

小麦胚芽的产业化开发现状与发展趋势

徐斌, 董英*

(江苏大学食品与生物工程学院, 镇江 212013)

摘要: 小麦胚芽资源的开发利用对于缓解中国十分紧缺的蛋白和油脂资源, 提高人类膳食营养与健康水平具有重要的现实意义。该文在分析中国小麦胚芽资源分布与品质状况、小麦胚芽的利用现状以及存在问题的基础上, 从小麦胚芽高效提取、稳定化、小麦胚芽油萃取、小麦胚芽微生物转化等方面, 论述了关于小麦胚芽深加工技术与装备的国内外最新发展趋势。最终提出了从心磨系统提取高纯度小麦胚芽、采用微波在线稳定化小麦胚芽、亚临界流体萃取小麦胚芽油、小麦胚芽粕进一步发酵制备抗肿瘤功能食品的技术集成方案, 旨在为面粉加工企业进一步深入开发利用小麦胚芽资源提供参考。

关键词: 分离, 稳定化, 萃取, 小麦胚芽, 生物转化

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.z2.066

中图分类号: TS210.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-Supp.2-0341-05

徐斌, 董英. 小麦胚芽的产业化开发现状与发展趋势[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 2): 341-345.

Xu Bin, Dong Ying. Present situation and trends of wheat germ industrialization developing[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(Supp.2): 341-345. (in Chinese with English abstract)

0 引言

小麦是中国的主要粮食作物之一, 年产量约 1.1 亿 t, 其中 80% 左右用于生产面粉。小麦胚芽是小麦制粉时的副产品, 小麦籽粒由麸皮、胚乳、胚芽三部分组成, 其中, 胚芽约占籽粒质量的 2%~3%, 由此推算, 中国小麦胚芽年潜藏量高达 200~250 万 t。小麦胚芽是小麦籽粒的生命源泉, 含有极其丰富且优质的蛋白质、脂肪、多种维生素、矿物质及微量生理活性成分, 被誉为“人类天然的营养宝库”^[1]。小麦胚芽的丰富营养及其中突出的生理功能成分, 一直受到国外研究者与企业界的重视, 并不断开发出系列功能性食品。

1 中国商用小麦胚芽资源分布与品质状况

粮食加工副产物的深加工与综合利用是粮食工业发展的重要方向, 也是保障国家粮食安全的有效举措, 而发展该产业的首要任务是了解和掌握粮食副产物资源分布与品质状况。

据统计, 2008 年中国小麦粉产量 5 505.6 万 t, 面粉产量在 100 万 t 以上的省份有: 河南、山东、江苏、安徽、河北、陕西、湖北、甘肃、广东、四川和新疆等 11 个省区^[2]。许多文献据此推算, 中国 WG 产量高达 280~420 万 t^[3], 然而国内市场上商用 WG 流通量却非常有限。许多文献还报道 WG 中油脂质量分数在 15% 以上, 但国内

一些小麦胚芽油加工企业的油脂提取率却不足 5%。为此, 2010 年, 董英等对中国小麦胚芽资源进行了系统调查, 并从 11 个小麦主产区具代表性的大型制粉企业采集商用小麦胚芽样品, 分析其主要营养组成、酸价以及微生物污染状况, 研究中国小麦胚芽资源分布状况与品质差异性。结果表明, 目前中国每年实际可利用小麦胚芽约 20 万 t, 主要集中在山东、河南、河北和江苏等省(表 1); 商用小麦胚芽的平均水分质量分数为 12.1%、蛋白质为 33.07%、脂肪为 11.12%; α -V_E 含量为 250.97 μ g/g, 赖氨酸质量分数为 2.10%; 菌落总数为 2.65×10^4 cfu/g, 酸价为 22.80 mgKOH/g。

表 1 中国小麦主产区麦胚产量估算

Table 1 Evaluation of wheat germ production of main production areas in China

主产区	面粉产量/万 t	小麦胚芽产率/%	小麦胚芽产量/万 t
河南	1246.7	0.30	5.34
山东	1129.7	0.40	6.46
江苏	679.1	0.30	2.91
安徽	505.0	0.30	2.16
河北	496.6	0.45	3.19
陕西	225.5	0.40	1.29
湖北	193.5	0.12	0.33
甘肃	143.1	0.38	0.78
广东	139.9	0.60	1.20
四川	115.4	—	—
新疆	113.6	0.10	0.16
合计	4988.1		23.82

注: 四川省被咨询的 4 家面粉企业在制粉过程中没有分离小麦胚芽。

收稿日期: 2011-08-30 修订日期: 2011-10-25

基金项目: 江苏省重大科技成果转化项目(BA2009111); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 徐斌(1969-), 副教授, 博士研究生, 主要从事粮食深加工技术与装备研究。江苏省镇江市学府路 301 号 江苏大学食品与生物工程学院, 212013, Email: xubin@ujs.edu.cn

*通信作者: 董英(1954-), 教授, 博士生导师。江苏省镇江市学府路 301 号 江苏大学食品与生物工程学院, 212013. Email: ydong@ujs.edu.cn

2 中国小麦胚芽利用现状与原因分析

中国虽拥有极其丰富的小麦胚芽资源, 然而, 由于

其不易保藏的特性以及企业缺乏相应的技术与设备,长期以来,绝大多数制粉企业选择将其混入麸皮作为饲料出售,导致宝贵的小麦胚芽资源未能得到充分、合理、高效地利用。限制麦胚合理利用的原因如下:

1) 小麦胚芽的快速酸败变质。小麦胚芽是小麦籽粒中生理活性最强的部分,且脂肪含量高,当胚芽与小麦籽粒分离后,在高活力脂肪酶作用下,短时间内就会使其脂肪酸值大幅度升高,引起小麦胚芽的酸败变质;同时微生物生长繁殖加快,也会导致小麦胚芽出现结块、霉变和发酵等变质。因此,小麦胚芽快速酸败变质一直是制约小麦胚芽精深加工产业发展的瓶颈之一。

2) 小麦胚芽原料资源分散、质量良莠不齐。中国小麦胚芽量总量较大,然而,就某一小型面粉企业(250 t/d产量)而言,其小麦胚芽年产量仅为120 t左右,难以形成规模效益;另一方面面粉企业不同的制粉工艺导致小麦胚芽质量参差不齐、小麦胚芽的快速酸败变质特性、以及面粉企业相对分散,因而相关企业很难对小麦胚芽实现集约化深加工处理。

3) 小麦胚芽的深度利用技术缺乏。当前,虽然许多面粉企业一般都具有提胚能力,也曾一段时间提取了小麦胚芽,终因缺乏利用途径、小麦胚芽销路不畅和不耐贮藏,最终放弃了小麦胚芽的提取。

综上,小麦胚芽的深度开发与利用,必须具备3个先决条件:一是充足、稳定的小麦胚芽原料资源,二是小麦胚芽及时的稳定化处理,三是小麦胚芽的深度利用技术,三者缺一不可。

3 小麦胚芽高效提取技术

在小麦清理与制粉过程,可利用胚芽的粒形、密度以及碾轧后成片状等特性加以分离。小麦清理过程中,有20%~30%的胚芽脱落,并混杂在清理下脚中;而有70%~80%的胚芽经碾磨后,分别混入面粉与麸皮中,国内外面粉企业的提胚方法大致有以下3种^[4]。

3.1 在小麦清理过程中提胚

清理小麦时,采用撞击机将小麦胚芽打下,然后用吸风分离器或比重分级机将胚提出。具体提胚工艺为:小麦→精选→冲击剥脱胚芽→筛选→风选→粗碎→筛选→原形麦胚。加拿大塞尔培公司的提胚工艺,就是将清理调节水分后的小麦,采用3 000 r/min的撞击机,使小麦胚芽脱落并进入平筛分级,再经比重分级机进行分选。

国内企业如若暂时不能实现小麦清理过程中提胚,可弱化小麦打击作用,采用刷麦与大筛孔并进的方法,注重小麦表面清理,在保证清理效率前提下使小麦胚芽损失率降到10%,为提高心磨系统的提胚率创造条件^[5]。

3.2 在心磨系统中提胚

适于轻碾细磨的中长粉路。由于小麦胚芽成粉的机会少,可将清粉机及前路心磨、渣磨中所提取的小麦胚芽、麦渣混合物,经光辊碾压后,直接经平筛筛理而分离出来。图1为日处理240 t小麦生产线的典型提胚工艺。其特点是提胚的粒度范围较宽,便于将已破碎的小麦胚芽,根据粒度不同,进入不同胚磨轧扁后筛出,故胚芽

纯度和得率都比较高。

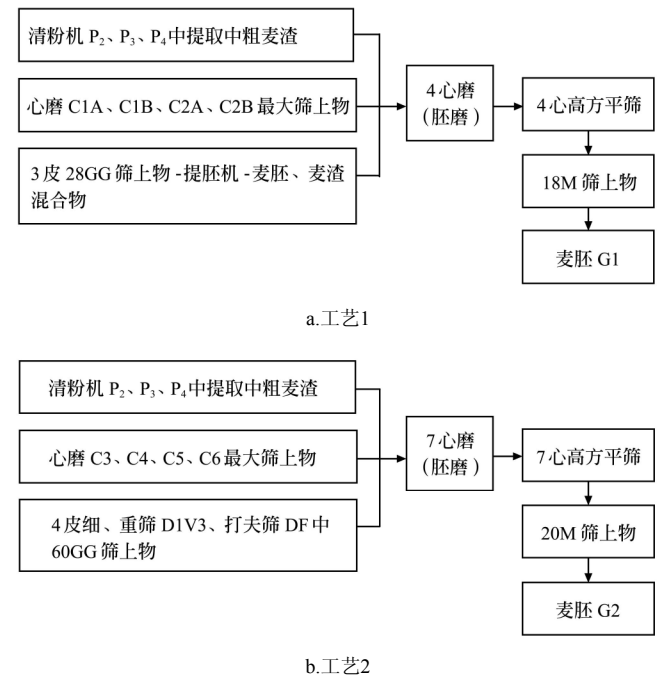


图1 日处理240 t小麦生产线的提胚工艺(布勒公司成套设备)
Fig.1 Wheat germ extraction process of 240 t/d wheat production line (Buhler equipment)

3.3 在皮磨系统中提胚

适于传统的前路出粉法(短粉路)。其方法是将1皮、2皮、3皮细等皮磨系统筛上物,用气流分离器将其中所含小麦胚芽进一步分离出。其提取工艺为:皮渣→风选→压片→筛分→提小麦胚芽。小麦胚芽混在1皮及2皮磨的磨下混合物料中,采用介于20 W和30 W之间的筛号进行粗筛,使胚芽进入麦渣清粉机。在清粉机操作上,应避免胚芽留在一层筛面去3皮,最大限度地留在2层、3层筛面上而去1渣磨,而不是穿过筛面到1心。

总之,小麦胚芽的提取技术国外还在进一步研究之中,加拿大有清理提胚工艺,英国有采用皮磨前提胚工艺,日本有心磨提胚工艺,美国制粉专家则认为心磨提胚将越来越多地被皮磨系统提胚所取代。而中国只有少部分企业重视小麦胚芽提取技术的研究,提取率和纯度与国外相比差距较大,一般提取率在0.1%~0.25%之间,纯度为80%左右。

4 小麦胚芽在线稳定化技术

防止小麦胚芽酸败变质的稳定化方法主要为热处理,包括干热和湿热处理^[6-7]。Ferrara^[8]等依据小麦胚芽的货架期与其自由巯基含量呈负相关的关系,采用蒸汽处理20~30 min,并按一定比例排放加热腔内的部分蒸汽,处理后的小麦胚芽在室温下货架期达7~8个月。一项美国专利把145℃的热空气通入流化床中将小麦胚芽加热到90℃左右,时间控制在5 s内,处理后的小麦胚芽含水率低于6%,室温下可以安全贮藏100 d左右^[9]。Yöndem等^[10]采用喷动床加热技术,200℃处理小麦胚芽6 min,其脂肪酶活力下降91.2%。经处理的小麦胚芽可放置20周,

小麦胚芽含水率、水分活度、酸价和过氧化值均没有发生明显变化。安徽东方面粉厂采用气流干燥机烘干小麦胚芽，小麦胚芽含水率可降至 4%，稳定化效果良好^[11]。

4.1 小麦胚芽多层、多室流化床干燥技术与装备（麦胚烘干机）

然而，现有的湿热处理法易导致小麦胚芽含水率升高，且设备的一次性投入较大，难以实现工业化的应用。热风干燥由于加热温度高，能耗高，且易导致热敏性物质损失，降低小麦胚芽的营养价值；而喷动床干燥目前还无法实现连续化在线工作。为此，郑州精深粮食工程机械有限公司创新研制出麦胚烘干机^[12]，采用多层、多室流化床干燥技术，由电热管加热空气，小麦胚芽在悬浮状态下加热，产品脱水均匀。

徐斌等^[13]研究了多层、多室流化床在线小麦胚芽稳定化的效果。结果表明，小麦胚芽在机内有序的逐室横移，逐层下移，热、冷空气与小麦胚芽逆流操作，使能源多次利用，高效节能，采用床外溢流技术，使流化床工作稳定、可靠；对成品含水率进行全自动控制，确保成品水分指标，最大限度地节约能源，且连续操作、节省人力。优化条件为：出风温度 45℃。处理后的小麦胚芽 V_E 损失 6.28%，氮溶解指数下降 1.11%，脂肪酸组成和相对含量未产生明显变化。产品用聚乙烯薄膜包装后置于 38℃ 恒温箱中经 30 d 加速贮藏后，过氧化值 7.2 mmol/kg，酸价（以 KOH 计）18.47 mg/g。试验表明，该装备已达到了小麦胚芽稳定化处理的基本要求。多层、多室流化床装备能与日处理 300 t 小麦专用粉生产线相配套，有效钝化小麦胚芽脂肪酶，保持小麦胚芽营养，延长保质期，且具有投资省、工艺简单、操作方便等优点。

4.2 小麦胚芽在线微波稳定化技术与装备

许多研究表明，微波钝化酶的效果优于传统的加热方式，它是微波热效应和非热效应双重作用的结果^[14-15]。微波具有加热速度快、时间短、营养物质损失少等优点，同时，微波还有灭菌和干燥等多种功效^[16]，近年来，微波技术在农产品加工领域已得到广泛应用。董英等^[17]利用自行设计的小麦胚芽在线微波稳定化专用装备，研究了不同条件对小麦胚芽稳定化效果的影响^[18]。结果表明，采用微波功率 2.8 kW、时间 4 min 处理的小麦胚芽，在 38℃ 恒温箱 30 d 加速贮藏后，脂肪酶相对酶活为 17.63%，过氧化值为 3.81 mmol/kg，酸价为 14.65 mg/g， V_E 损失率为 5.29%，氮溶解指数为 51.10%，含水率为 3.72%，脂肪酸组成和相对含量未产生明显变化。研究表明，该微波装备能与 300 t 面粉生产线相配套，有效钝化小麦胚芽脂肪酶，保持小麦胚芽营养，延长保质期，且具有节能降耗等优点。与流化床热风干燥设备相比，微波稳定化装备在明显提高小麦胚芽稳定化效果的同时，电耗降低 50% 以上。

5 小麦胚芽油萃取技术

小麦胚芽油富含维生素 E、亚油酸及廿八碳醇谷维酸等，具有很高的营养价值。特别是维生素 E 含量为植物油

之冠，已被公认为一种颇具营养保健作用的功能性油脂。

5.1 国内小麦胚芽油生产现状

小麦胚芽油的提取是目前小麦胚芽利用的主要途径之一。目前，小麦胚芽油的制取主要有 3 种方式：

1) 压榨法。压榨法由于出油率低^[19]（3%~5%），劳动强度大，胚粕的残油率高，胚粕只能作为饲料用，因此，不适合小麦胚芽油的制取。

2) 溶剂萃取。中国农业大学、武汉工业学院等对 6 号溶剂（正己烷）浸提法制取小麦胚芽油进行了系统研究^[20]，认为这种方法对含油量较低的小麦胚芽是适用的，与机械压榨法相比，浸出法有出油率高、脱脂胚粕质量好、胚粕中残油量低和生产效率高等特点。然而在混合油以及湿胚粕脱溶过程中的高温处理，会导致油脂中 V_E 的氧化和胚粕中蛋白的部分变性。

3) 超临界 CO_2 萃取。中国农业大学对该技术进行了深入的研究^[21]，认为采用超临界技术制备小麦胚芽油质量较传统工艺为好，得率也较高。南方面粉厂于 20 世纪 90 年代曾引进超临界萃取装备，生产小麦胚芽油。尽管超临界萃取小麦胚芽可直接获得高品质的麦胚油和麦胚蛋白，但由于其投资高，处理量小，导致生产成本极高，使得工业化推广应用受到限制。

5.2 小麦胚芽油亚临界流体萃取技术与装备

亚临界丁烷萃取技术，采用间歇式罐组浸出技术方案，在低温状态和一定压力下，用液态丁烷对小麦胚芽进行 4 次逆流浸出。混合油经减压蒸发，得到毛油^[22-23]。浸出后的胚粕经减压蒸发，得到低温浸出胚粕，即脱脂小麦胚芽。从混合油中和湿胚粕中蒸发出的溶剂，经压缩减压气化，气化后的溶剂气体再经过压缩机压缩、冷凝液化后循环使用（图 2）。目前该技术已经在江南面粉有限公司实现产业化。

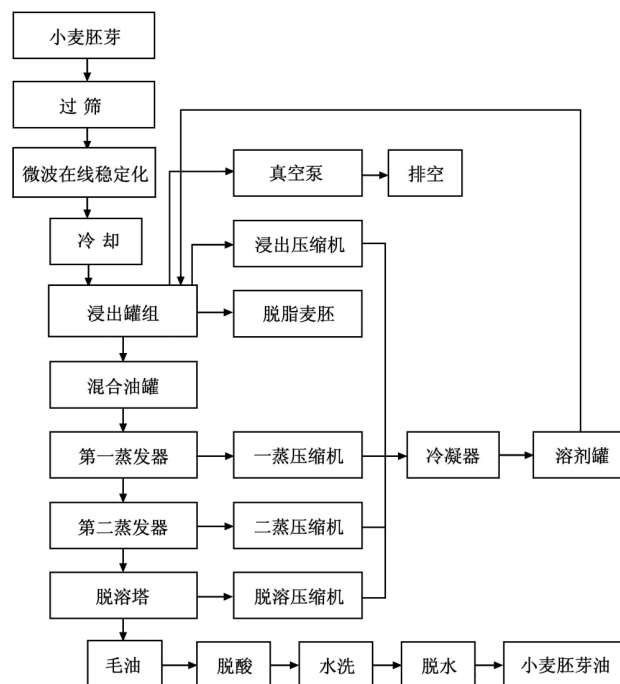


图 2 小麦胚芽油的亚临界流体萃取工艺流程

Fig.2 Sub-critical fluid extraction process of wheat germ oil

该技术的最大优点是常温浸出、低温脱溶, 所得油、粕质量好。油中 V_E 几乎不损失, 残溶小于 1 mg/kg ; 粕中蛋白变性率小于 5% 、残油率小于 1% 、残溶低于 50 mg/kg 。吨料耗溶小于 6 kg ; 脱溶仅需 90°C 的热水即可, 可节约 70% 能源。与超临界 CO_2 浸出法相比, 两种方法所得产品质量相当, 但液化丁烷浸出压力低, 工艺简单, 设备投资少, 生产成本低, 操作方便, 能实现大规模工业化生产。与压榨法相比, 出油率可提高 1 倍, 浸出油脂色泽浅, 卵磷脂含量低。

由此可见, 亚临界流体萃取技术在贵重油脂(如小麦胚芽油、大豆胚芽油、玫瑰精油、葡萄籽油等)生产领域具有明显的技术和产业化优势(表2), 亚临界低温萃取成为保值萃取小麦胚芽油的理想技术。

表2 小麦胚芽油产品、生产技术、装备对比分析
Table 2 Comparative analysis of wheat germ oil products, production technology and equipment

对比项目	亚临界流体萃取	压榨法	6号溶剂萃取	超临界 CO_2 萃取
小麦胚芽油质量	优	不好	一般	优
设备投资	中等	低	中等	大
出油率	约 8.5%	约 5.0%	约 7.5%	约 8%
粕中残油	$\leq 1.0\%$	$\geq 4.5\%$	$\leq 1.5\%$	$\leq 1.5\%$
小麦胚芽粕的质量	优	很差	差	优
吨料耗溶	$\leq 6 \text{ kg}$	无	$\leq 13 \text{ kg}$	$\leq 8 \text{ kg}$
对热敏性物质的破坏程度	无	大	一般	无
能源消耗	低	中等	高	高
自动化程度	高	低	高	高
对环境的影响	无污染	污染	污染	无污染

6 小麦胚芽的生物转化技术

小麦胚芽的开发途径主要分为脂类食品(麦胚油)、蛋白类食品(麦胚蛋白饮料)、保健食品基料(谷胱甘肽)和其他麦胚食品(麦胚营养粉、添加麦胚的各种营养食品)四类。近年来, 小麦胚芽的生物转化成为各国的研究热点。

关于小麦胚芽发酵制备抗肿瘤食品的研究, 最初由1937年的诺贝尔医学及生理学奖获得者 Albert Szent-Györgyi 于20世纪60年代提出^[24]。他发现小麦胚芽中存在2种重要的醌类物质: 2-甲氧基对苯醌(2-MBQ)和2,6-二甲氧基对苯醌(2,6-DMBQ), 能增强人体免疫力。其后, 许多文献报道了2-MBQ和2,6-DMBQ具有杀真菌、抑制细菌及抑制恶性肿瘤细胞生长的功能。20世纪90年代, 匈牙利学者 Máté Hidvégi^[25]利用面包酵母(*Saccharomices cerevisiae*)发酵小麦胚芽, 得到小麦胚芽发酵提取物, 其主要成分为上述提到的2种醌类物质, 试验证明小麦胚芽发酵提取物具有显著地抗肿瘤活性, 可提高免疫力、抑制肿瘤生长和肿瘤转移。2010年, 美国加利福尼亚大学 Tuscano Joseph 等^[26]从小麦胚芽发酵提取物中分离得到了多肽类成分, 试验证明其同样具有抗肿瘤效果。

7 展望

在国外, 小麦胚芽已被广泛应用于各种营养、保健和疗效食品中。日本1975年便以“益寿”牌小麦胚芽油胶丸推向市场; 美国安利公司生产的“小麦胚芽油营养胶囊”(商标名“纽崔莱”)在国际市场具有较高的认可度; 匈牙利利用面包酵母发酵小麦胚芽, 开发一种癌症辅助治疗营养食品(商标名“Avemar”、中文名“维麦康”), 提供给癌症患者在手术、放射性治疗、化学治疗、免疫疗法期间及之后的医疗营养品。

近几年, 面粉企业正朝着规模化方向发展, 单条面粉生产线的产量达到 500 t/d 以上, 许多大型面粉企业产量突破 2000 t/d , 行业的发展给小麦胚芽的深加工提供了充足的原料保证。国内外粮油科技工作者最新研究表明, 从面粉生产线的心磨系统可获得高纯度的小麦胚芽; 采用微波技术在线稳定化小麦胚芽能有效延长其保质期、且其营养成分损失少; 采用亚临界丁烷低温萃取小麦胚芽油, 在获得高品质小麦胚芽油的同时, 保证了粕中蛋白不变性; 小麦胚芽粕可进一步开发谷物胚芽饮料或发酵制备抗肿瘤功能食品。目前, 中国小麦胚芽深加工产品的生产刚刚起步, 尚未成规模。加速对小麦胚芽资源的开发利用, 对高效利用小麦资源, 提高中国人民的膳食营养与健康水平具有十分重要的现实意义。

[参 考 文 献]

- [1] Shurpalekara S R, Haridas R P. Wheat germ[J]. *Advances in Food Research*, 1977, 23: 187-304.
- [2] 葛毅强, 蔡同一. 小麦胚芽及其综合利用的研究进展[J]. *粮食与饲料工业*, 2000, 21(8): 3-6.
Ge Yiqiang, Cai Tongyi. Research progress of wheat germ and its comprehensive utilization[J]. *Cereal & Feed Industry*. 2000, 21(8): 3-6. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王瑞元. 我国米、面加工业的现状与发展趋向[J]. *粮食加工*, 2009, 34(6): 21-24.
Wang Ruiyuan. Rice&wheat flour processing industry status and development trends in China[J]. *Grain Processing*, 2009, 34(6): 21-24. (in Chinese with English abstract)
- [4] 时忠烈. 小麦胚的营养价值及提取方法[J]. *食品工业科技*, 1996(4): 54-56.
Shi Zhonglie. Nutritional value and extraction method of wheat germ[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 1996(4): 54-56. (in Chinese with English abstract)
- [5] 杨芳伟. 小麦胚芽油的开发与利用[J]. *西部粮油科技*, 2003(3): 28-30.
Yang Fangwei. Wheat germ oil development and utilization [J]. *China Western Cereals & Oils Technology*, 2003(3): 28-30. (in Chinese with English abstract)
- [6] Alok K, Srivastava M L, Sudha V, et al. Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough[J]. *European Food Research and Technology*, 2007, 224(3): 365-372.
- [7] Sudha M L, Srivastava A K, Leelavathi K. Studies on pasting and structural characteristics of thermally treated wheat germ[J]. *European Food Research and Technology*, 2007, 225(3/4): 351-357.

- [8] Ferrara P J. Method of producing shelf stable wheat germ[P]. 美国专利: 5063079, 1991-11-05.
- [9] Huessy E G. Processing of wheat germ to retard rancidification [P]. 美国专利: 3895121, 1975-07-15.
- [10] Yöndem-Makascioğlu F, Gürin R, Dik T, et al. Use of a spouted bed to improve the storage stability of wheat germ followed in paper and polyethylene packages[J]. *Journal of Food and agriculture*, 2005, 85(8): 1329—1336.
- [11] 杨芳伟. 浅谈小麦胚的储藏[J]. *面粉通讯*, 2006(2): 43—45.
- [12] 王初阳. 多层、多室流化床干燥机[P]. 中国专利: ZL200520030900.7, 2005-06-07.
- [13] 徐斌, 董英, 吴艳博, 等. 麦胚多层多室流化床在线稳定化试验[J]. *农业机械学报*, 2010, 41(1): 127—131.
Xu Bin, Dong Ying, Wu Yanbo, et al. Technology and equipment of stabilized storage of wheat germ by on-line multistage fluidization drying[J]. *Transactions of the CSAM*, 2010, 41(1): 127—131. (in Chinese with English abstract)
- [14] Rodríguez-López J N, Fenoll L G, Tudela J, et al. Thermal inactivation of mushroom polyphenoloxidase employing 2450MHz microwave radiation[J]. *J Agric Food Chem*, 1999, 47(8): 3028—3035.
- [15] Zwingelberg H, Fretzdorff B. Effect of microwave treatment on the keeping characteristics of food-grade wheat germ[J]. *Getredie Mehl und Brot*, 1996, 50: 214—218.
- [16] Kermasha S, Biskowski B, Ramaswamy H. Comparison of microwave, conventional and combination heat treatments on wheat germ lipase activity[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 1993, 28(6): 617—623.
- [17] 董英, 徐斌. 小麦胚芽在线微波灭酶的方法和装置[P]. 中国专利: 200710130943.6, 2007-09-03.
- [18] 徐斌, 董英, 吴艳博. 小麦胚芽的微波在线稳定化试验[J]. *农业机械学报*, 2009, 40(8): 134—138.
- Xu Bin, Dong Ying, Wu Yanbo. Study on technology of stabilized storage of wheat germ by on-line microwave processing[J]. *Transactions of the CSAM*, 2009, 40(8): 134—138. (in Chinese with English abstract)
- [19] 贾德明. 麦胚油的工艺研究[J]. *食品研究与开发*, 1990, (3): 1—6.
Jia Deming. Wheat germ oil extraction research[J]. *Food Research and Development*, 1990, 3: 1—6. (in Chinese with English abstract)
- [20] 王贤. 小麦胚芽油的浸提和维生素 E 的浓缩研究[D]. 中国农业大学, 2001.
Wang Xian. Study on the extraction of wheat germ oil and concentration of vitamin E[D]. China Agricultural University, 2001. (in Chinese with English abstract)
- [21] Ge Yiqiang, Yan Hong, Hui Bodi, et al. Extraction of Natural Vitamin E from Wheat Germ by Supercritical Carbon Dioxide [J]. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2002, 50 (4): 685—689.
- [22] 徐斌, 董英. 天然产物有效成分的亚临界流体萃取装置与方法[P]. 中国专利: 200910034263.3, 2009-09-03.
- [23] 祁鲲. 液化石油气浸出油脂工艺[P]. 中国专利: ZL90108660.6, 1993-06-07.
- [24] Szent-Györgyi A. Biological oxidation and cancer[J]. *International Journal of Quantum Chemistry*, 1982, 22: 27—30.
- [25] Hidvégi M, Rásó E, Tömösközi-Farkas R. MSC, A new benzoquinone-containing natural product with antimetastatic effect[J]. *Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals*, 1999, 14(4): 277—289.
- [26] Joseph T. Fermented wheat germ proteins (FWGP) for the treatment of cancer[P]. 匈牙利专利: PCT/US2010/035656, 2010-05-20.

Present situation and trends of wheat germ industrialization developing

Xu Bin, Dong Ying^{*}

(School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Comprehensive utilization of wheat germ (WG) has a great practical significance in relieving widespread shortage of protein and lipid resource, and raising the level of dietary nutrition and health of Chinese people. Firstly, the paper elaborates the exploitation status, resource distribution, quality difference and the existing problems of wheat germ exploitation in China. Then, the latest technology progress home and abroad is introduced in detail, including wheat germ efficient separation, stabilization, oil extraction, microbial fermentation of wheat germ, etc. Ultimately an integrated program is put forward, including the core extracting system of high purity wheat germ, on-line microwave stabilization of wheat germ, sub-critical fluid extraction of wheat germ oil, fermentative wheat germ meal for further preparation of anti-tumor function foods. The research is prospected to provide beneficial reference for flour enterprises in better exploiting wheat germ resources.

Key words: separation, stabilization, extraction, wheat germ, biological transformation