芽污染微生物所分泌的酶类降解大麦组分而产生的高相对分子质量阿拉伯木聚糖。由啤酒大麦原料到成品啤酒,包括大麦在田间生长、成熟、收割、分散运输及啤酒大麦贮藏、制麦、糖化、发酵等工艺,而各个环节或阶段的工艺条件均非无菌控制,因此啤酒大麦表面及内部的微生物、外界环境中的微生物均会对大麦有不同程度的侵染。PYF 因子的产生在各个环节均是可能的。已有的研究证实, PYF 的发生与微生物侵染存在必然的联系,这也为育种及制麦企业早期预防大麦病变或筛选大麦品种提供参考。

制麦过程是原料大麦到啤酒的重要环节,且在制麦过程中,合适的温度和水分不仅为大麦发芽提供了条件,同时也为大麦表面及环境中微生物的生长提供了合适的条件,因此,控制制麦过程中微生物的生长繁殖,是解决麦芽 PYF 的重要途径。

4.2 与大麦制麦过程相关

美国 Anheuser-Bush Inc. 的 Joe Hertich 指出,制麦过程对 PYF 有重要影响。浸麦水温不稳定、通风不够(CO₂ 不能及时排出)、管道污染都会引起 PYF。日本麒麟集团也指出,浸麦过程中增加流体压力会增加 PYF。单连菊^[17] 综合分析麦芽对 PYF 影响的机理,提出制麦过程中 CO₂ 含量至关重要;高抗酵母活性只与 PYF 麦芽有关,但并非所有的 PYF 麦芽都具有高抗酵母活性。制麦企业良好的制麦工艺条件与设备,是确保麦芽品质的重要保证。

5 酵母提前絮凝的控制研究

关于 PYF 的控制研究,对于啤酒原料大麦的选择,首先是尽量避免使用有病害的大麦,对于受潮大麦或是遭受恶劣环境的田间大麦也尽量避免用来生产制麦。此外,还可以多应用无壳大麦(裸大麦)品种,如 CDC Freedom, CDC McGwire 等。对成品的大麦或麦芽,其 PYF 倾向性的控制方法主要有:

1)制麦前,清洗大麦,减少微生物污染;保持制麦过程中通风,特别是浸麦断水阶段及发芽过程中,降低 CO₂ 体积分数,提高 O₂ 体积分数,保持制麦车间空气清新度。

2)糖化前,对麦芽进行湿粉碎,或是对成品麦芽进行水洗和烘干^[4]。

3)PYF 阳性麦芽的搭配使用:PYF 阳性麦汁(占 10%或 25%)与 PYF 阴性麦汁搭配,会减轻 PYF 的严重性。Nakamura 指出, PYF 阳性麦芽比例小于 5%,完全没有问题;另高于 50%的发酵 7 d 的 PYF 阳性发酵液以 3:1 与发酵 3 d 的 PYF 阴性混合;提高发酵温度(10~12.5 ℃),可使 PYF 阳性麦芽用量达 40%。史刚^[5]则提出生产中避免使用高 PYF

值的麦芽,不同 PYF 值麦芽混合搭配使用,并确定青岛啤酒股份有限公司麦芽(或混合后麦芽)PYF 值在 85%~115%之间。

4)麦汁中添加单宁酸(25~100 mg/L),能够克服 PYF,因单宁酸可以与酵母表面结合,扰乱酵母絮凝。

5)构建酵母絮凝基因缺陷型。如李静怡^[34]构建了 flo8 缺陷型啤酒酵母基因工程菌,改良了其絮凝性能,更适用于 PYF 麦芽的发酵。

6 展望

酵母提前絮凝是世界啤酒行业现实存在的问题,且随着国际环境气候变化及恶劣天气增加,由微生物污染导致的啤酒大麦麦芽品质下降,进而影响麦芽的酿造品质,加剧了 PYF 的发生频率,同时已经引起各大啤酒企业的严重关注。针对现行国内外研究现状,结合我国各产区啤酒大麦的主要特点(比如:大麦皮厚,褶皱多,污染微生物含量高等),有针对性的适当控制田间大麦及制麦过程中微生物的侵染,突破性的确定 PYF 因子及其形成机理是进一步研究的方向,并以此找到控制和解决问题行之有效的方法。

参考文献:

- [1] Van Nierop S N E, Rautenbach M, Axcell B C, et al. The impact of microorganisms on barley and malt quality-A review[J]. *J Am Soc Brew Chem*, 2006, 64(2): 69-78.
- [2] Koizumi H, Kato Y, Ogawa T. Barley malt polysaccharides inducing premature yeast flocculation and their possible mechanism [J]. *J Am Soc Brew Chem*, 2008, 66(3): 137-142.
- [3] Koizumi H, Ogawa T. Rapid and sensitive method to measure premature yeast flocculation activity in malt [J]. *J Am Soc Brew Chem*, 2005, 63(4): 147-150.
- [4] Lake J C, Speers R A. A discussion of malt-induced premature yeast flocculation [J]. *Tech Q Master Brew Assoc Am*, 2008, 45(3): 253-262.
- [5] Koizumi H, Kato Y, Ogawa T. Structural features of barley malt polysaccharides inducing premature yeast flocculation [J]. *J Am Soc Brew Chem*, 2009, 67(3): 129-134.
- [6] Panteloglou A G, Smart K A, Cook D J. Malt-induced premature yeast flocculation: current perspectives [J]. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 2012, 39(6): 813-822.
- [7] Axcell B C. *Brewing Yeast Fermentation Performance*[M]. Oxford: Blackwell Science, 2003, 120-128.
- [8] Jin Y L, Ritcey L L, Speers R A, et al. Effect of cell surface hydrophobicity, charge, and zymolectin density on the flocculation of *Saccharomyces cerevisiae*[J]. *J Am Soc Brew Chem*, 2001, 59(1): 1-9.
- [9] Fujino S, Yoshida T. Premature flocculation of yeast induced by some wort constituents [J]. *Rept Res Lab Kirin Brewery Co Ltd*, 1976, 19: 45-53.
- [10] Soares E V. Flocculation in *Saccharomyces cerevisiae*: a review[J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2010, 110: 1-18.

- [11] Herrera V E, Axcell B C. The influence of barley lectins on yeast flocculation[J]. **J Am Soc Brew Chem**, 1989, 47(2): 29-34.
- [12] Herrera V E, Axcell B C. Studies on the binding between yeast and a malt polysaccharide that induces heavy yeast flocculation[J]. **J Inst Brew**, 1991, 97: 367-373.
- [13] Herrera V E, Axcell B C. Induction of premature yeast flocculation by a polysaccharide fraction isolated from malt husk[J]. **J Inst Brew**, 1991, 97: 359-366.
- [14] Jibiki M, Sasaki K, Kagami N, et al. Application of a newly developed method for estimating the premature yeast flocculation potential of malt samples[J]. **J Am Soc Brew Chem**, 2006, 64(2): 79-85.
- [15] 史刚. 利用麦芽 PYF 值调整酵母絮凝性[J]. 啤酒科技, 2007, 8: 33-36.
- SHI Gang. Adjusted the yeast flocculability by using PYF value of malt[J]. **Beer Technology**, 2007, 8: 33-36. (in Chinese)
- [16] 杨春霞, 李崎, 王家林, 等. 麦芽霉菌污染引发啤酒酵母提前絮凝现象的研究[J]. 酿酒科技, 2007, 1: 50-53.
- YANG Chunxia, LI Qi, WANG Jialin, et al. The study of premature yeast flocculation by polluting the malt by mold [J]. **Beer Technology**, 2007, 1: 50-53. (in Chinese)
- [17] 单连菊. 麦芽对酵母絮凝的影响机理分析及评估方法比较[J]. 啤酒科技, 2008, 1: 18-22.
- SHAN Lianju. The effect of premature yeast flocculation mechanism by malt and evaluation methods[J]. **Beer Technology**, 2008, 1: 18-22. (in Chinese)
- [18] 单连菊, 郝俊光, 赵玉祥, 等. 快速发酵法测定麦芽引起酵母提前絮凝(PYF)的方法建立与应用[J]. 啤酒科技, 2008, 4: 16-19.
- SHAN Lianju, HAO Junguang, ZHAO Yuxiang, et al. The establishment and application of a rapid determination of premature yeast flocculation induced by malt[J]. **Beer Technology**, 2008, 4: 16-19. (in Chinese)
- [19] 赵丽, 李蓉, 江晓路, 等. 引起啤酒酵母提前絮凝的麦芽微生物群落分析[J]. 生物加工工程, 2011, 9(5): 48-52.
- ZHAO Li, LI Rong, JIANG Xiaolu, et al. Microbiological analysis on premature yeast flocculation of malt [J]. **Chinese Journal of Bioprocess Engineering**, 2011, 9(5): 48-52. (in Chinese)
- [20] 胡维胜, 汪东风, 吴英敏, 等. 麦芽 PYF 因子活力评价及其与酵母絮凝联系研究[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 337-341.
- HU Weisheng, WANG Dongfeng, WU Yingmin, et al. Study on malt PYF factors evaluation and relationship with yeast flocculation[J]. **Food Science**, 2007, 28(11): 337-341. (in Chinese)
- [21] 刘源源, 汪东风, 胡维胜, 等. 麦芽酵母超前絮凝多糖对啤酒发酵液质量的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 153-155.
- LIU Yuanyuan, WANG Dongfeng, HU Weisheng, et al. Effects of premature yeast flocculation polysaccharide in malt on beer fermentation[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2009, 30(6): 153-155. (in Chinese)
- [22] 刘源源, 汪东风, 胡维胜, 等. 麦芽中超前絮凝因子多糖的提取与性质研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(1): 82-84.
- LIU Yuanyuan, WANG Dongfeng, HU Weisheng, et al. purification and characterization of a polysaccharide in malt inducing premature yeast flocculation[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2009, 30(1): 82-84. (in Chinese)
- [23] 石殿瑜, 胡丽媛, 邱然. 麦芽酵母提前絮凝(PYF)因子的研究[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(3): 98-102.
- SHI Dianyu, HU Liyuan, QIU Ran. Research on premature yeast flocculation factor from malt [J]. **Food and Fermentation Industry**, 2010, 36(3): 98-102. (in Chinese)
- [24] Okada T, Yoshizumi H. A lethal toxic substance for brewing yeast in wheat and barley [J]. **Agricultural and Biological Chemistry**, 1970, 34(7): 1089-1094.
- [25] Okada T, Yoshizumi H. The mode of action of toxic protein in wheat and barley on brewing yeast [J]. **Agricultural and Biological Chemistry**, 1973, 37(10): 2289-2294.
- [26] Van Nierop S N E, Axcell B C, Cantliff I C, et al. Optimised quantification of the antiyeast activity of different barley malts towards a lager brewing yeast strain[J]. **Food Microbiology**, 2008, 25(7): 895-901.
- [27] Stanislava G. A Review: the role of barley seed pathogenesis-related proteins (PRs) in beer production[J]. **J Inst Brew**, 2010, 116(2): 111-124.
- [28] Panteloglou A G, Box W G, Smart K A, et al. Optimization of a small-scale fermentation test to predict the premature yeast

- flocculation potential of malts[J]. **J Inst Brew**, 2010, 116(4):413-420.
- [29] Porter A V, Lake J C, Gill T A, et al. A method to detect anti-metabolic factors in fermentations [J]. **J Inst Brew**, 2010, 116(3): 280-284.
- [30] Van Nierop S N E, Cameron-Clarke A, Axcell B C. Enzymatic generation of factors from malt responsible for premature yeast flocculation[J]. **J Am Soc Brew Chem**, 2004, 62(3): 108-116.
- [31] SHANG Y L, LI X M, CAI G L, et al. Premature yeast flocculation factors from barley malt present in both malt husk and the non-husk part[J]. **J Inst Brew**, 2014, 120(3): 220-224.
- [32] LAKE J C. Detection of Malt Inducing Premature Yeast Flocculation: Mechanisms and Composition [D]. Canada: Dalhousie University, 2008.
- [33] Macintosh A J, Macleod A, Beattie A D, et al. Assessing the effect of fungal infection of barley and malt on premature yeast flocculation[J]. **J Am Soc Brew Chem**, 2014, 72(1): 66-72.
- [34] 李静怡. 构建 flo8 缺陷型啤酒酵母基因工程菌改良絮凝性能[D]. 无锡: 江南大学, 2010.

会 议 信 息

会议名称(中文): 中国微生物学会第十五届微生物学教学和科研及成果产业化研讨会及研究生论坛

所属学科: 动植物微生物学, 生物物理学、生物化学及分子生物学, 细胞生物学, 遗传与发育生物学, 生物技术与生物工程

开始日期: 2015-07-24

结束日期: 2015-07-25

所在城市: 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐市

具体地点: 新疆师范大学学术交流中心

主办单位: 中国微生物学会普通微生物学专业委员会、农业微生物学专业委员会、普及与教育工作委员会

承办单位: 新疆师范大学 新疆微生物学会

联系人: 张瑞

联系电话: 0991-4332474

传真: 0991-4333310

通讯地址: 新疆乌鲁木齐市新医路 102 号新疆师范大学生命科学学院

邮政编码: 830054

会议网站: <http://csm.im.ac.cn/templates/team/introduction.aspx?nodeid=9&page=ContentPage&contentid=3065>

会议背景介绍:

由中国微生物学会普通微生物学专业委员会、农业微生物学专业委员会、普及与教育工作委员会主办、新疆师范大学和新疆微生物学会共同承办的“第十五届微生物学教学和科研及成果产业化研讨会”, 定于 2015 年 7 月 24-27 日在新疆乌鲁木齐举行。