

废啤酒酵母的综合应用

王 煜,王家林

(青岛科技大学生物工程与技术系,山东 青岛 266042)

摘 要: 废啤酒酵母可用来生产酵母浸膏、营养调味品、胞壁多糖、SOD、FDP 制作饲料等。目前,主要用于饲料行业,其次是食品和生物制药行业。随着生化分离技术的发展,啤酒酵母在生物制药行业中的运用将越来越广泛。综合应用啤酒酵母,不仅可获得一定的经济效益,还具有明显的环境效益。综述了啤酒酵母在食品、饲料、生物医药方面的应用。

关键词: 综合利用; 废啤酒酵母; 食品; 饲料; 生物医药

中图分类号:TS262.5;X797;TS261.1

文献标识码:A

文章编号:1001-9286(2009)10-0098-05

Comprehensive Application of Waste Beer Barm

WANG Yu and WANG Jia-lin

(Department of Bioengineering and Technology, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao, Shandong 266042, China)

Abstract: Waste beer barm could be used to produce yeast extracts, nutrition condiment, polysaccharide of cell wall, SOD, FDP and feeding stuffs etc. At present, It is mainly used in feeding stuffs industry and secondly in food industry and biopharmacy industry. With the rapid development of biological separation techniques, beer barm is widely used in biopharmacy industry. The comprehensive use of beer barm could not only achieve satisfactory economic benefits but also get obvious environmental benefits. In this paper, the use of beer barm in the fields of food, feeding stuffs and biopharmacy was reviewed.

Key words: comprehensive utilization; waste beer barm; food; feeding stuffs; biopharmacy

废啤酒酵母是啤酒工业的副产物,是在啤酒生产过程中经主发酵和后发酵酿造工艺后产生的。啤酒酵母的营养成分十分丰富,据测定,含有 50 %左右的蛋白质,含人体必需的 8 种氨基酸、6 %~8 %的 RNA; 酵母细胞的细胞壁含有 25 %~35 %的酵母多糖,主要为葡聚糖和甘露聚糖。啤酒酵母中的维生素和矿物质含量丰富,富含维生素 B₁、B₂、B₆ 和 B₁₂,而且多以磷酸酯形式存在,故易被人体吸收。此外,酵母细胞中还含有丰富的酶系和生理活性物质,如辅酶 A、辅酶 O、辅酶 I、细胞色素 C、凝血质、谷胱甘肽等^[1]。近年来,随着我国啤酒工业的迅速发展,啤酒产量逐年递增。2008 年我国啤酒产量突破 4000 万 t,连续 7 年蝉联世界第一啤酒大国的称号。然而每生产 100 t 啤酒就可产含水分 75 %~80 %的剩余酵母泥 1.5 t^[2]。据计算,仅 2008 年所产的剩余酵母泥达 60 万 t 以上。目前,国内对废啤酒酵母的研究已达到一定水平,但与国外相比啤酒酵母利用的生产工艺有待提高。大规模的综合应用废啤酒酵母必将为啤酒企业创造良好的经济效益,提高企业竞争力,同时也有利于环境保护,为社会提供更多的就业机会。本文从啤酒酵母在制药、食品、饲

料等方面的应用进行综述。

1 在制药工业方面的应用

啤酒酵母由于含有多种氨基酸、核酸、维生素、酶类和其他生物活性物质,因而在生物制药行业中具有广阔的开发前景。其中,利用废啤酒酵母提取具有生物活性的功能物质已逐渐成为研究的热点,目前主要生产和开发 SOD、核酸及其衍生物、1,6-二磷酸果糖、谷胱甘肽、葡聚糖、药用干酵母、甘露聚糖等产品。

1.1 制取超氧化物歧化酶(SOD)

SOD 是一种重要的氧自由基清除剂,具有延缓衰老、提高人体免疫力、预防和治疗某些疾病的作用。SOD 是近 10 多年研究较多、发展较快的新型益寿保健品添加剂,主要应用于医药、化妆品和保健食品生产。目前,我国 SOD 产品主要从牲畜血液中提取,该方法所用原料有限,SOD 质量不稳定。而酵母细胞中含有较多的 SOD,并且酵母菌作为生产 SOD 的材料来源之一,具有繁殖快、代谢时间短、产率高、易培养、易大规模化生产、不受季节与自然条件限制等优点,因此,国内外学者研究利用酵母

基金项目:青岛科技大学校园启动资金资助。

收稿日期:2009-07-21

作者简介:王煜(1986-),男,山东省泰安市人,在读硕士研究生。

细胞生产 SOD。提取 SOD 后的酵母残渣及杂蛋白可考虑加工为饲料或饲料蛋白添加剂,可真正做到综合利用废啤酒酵母,达到清洁生产的目的,具有较好的应用前景。

廖湘萍等^[3]最新研究了利用异丙醇破壁、丙酮二次纯化提取 SOD 的生产工艺,最佳提取条件为:异丙醇浓度 90%、时间 120 min、pH 7.0,粗酶液收率 73%,所得 SOD 的酶比活性为 3048.7 U/mg。与胞内提取 SOD 的老工艺相比,具有设备少、操作简单、成本低等特点。

1.2 制取谷胱甘肽(GSH)

谷胱甘肽是生物体内的重要活性物质,具有清除自由基的作用,特别是对于维持生物体内适宜的氧化还原环境起着至关重要的作用。临床试验结果表明,GSH 可以迅速增强机体的免疫力,人体内 GSH 含量增加后对消化系统、呼吸系统和新陈代谢等都有很大的帮助^[4]。此外,GSH 还有改善性功能和消除疲劳的作用。近年来,还发现 GSH 具有抑制艾滋病毒的功效。GSH 与治疗肿瘤的药物配合使用,可以减轻这些药物对肝脏和肾脏的毒性作用,与维生素 G 一起服用,可预防由空气污染和紫外照射诱发的肿瘤等^[5]。因此,谷胱甘肽在食品、医药等领域的应用日益受到人们的重视。

邱雁临等^[6]研究了从啤酒废酵母中提取 GSH 的工艺流程及参数。结果表明,壳聚糖对啤酒废酵母抽提物中 GSH 有一定的吸附能力,吸附率为 85.68%,最佳提取条件为:上柱 GSH 抽提液最适 pH 为 7.0,最适洗脱剂为 pH4.4 的磷酸盐缓冲液。

在发酵液中添加 L-蛋氨酸可作为产生 GSH 的引物。当啤酒废酵母的浓度达到 30 g/L 时,葡萄糖和 L-蛋氨酸的浓度分别为 30 g/L 和 1.0 g/L,GSH 量达到 13.18 mg/g。

1.3 生产 1,6-二磷酸果糖(FDP)

大量药理学研究表明,FDP 对休克、急性心肌梗塞、心肌缺血等病症具有良好疗效,是临床上广泛应用的心管特效药。目前,国产 FDP 药物还不能满足国内市场的需要,仍然依靠进口。

王富科等^[7]进行了利用啤酒废酵母为转化介质,以葡萄糖、磷酸盐为底物的 FDP 生产工艺的研究。采用了正交实验方法得到了制备 FDP 的最佳优化条件:温度为 39℃、pH 为 6.7、反应时间为 5 h、葡萄糖浓度为 0.6 mol/L、氯化铵为 12 mg、 PO_4^{3-} 浓度为 0.6 mol/L、氯化钾 24 mg,FDP 产量可达到 110.17 mg/g。结果表明,以啤酒废酵母为转化酶制备 FDP,工艺简单、成本低、具有一定的应用价值。

1.4 制取 β -葡聚糖

β -葡聚糖是构成酵母细胞壁的主要成分。作为一种

功能因子,葡聚糖具有增强机体免疫力,抗肿瘤,抗氧化,促进伤口愈合,抗辐射,降低胆固醇和血脂的作用机制。另外,由于其在人的消化器官内难以被消化,可以作为非卡路里食品添加剂,提供脂肪样口感,在冷冻食品的生产中作为脂肪替代物。 β -葡聚糖因其较好的功能性和生物活性引起了国内外学者的重视,因此对其提取方法研究较多,除了传统的酸法浸提、碱法浸提外,又有一些新型的分离纯化方法。

李骥等^[8]人通过单因素和正交实验得出自溶-碱法提取啤酒酵母 β -(1,3)-D 葡聚糖的最佳工艺条件为:定量酵母粉,以料液比 1:30 加入 3% NaCl 水溶液,40℃水浴 24 h,4000 r/min 离心弃上清液;以料液比 1:30 加入 2% NaOH 水溶液,95℃水浴提取 3 h,4000 r/min 离心去上清液,蒸馏水洗 2 次,60℃烘干,得成品。

Naohito Ohno 等^[9]利用次氯酸钠和二甲基亚砷联合提取 β -葡聚糖,避免了葡聚糖的降解,提高了 β -葡聚糖的产量。Suphantharika^[10]研究最佳抽提 β -葡聚糖的工艺条件是在 90℃下,用 1.0 mol/L 的 NaOH 配成 1:5 (w/v) 碱液抽提 1 h。

1.5 甘露聚糖

酵母甘露聚糖是酵母细胞壁外包着的一层胶状糖蛋白。多糖活性与相对分子质量、溶解度、黏度等物理化学性质有关。修饰多糖分子结构可大大提高其活性,如甲基化、乙酰解、硫酸酸化等。据报道,酵母主要含葡聚糖、甘露聚糖、半乳甘露聚糖和戊糖基甘露聚糖等多糖成分,不同的酵母含有不同类型和不同结构的多糖。甘露聚糖是较主要的一种酵母多糖,存在于细胞壁外层,具有免疫活性和抑制肿瘤生长等作用。

1.6 制备药用干酵母

目前,药用干酵母已成功用于医药领域,其药理作用是助消化,提供蛋白质、维生素等营养物质。生产工艺:酵母泥→洗涤→过筛→脱苦、脱色→过滤→喷雾干燥→酵母干粉→调制→药用干酵母^[11]。

1.6.1 制备富硒酵母

啤酒酵母具有生长繁殖快,发酵周期短,对微量元素吸收率高等特点,是将无机硒转化为有机硒的理想载体。硒是人和动物体内谷胱甘肽过氧化物酶(GSHPX)的辅助因子,具有清除对机体有害的自由基,防止细胞膜氧化受损的作用,其广泛存在于生命机体的肝、肾、心、肺等。而缺硒可能导致癌症、心肌梗塞等多种疾病的发生,通过膳食摄取足够的硒可起到预防有关疾病的作用。GSHPX 利用谷胱甘肽使有毒性的过氧化物还原为无害的羟基化合物,使过氧化物分解,清除活性自由基部位,保护细胞膜结构和功能,修复分子损伤。酵母具有较高的富硒能力,并能将毒性高的无机硒转化为安全的有机硒。硒酵母

作为一种安全有效的食品硒源,受到国内外研究者的重视,并对硒酵母中硒的有机结合形态、生物学作用机制等进行了研究。硒酵母在一些国家已成为一种商业化产品,目前国外报道的富硒酵母硒含量达 $1400\text{ }\mu\text{g/g}$ 酵母。国内报道的富硒酵母一般是将普通的酿酒酵母或稍作筛选的酵母在添加有适量亚硒酸钠的发酵培养基中,于一定的培养条件下获得,细胞硒含量为 $300\sim 1200\text{ }\mu\text{g/g}$ 酵母。

1.6.2 制备富含铬酵母

铬(III)是葡萄糖耐量因子的中心活性成分,能协助胰岛素维持正常糖耐量并影响糖类、脂类、蛋白质和核酸的代谢。啤酒酵母具有富集多种微量元素的能力,是目前最可能作为微量元素载体的最优菌种。利用啤酒酵母的这一特点制备富含铬酵母,使其作为功能性补铬食品和治疗糖尿病及其他心血管疾病的药品,已成为学者们研究的热点。

1.7 制取核酸、核苷酸类药物

作为啤酒工业的副产物之一的啤酒废酵母中 RNA 含量达 $6\%\sim 8\%$,是 RNA 生产的较好原料。RNA 是重要的生物遗传物质,主要分布在细胞质中,是指导蛋白质合成的模板物质。核酸大分子的不完全水解产物中有核苷和核苷酸。其中,鸟苷酸(GMP)和肌苷酸(IMP)是强力助鲜剂,胞苷酸(CMP)和尿苷酸(UMP)可作为癌症、肝炎及冠心病等治疗药物的原料。医学上 RNA 可作为生产治疗癌症、脑震荡、肝炎、带状疱疹、冠心病、病毒性疾病的原料。充分利用啤酒废酵母,既可减少环境污染,又可创造可观的经济效益。

从啤酒酵母中提取 RNA 的工艺方法很多,广泛应用于工业化生产的有浓盐法和稀碱法,由于稀碱法提取颜色较深,很难溶解,而且对设备要求较高,设备一次性投资费用较大,再加上其管理和维护原因,因此一般采用浓盐法。该方法简单可靠,对设备要求较低,便于管理和维护。浓盐法提取啤酒废酵母中的 RNA,是基于改变啤酒废酵母的渗透压,使酵母细胞自身破裂,释放出 RNA。

宋旭鹭等^[12]对影响浓盐法提取啤酒酵母中核苷酸的条件进行了研究。结果得出,其较优的生产条件为:温度 $95\text{ }^{\circ}\text{C}$,加盐量 10% ,提取时间 120 min ,调等电点 $\text{pH}4.2$ 沉淀蛋白质后, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 静置 8 h 。在此条件下, 45 g 湿酵母(相当于 10 g 干酵母)可提取 0.5308 g RNA, A_{260}/A_{280} 为 1.988 ,纯度可达 90% 以上。

2 在食品工业方面的应用

啤酒酵母由于自身所含的氨基酸、维生素、矿物质和多糖等营养成分比较丰富,因而在食品行业有广泛的应用前景。目前,主要用于生产食用营养酵母、酵母浸膏、天然调味品等营养食品。

2.1 食用营养酵母

食用营养酵母是一种可食用的、营养丰富的单细胞微生物,是一种无酶活力、干燥的死酵母,既不需要提取,也不需要附加物。将废啤酒泥回收,经过清洗、脱苦、干燥工艺即可得到低水分含量的干酵母粉末。

国外的一些营养学家就食用酵母对人体进行了很多营养试验。事实证明,在医疗监督下食用酵母总是有益的,因为食用酵母中蛋白质、维生素以及各种可同化的生物成分含量非常丰富。

普通食用酵母一般不经过特殊培养,完全依靠酵母本身的天然营养成分。目前,日本回收啤酒酵母中 20% 用于制造食用酵母,麒麟公司和朝日公司都相继推出这种产品。其中,朝日食品和保健品公司推出的“粉末啤酒酵母”食品,易于消化,可直接饮用,也可用于烹调 and 加到酸奶中食用。但我国这种资源还没有得到很好的利用^[13]。

2.2 生产酵母浸膏

酵母浸膏是借酵母菌体的内源酶(蛋白酶、核酸酶、碳水化合物水解酶等)将菌体的大分子物质水解成小分子而溶解所得的物质。酵母浸膏可用于生物培养、食品工业调味滋补剂及医药工业高级营养制品等。酵母浸膏的生产工艺流程:啤酒废酵母→预处理→自溶→浓缩调配→成品^[14]。

2.3 生产营养调味品

利用废酵母可以生产富含多种氨基酸、多肽、呈味核苷酸、维生素、多种微量元素的调味品,产品不仅滋味鲜美,而且营养丰富,是当今市场较流行的集调味、营养功能于一体的天然食品。

2.3.1 酵母味素

从啤酒废酵母中提取的酵母味素,富含 8 种人体必需氨基酸、多肽、呈味核苷酸、B 族维生素、有机酸、碳水化合物和人体必需的 14 种矿物质等。因不含胆固醇及脂肪,所以酵母味素是新型天然调味剂。

莫重文^[15]研究了以啤酒酵母为主要原料,通过自溶法和酶解法生产酵母味素。研究了洗涤、均质、自溶时间、酶制剂的选择及搅拌等因素对酵母细胞自溶的影响。得出了啤酒酵母自溶的最佳工艺条件,啤酒酵母经 $0.5\%\text{ NaHCO}_3$ 脱苦,加 2.5 倍体积的水和 3% 食盐,用胶体磨均质 1 min , $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 自溶 10 h ,加入 1.5% 蛋白酶和 0.2% 葡萄糖酶自溶 12 h (搅拌 20 min 停 30 min),然后 $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 灭酶 10 min ,再加入核酸酶 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 自溶 3.5 h ,经分离、浓缩可获得 68.5% 的酵母味素。

2.3.2 营养酱油

近年来,酱油生产的主要蛋白质原料豆粕(豆饼)价格持续上升,企业为了降低成本积极寻找新的蛋白质原料。以啤酒酵母为主要原料,辅以豆粕等蛋白质物料,采

用现代生物技术方法,使其酵母细胞内容物(包括蛋白质、糖类和核酸等)和豆粕中的物质溶出并分解成相应的水解产物,如氨基酸、肽类、葡萄糖、核苷酸等,再经过一系列的后加工处理,生产出比传统酿造酱油更鲜美、营养更高的新型的酵母酱油,为消费者提供一种新的选择^[16]。

2.3.3 海藻糖

在食品工业中,利用海藻糖的非还原性、保湿性、耐冻性、耐干燥性以及良好的甜味特性,用来防止因干燥或冷冻引起的变性,或与其他甜味剂混合使用作为食品的甜味剂,还可以作为一些调料、食品的品质改良剂。张雪莲等^[17]先对废啤酒酵母进行微波、高温处理促使酵母细胞破壁,再以40%的乙醇溶剂进行浸提,最后经脱色、脱蛋白、脱盐后结晶干燥得到了海藻糖成品。

2.4 生产胞壁多糖

酵母细胞壁由85%~90%的碳水化合物及10%~15%的蛋白质组成,约50%的碳水化合物主要为葡聚糖和甘露聚糖,细胞壁中还含有大量甘露糖蛋白。葡聚糖和甘露聚糖在人的消化道中难以被消化,可作为膳食纤维发挥作用,并具有增强细胞免疫力、提高巨噬细胞活性及治癌等功效。

吴小刚等^[18]试验研究了从啤酒酵母中提取胞壁多糖的提取工艺。提取工艺为:酵母溶解→融融→超声波破碎→碱溶→中和→沉淀→洗涤→烘干。通过正交试验对酵母破壁和碱溶条件进行优化。寻求最佳的工艺条件,多糖得率为19.4%,用苯酚-硫酸法测定多糖的含量为51.9%。

2.5 制作酵母蛋白肽

酵母中的蛋白质在蛋白酶解作用下,可以降解为具有生物活性的短肽类。现代营养学研究发现,蛋白质经消化道酶作用后并不是完全以游离氨基酸的形式被吸收,而是主要以短肽的形式被吸收。因此,功能性短肽不仅具有多种功能活性,更重要的是具有完全独立的吸收机制。杜冰等^[19]利用废啤酒酵母制备的短肽很好地保留了啤酒酵母原有的营养和功能成分,可作为功能性保健品原料,广泛应用在食品、医药及饲料行业。其工艺流程为:收集啤酒酵母→挤压喷爆→调浆→酶解破壁→二次调浆→酶解蛋白→浓缩→干燥→粉碎→酵母蛋白肽。

2.6 其他应用

以啤酒酵母为主要原料,经微生物可发酵生产酵母保健食品。最近研究较多的是利用啤酒废酵母泥生产营养果醋、发酵酸奶饮料、生产营养蛋白粉等。

3 在饲料工业方面的应用

3.1 高蛋白饲料

我国的蛋白饲料严重缺乏,每年都要从国外进口大量鱼粉,啤酒废酵母将是我国蛋白饲料加工的一个宝贵

资源。酵母中含有丰富的蛋白质,系由各种氨基酸组成。啤酒酵母中富含氨基酸,这些氨基酸大部分是人体和动物所需要的,尤其是人体必需的8种氨基酸含量已接近理想蛋白质水平,具有较重要的氨基酸药理作用,而且,谷物中所缺少的赖氨酸,在啤酒酵母蛋白中的含量为400 mg/1000 mg。将啤酒厂的废弃酵母泥经过滤后,所得滤液可回收啤酒,滤饼送入自溶罐中加入一定量的水,直接通入蒸汽加热,并开动搅拌器进行酵母自溶。自溶温度关系到回收酵母质量,通过试验选择最佳自溶温度为50~55℃。将自溶后的酵母浆用泵送入高位槽,酵母浆由高位槽流入干燥机进行干燥,干燥后粉碎即成干酵母粉^[20]。

3.2 开发营养型发酵饲料

通常作为饲料的啤酒干酵母粉是利用啤酒酿造过程中排出的废酵母泥经脱水干燥而成。然而,酵母泥的脱水干燥工艺设备投资大、耗能大、成本高,酵母作为副产品数量又有限,缺乏规模生产的效益。为了充分发挥啤酒酵母的饲料营养功能,国家海洋局第三海洋研究所开发研究利用啤酒厂废酵母泥作菌种,培养为菌母,以廉价的谷糠为原料,采用固体发酵工艺,开发营养型的发酵饲料。成品发酵饲料的粉状成品呈浅桔黄色,有浓郁的啤酒酵母香味。粗蛋白平均含量23.2%、水分10.5%、粗脂肪6.7%、粗纤维10.6%、灰分8.4%,富含氨基酸、B族维生素和矿物质、且干燥后的发酵饲料成品不反潮、不吸湿、抗霉变能力强、保存期较长^[21]。

3.3 颗粒混合饲料

国内已有啤酒厂把啤酒生产过程中的固体废弃物,主要是废啤酒酵母,还包括麦粒、麦根、废过滤硅藻土等一起收集。干原料直接进行粉碎,湿原料干燥后进行粉碎,然后根据一定的配比,混合搅拌均匀,再加入一些粘结剂挤压成型,制成颗粒混合饲料。这种方式对啤酒厂废弃固形物进行综合治理和利用,不仅减少环境污染、变废为宝,并且有可观的经济效益。

3.4 直接作为鱼虾饵料

啤酒酵母是单细胞微生物,废酵母中除有活体酵母菌外,还包括自溶的酵母和死亡的酵母细胞,在水生生态系统物质循环中,活体酵母成为鱼虾类的适口饵料。自溶及死亡细胞类似于水体中的有机碎屑,滤食性鱼类和甲壳类均能直接摄食。其次,含水分高的酵母泥可以直接作为颗粒饲料配制中的部分原料。亦可将湿酵母泥制成干燥酵母粉,作为配制颗粒饲料中的蛋白源代替常用作提高鱼用饲料蛋白质水平的鱼粉或鱼油。

4 啤酒废酵母滤液中回收酒精

目前,对酵母泥回收利用的主要方法是通过板框压滤获得酵母饼和啤酒液,前者用于生产各种生物制品,已

得到充分的利用。而分离出的大量啤酒液却多被废弃,这不仅浪费了大量的酒精资源,而且造成了环境污染。合理利用这一资源已是迫在眉睫。李鹏等^[22]利用从啤酒酵母泥中压滤得到的废啤酒中含有的 4.5 %vol 的酒精,将其蒸馏可得到用于白酒生产的优质酒精。研究了回流比、起始酒精浓度等对蒸馏效果的影响,正交实验确定了最佳的工艺参数为:酒精起始浓度为 60 %vol,回流比为 3,酒头提取量为 3 %,酒尾提取量为 14 %。

5 利用啤酒酵母处理豆制品生产废水

邵伟等^[23]介绍了以豆制品生产废水为培养原料,通过对啤酒酵母的培养,使培养基中的营养成分被酵母菌吸收利用,从而降低废水中的污染指标。废水中的 SS、COD_{Cr} 和 BOD₅ 可分别降低至 390 mg/L、670 mg/L 和 260 mg/L,去除率分别达到 93.9 %、94.5 %和 96.9 %。酵母菌菌体获得大量繁殖,所获得的干酵母其粗蛋白含量达到了 21.57 %、粗纤维为 12.84 %,从而实现了豆制品生产废水资源化利用的目的。

6 结语

啤酒工业生产中副产物废啤酒酵母的开发前景十分广阔,废啤酒酵母目前主要用于饲料行业,其次是食品和生物制药行业,随着生化分离技术的发展,啤酒酵母在生物制药行业中的运用将越来越广泛,成为研究的热点。对啤酒酵母的处理采取综合利用途径,互相弥补不足,全面利用啤酒酵母中的各种营养成分,采取一些有效的方法,最终高效处理啤酒酵母。全面综合利用啤酒酵母不仅可获得一定的经济效益,而且还具有明显的环境效益和一定的社会效益,应该值得我们广泛提倡。

参考文献:

- [1] 孙伟峰,周素梅,王强.废啤酒酵母综合利用研究进展[J].化工进展,2008,27(7):990-991.
- [2] 管敦仪.啤酒工业手册[M].北京:中国轻工业出版社,1998.
- [3] 廖湘萍,徐功瑾,付三乔.利用啤酒酵母生产 SOD 的提取条件研究[J].酿酒科技,2007,(5):89-91.
- [4] Meister A, Anderson M E. Glutathione[J]. Ann. Rev. Biochem. 1983, 52: 711-760.
- [5] 苏晓晋.功能性食品添加剂-谷胱甘肽分离纯化工艺的研究[D].无锡:江南大学,2006.
- [6] 邱雁临,殷伟,潘飞,等.吸附层析法从啤酒废酵母中提取谷胱甘肽[J].生物技术,2005,15(1):49-51.
- [7] 王富科,马浩,梁军.利用啤酒酵母制备 1,6-二磷酸果糖[J].石油化工应用,2008,27(4):33-36.
- [8] 李骥,孟小林.自溶-碱法提取啤酒酵母 β -(1,3)-D 葡聚糖工艺研究[J].酿酒,2008,35(2):67-70.
- [9] Naohito Ohno, Michihare Uchiyame, Aiko Tsutuzi, et al. Solubilization of yeast cell-wall β -(1,3)-D-glucan by sodium hypochlorite oxidation and dimethyl sulfoxide extraction[J]. Carbohydrate Research, 1999, 316(1-4): 161-172.
- [10] Suphantharika M, Khunrae P, Thanardldt P, et al. Preparation of spent brewer's yeast β -glucans with a potential application as an immunostimulant for black tiger shrimp, penaeus monodon[J]. Bioresource Technol, 2003, (88): 55-60.
- [11] 郭雪霞,张慧媛,来创业,等.啤酒废弃物在制药工业中的应用[J].食品与药品,2007,9(11):54-55.
- [12] 宋旭鹭,赵国峰,张洪林,等.浓盐法提取啤酒酵母中核苷酸的生产条件研究[J].酿酒科技,2006,(5):89-91.
- [13] 牡丹,赵春燕.啤酒酵母泥综合利用的研究动态[J].啤酒科技,2006,(8):31-32.
- [14] 田玲,王华,张颖,等.啤酒酿造过程中废弃物的综合利用[J].农业工程技术,2007,(5):36-37.
- [15] 莫重文.利用啤酒酵母生产酵母味素的研究[J].中国酿造,2006,(9):38-41.
- [16] 莫重文.啤酒废酵母在酱油生产上的应用[J].河南工业大学学报,2008,29(3):33-38.
- [17] 张雪莲.从酵母中提取纯化海藻糖[D].天津:河北工业大学,2005.
- [18] 吴小刚,吴周和,吴传茂.啤酒酵母多糖提取工艺条件的研究[J].饲料工业,2006,27(9):27-29.
- [19] 杜冰,杨公明.利用啤酒酵母制作蛋白肽[P].中国专利:200610104749.6,2007-03-28.
- [20] 金立忠,杨迎军.啤酒酵母的综合利用[J].食品工程,2006,(4):12-14.
- [21] 郭雪霞,张慧媛,来创业,孙学华.啤酒副产品在饲料工业中的应用[J].饲料工业,2007,28,(21):59-62.
- [22] 李鹏,周广田.从啤酒废酵母滤液中回收酒精的研究[J].酿酒科技,2008,(7):90-92.
- [23] 邵伟,唐明,仇敏.利用啤酒酵母处理豆制品生产废水的研究[J].中国酿造,2008,(11):71-73.

白云边酒业产业集群进入湖北省 60 家重点产业集群行列

本刊讯 近日 经过考核评审 白云边酒业产业集群正式被确定为 2009 年湖北省 60 家重点产业集群之一。白云边酒业产业集群进入全省重点产业集群行列后 将可享受省政府有关政策支持 有利于进一步发挥白云边酒业公司产业龙头的示范、整合和带动作用 发展上下游产业 拓展产业链条 形成产业配套能力 推动白云边酒业产业集群的快速壮大。

白云边酒业产业集群的发展规划是壮大一个主导产业——白酒制造业,扶持三大配套的上游产业——包装印刷业、玻璃制品业、物流业 培育三大相关的下游产业——蛋白饲料、生物有机肥、工业旅游,建设三个原料基地——小麦基地、稻谷基地、高粱基地 形成地方经济新的增长点。(王小波)