

中国小麦胚芽资源分布及深加工相关品质

徐斌¹, 苗文娟¹, 董英^{1*}, 李波¹, 徐山元²

(1. 江苏大学食品与生物工程学院, 镇江 212013; 2. 发达面粉集团有限公司, 夏津 253216)

摘要: 粮食加工副产物的深加工与综合利用是中国粮食工业发展的重要方向, 为了准确获得中国小麦资源总量、分布以及品质状况, 在调查中国小麦胚芽资源分布基础上, 从中国小麦主产区的大型面粉企业采集小麦胚芽样品, 分析商用小麦胚芽的主要营养组成以及微生物污染状况。结果表明, 中国每年实际可利用小麦胚芽约 20 万 t, 资源主要集中在山东、河南、河北等省; 商用小麦胚芽的平均酸价(以 KOH 计) 22.8 mg/g, 夏季最高达 60.4 mg/g; 其平均含水率为 12.1%、蛋白质质量分数为 33.70% (其中赖氨酸质量分数为 2.10%)、油脂质量分数为 11.12% (其中亚油酸质量分数为 58.34%), α -生育酚质量分数为 0.23%; 其菌落总数平均为 2.65×10^4 cfu/g。小麦胚芽资源调查与品质评估结果, 对中国粮食工业发展规划和粮食副产物深加工企业决策将具有重要的参考价值。

关键词: 品质控制, 营养, 农产品, 小麦胚芽, 资源分布, 调查, 差异性

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.02.042

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-02-0244-06

徐斌, 苗文娟, 董英, 等. 中国小麦胚芽资源分布及深加工相关品质[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 244-249.

Xu Bin, Miao Wenjuan, Dong Ying, et al. Resource distribution and processing quality of commercial wheat germ in China[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(2): 244-249. (in Chinese with English abstract)

0 引言

小麦是中国三大主粮之一, 年产量在 1.1 亿 t 左右, 占粮食总产 40%。小麦加工副产品之一——小麦胚芽作为小麦生长发育的基础, 蛋白质含量高^[1], 富含多种人体必需氨基酸和大量的不饱和脂肪酸和维生素, 素有生命之源的美称^[2]。

全国食品工业“十一·五”发展规划曾明确提出“加强采用生物工程等技术进行玉米深加工和对米面副产品碎米、稻壳、米糠、麸皮、小麦胚芽、玉米胚芽等的综合利用”。2010 年, 在中国小麦和面粉产业年会上, 粮食行业协会白美清会长再次提出, 加快推进小麦粉加工业转变发展方式更好地为国家粮食安全服务, 其中重要的一条举措就是“抓深度加工、综合利用”, 要使小麦每个部分都得到充分利用^[3]。

发展粮食副产物深加工产业, 首要任务是摸清粮食副产物资源的蕴藏量、分布与品质状况。有关中国小麦胚芽资源总量与品质状况已有大量文献报道, 但理论数据与事实状况相差较大。如许多文献推算中国小麦胚芽资源总量高达 280~420 万 t^[4-5], 然而市场上商用小麦胚芽流通量却非常有限。文献还报道小麦胚芽中油脂质

量分数在 15%以上^[6-7], 但国内一些小麦胚芽油加工企业的油脂取油率却不足 5%。因此, 开展小麦胚芽资源的分布调查与品质研究显得十分必要。

中国面粉产量在 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^[8]。为此, 本研究从其中 9 个小麦主产区具代表性的大型制粉企业采集样品, 分析其品质差异性, 同时对中国小麦胚芽资源量进行抽样调查, 并连续 6 年对国内最大小麦胚芽油生产企业所用小麦胚芽原料质量进行追踪分析, 以期为国家粮食工业发展规划和粮食副产物深加工企业决策提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

小麦胚芽原料为 2010 年产的新鲜麦胚, 采集自中国 9 家大型制粉(集团)公司: 江苏三零集团、安徽皖王、中粮集团、发达集团、五得利集团、陕西老牛、湖北益康、广东南顺、新疆天山集团。另有部分小麦胚芽样品由河南漫天雪食品制造有限公司提供。

小麦胚芽样品按收样日期、生产厂家、样品量及时编号登记, 取样量约 4 kg, 作为原始样品; 分析样品是从原始样品中按“四分法”逐步缩减至 1 kg 左右, 真空包装, -4℃保存。

质量分数为 14%的三氟化硼甲醇溶液, 德国 CNW 公司; α -生育酚标准品, 美国 sigma 公司; 正己烷, 异丙醇为色谱纯。

1.2 仪器与设备

HB43-S 型卤素水分快速测定仪, 梅特勒-托利多公

收稿日期: 2011-01-28 修订日期: 2011-10-18

基金项目: 江苏省研究生培养创新工程项目(CX09B-213Z); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 徐斌(1969—), 男, 江苏高邮人, 副教授, 主要从事粮油精深加工技术与装备研究。镇江 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/博导。镇江 江苏大学食品与生物工程学院, 212013。Email: ydong@ujs.edu.cn

司；ZEEnit700P 型原子吸收光谱仪，耶拿分析仪器公司；5890 型气相色谱仪，安捷伦公司；LC-20A 型液相色谱仪，岛津公司；Hitachi L-8900 氨基酸分析仪，日立公司；Kjeltec 8400 全自动凯氏定氮仪，福斯公司。

1.3 试验方法

小麦胚芽含水率的测定：采用水分快速测定仪测定含水率。

粗蛋白含量测定：参考 AOAC 2001.11 的方法。

粗脂肪含量测定：参考 GB/T5009.6-2003 的方法。

矿质元素的测定：参考 AOAC 975.03 的方法。

脂肪酸组成分析：参考 AOAC 996.06 的方法，面积归一法计算脂肪酸组成。

氨基酸组成分析：参考 GB/T5009.124-2003 食品中氨基酸的测定。

α -生育酚含量的测定：HPLC 分析小麦胚芽中 α -生育酚的含量。色谱条件：色谱柱为 Zorbax RX-SIL (5 μm , 4.6 mm \times 250 mm)；检测波长为 292 nm；流动相为正己烷：异丙醇=98.5:1.5(体积比)；柱温 27 $^{\circ}\text{C}$ ；流速 1.1 mL/min；进样量 10 μL [9]。

酸价的测定：麦胚粉碎，过 30 目筛，称取 10 g 于具塞锥形瓶中，加入中性无水乙醇和石油醚混合溶剂 50 mL，振荡 10 min，离心，移取 25 mL 滤液于锥形瓶中，再加入 2~3 滴酚酞指示剂，用氢氧化钾标准溶液滴定 [10]。

微生物指标检测：参考 GB 4789.2-2010, GB 4789.15-2010 的方法。

1.4 数据分析方法

试验数据采用 SPSS17.0 统计软件进行方差分析，标记字母法表示组间差异显著性。

2 结果与分析

2.1 中国商用小麦胚芽资源分布

小麦在中国是仅次于水稻的主要粮食作物，分布遍及全国各省。因各地域的气候特征、土壤类型、品种生态类型、种植季度以及栽培特点不同，加工出来的小麦胚芽品质也有很大差别。图 1 是本研究的 9 个商用小麦胚芽样品图片，由图 1 可见，不同主产区小麦胚芽色泽相差很大，大小也有较大差别，其中 5 号样品（新疆产）色泽金黄，籽粒均匀、饱满。

在 11 个小麦加工大省分别选择 4 家面粉生产厂家进行小麦胚芽产量的电话调查，根据厂家提供的数据，估算出中国面粉行业小麦胚芽平均提取率为 0.30%。从理论上讲，小麦胚芽占小麦籽粒质量的 2.5%，造成如此差距的原因是小麦在清理和制粉过程中，大部分小麦胚芽流失，其中打麦工段损失最多，超过总量的 50%。因此，按照目前中国制粉工艺与装备水平，日处理 350 t 小麦的生产线每天仅能产小麦胚芽 1 t 左右。

2008 年，中国小麦粉产量 5 500 万 t [8]，其中 11 大主产区的面粉产量占全国总产量的 90.7%，由此估算出中国

商用小麦胚芽的年产量约 26 万 t (表 1)，如果排除占总量 1/4 左右的小型面粉加工企业不具备提胚能力，实际可利用的小麦胚芽不足 20 万 t。

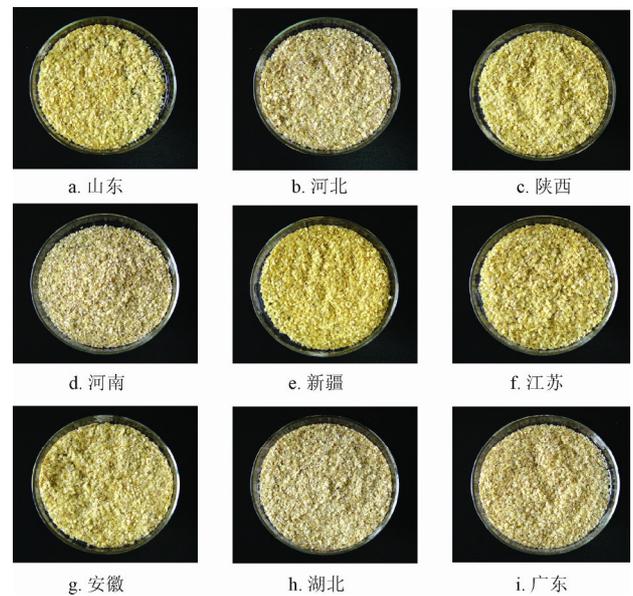


图 1 9 个小麦胚芽样品外观图

Fig.1 Picture of nine wheat germ samples

2.2 不同产地商用小麦胚芽的主要成分

不同产地小麦胚芽营养组成见表 2。因气候、土壤、品种及制粉工艺的不同，小麦胚芽营养组成有较大差异：含水率在 8.45%~14.45%之间，平均为 12.10%；蛋白质质量分数在 26.87%~36.41%之间变化，平均为 33.07%，差异显著 ($P<0.05$)；小麦胚芽脂肪质量分数在 8.27%~12.85%间变化，北方冬麦平均 10.68%，北方春麦 12.85%，南方冬麦平均 11.13%；小麦胚芽灰分在 4.55%~6.12%之间，北方冬麦灰分平均值为 5.02%，北方春麦 6.12%，南方冬麦 5.30%，差异显著 ($P<0.05$)。

数值的差异也与商用小麦胚芽的纯度有关，9 个小麦胚芽样品均不同程度的受到麸皮和面粉的污染，其中 2 号小麦胚芽杂质含量较高，5 号小麦胚芽纯度高，色泽好，其灰分、蛋白、粗脂肪含量均较高。

小麦胚芽中含有丰富的天然生育酚，且绝大部分是生理活性较高的 α -生育酚和 β -生育酚，这是其他油脂所无法比拟的 [11]。9 个样品的 α -生育酚质量分数在 187.80~401.74 $\mu\text{g/g}$ 小麦胚芽之间变化，均值为 250.97 $\mu\text{g/g}$ 小麦胚芽，其中 5 号样的 α -生育酚含量最高。同时，一般油脂中稀有的 β -生育酚在小麦胚芽中含量也很高，根据行业标准《NY/T 1598-2008 食用植物油中维生素 E 组分和含量测定》， α -生育酚与 β -生育酚的吸光系数分别为 7 100 mL/(g \cdot cm) (检测波长 294 nm) 和 9 160 mL/(g \cdot cm) (检测波长 296 nm)，并依据 α -生育酚与 β -生育酚的峰面积之比，估算出 β -生育酚质量分数约为 145 $\mu\text{g/g}$ 小麦胚芽，含量高。

表 1 中国小麦主产区麦胚产量估算

Table 1 Estimation of wheat germ production in China main wheat producing areas

	河南	山东	江苏	安徽	河北	陕西	湖北	甘肃	广东	四川	新疆	合计
面粉产量/万 t	1 246.7	1 129.7	679.1	505.0	496.6	225.5	193.5	143.1	139.9	115.4	113.6	49 88.1
小麦胚芽产率/%	0.30	0.4	0.3	0.3	0.45	0.40	0.12	0.38	0.60	/	0.1	
小麦胚芽产量/万 t	5.34	6.46	2.91	2.16	3.19	1.29	0.33	0.78	1.20	0.00	0.16	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麦胚。

表 2 不同产地商用小麦胚芽的主要营养成分

Table 2 Proximate composition of commercial wheat germs from different producing areas

样品来源	水分/%	蛋白质/%	粗脂肪/%	灰分/%	α -生育酚/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	备注
1	13.65±0.46 ^{ab}	36.41±0.24 ^a	10.41±0.43 ^c	5.27±0.09 ^{cd}	222.61±15.91 ^{cd}	北方冬麦
2	14.45±0.10 ^a	26.87±0.49 ^f	8.27±0.11 ^d	4.55±0.08 ^f	187.80±23.16 ^c	北方冬麦
3	12.24±0.03 ^{ab}	34.37±0.15 ^c	12.04±0.73 ^b	5.18±0.09 ^d	230.66±12.86 ^{cd}	北方冬麦
4	13.67±0.03 ^b	30.36±0.28 ^c	12.00±0.28 ^b	5.10±0.08 ^{de}	232.62±0.54 ^c	北方冬麦
5	13.06±0.05 ^{ab}	35.30±0.19 ^b	12.85±0.08 ^a	6.12±0.07 ^a	401.74±9.68 ^a	北方春麦
6	12.53±0.10 ^{ab}	33.46±0.16 ^d	12.76±0.70 ^{ab}	5.70±0.08 ^b	282.42±10.36 ^b	南方冬麦
7	9.85±0.05 ^b	34.44±0.22 ^c	11.64±0.31 ^b	5.11±0.09 ^{de}	266.19±2.59 ^b	南方冬麦
8	8.45±0.06 ^b	33.35±0.16 ^d	10.39±0.57 ^c	5.36±0.04 ^c	231.03±1.99 ^{cd}	南方冬麦
9	11.02±0.02 ^{ab}	33.04±0.59 ^d	9.72±0.17 ^c	5.03±0.01 ^c	203.66±28.13 ^{de}	南方冬麦
平均值	12.10±1.97	33.07±2.87	11.12±1.53	5.27±0.44	250.97±63.38	/

注：蛋白质、粗脂肪、灰分、 α -生育酚数据均以干基计； $n=3$ ；组间数值的差异性用 a、b、c 表示，相同的字母表示无显著性差异 ($P>0.05$)。

2.3 不同产地商用小麦胚芽的矿物质含量

小麦胚芽中含有丰富的镁、磷、钾、锌、铁、锰等矿物质^[12]，这些矿物质对维持人体健康，特别是对促进儿童的生长发育有重要作用。本研究采用干法灰化，原子吸收光谱法测定小麦胚芽的元素组成，从变异系数 RSD 可见，不同产地小麦胚芽中各元素含量差异很大(表 3)。但总的来说，小麦胚芽中 Mg 和 K 含量是面粉的 10

倍， Ca 和 Cu 含量是面粉的 2 倍， Na 含量是面粉的 13 倍， Zn 含量是面粉的 20 倍， Fe 含量是面粉的 5 倍， Mn 含量是面粉的 35 倍^[13]。另外，对有害元素 Pb 和 Cd 含量进行检测，并参照 GB2762-2005 食品中污染物限量标准(谷类中铅限量为 0.2 mg/kg，谷类中镉限量为 0.1 mg/kg)，发现 Pb 含量均在限量范围之内，但 6 号和 8 号样的 Cd 含量超标。

表 3 不同产地商用小麦胚芽的主要矿物元素的质量分数

Table 3 Mineral content of commercial wheat germ from different producing areas

元素名称	样品来源									最小	最大	平均	变异系数/%	面粉中矿物质质量分数
	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
Mg	3 140	2 958	2864	1 197	3 449	3 650	2 842	2 777	3 621	1 197	3 650	2 944	25.04	280
Ca	478	357	320	148	415	225	380	366	487	148	487	353	31.33	180
K	8 687	9 961	1 1696	4 394	11 001	14 363	14 157	13 855	8 422	4 394	14 363	10 726	30.56	1 050
Cu	3.48	8.48	2.66	3.65	1.77	2.91	8.48	0.90	1.88	0.9	8.48	3.80	73.40	1.7
Fe	84	47	98	32	2.6	84	75	32	3.7	2.6	98	51	70.29	10.5
Na	340	97	152	81	85	96	63	100	129	63	340	127	66.21	9.8
Zn	145	157	187	48	228	222	202	156	163	48	228	168	32.09	7.8
Mn	287	194	304	39	338	251	207	284	171	39	338	231	39.18	6.5
$Pb(\times 10^{-3})$	90	3.3	21	37	54	39	28	144	16	3.3	144	48	91.31	—
$Cd(\times 10^{-3})$	3.1	31	57	—	34	104	33	178	16	3.1	178	57	101.04	—

注：以干基计。

2.4 不同产地商用小麦胚芽的脂肪酸组成

由表 4 可见，9 个样品的脂肪酸组成的总体均值为：棕榈酸 16.59%，棕榈油酸 0.13%，硬脂酸占 0.62%， $\Delta 9$ 和 $\Delta 11$ 油酸分别占 13.39% 和 1.36%，亚油酸 58.34%， α -亚麻酸 6.49%。不饱和脂肪酸含量丰富，占总脂肪酸的

80% 以上，其中多不饱和脂肪酸占总脂肪酸的 64.82%。对北方冬麦、北方春麦、南方冬麦三大自然麦区的 9 个样品的主要脂肪酸组成对比发现，除 α -亚麻酸和花生一烯酸含量差异显著以外，其它脂肪酸含量无显著差异 ($RSD<10\%$)。

表 4 不同产地商用小麦胚芽中油脂的脂肪酸组成
Table 4 Fatty acid composition of commercial wheat germ oil from different producing areas

样品来源											%	
	棕榈酸 C16:0	棕榈油酸 C16:1	硬脂酸 C18:0	油酸 C18:1Δ9	油酸 C18:1Δ11	亚油酸 C18:2	α-亚麻酸 C18:3	花生一烯酸 C20:1	其他	总不饱和脂肪酸	多不饱和脂肪酸	
1	16.41	0.20	0.58	12.30	1.36	58.20	6.80	1.28	2.87	80.14	65.00	
2	16.78	0.22	0.72	14.19	1.30	58.71	4.85	2.10	1.13	81.37	63.56	
3	16.09	—	0.60	14.78	1.35	58.48	6.43	1.50	0.77	82.54	64.91	
4	16.41	0.20	0.65	13.43	1.24	59.45	5.94	1.12	1.56	81.38	65.39	
5	17.96	0.17	0.61	12.92	1.35	57.15	7.35	1.35	1.14	80.29	64.50	
6	16.21	—	0.51	12.65	1.44	59.69	7.10	1.44	0.96	82.32	66.79	
7	15.93	0.21	0.63	12.96	1.36	59.45	7.36	1.24	0.86	82.58	66.81	
8	17.00	—	0.63	12.90	1.52	58.44	6.37	1.26	1.88	80.49	64.81	
9	16.55	0.18	0.61	14.38	1.28	55.47	6.17	1.42	3.94	78.90	61.64	
平均值	16.59	0.13	0.62	13.39	1.36	58.34	6.49	1.41	1.67	81.12	64.83	
变异系数/%	3.68	9.47	9.12	6.43	6.20	2.28	12.28	20.05	63.84	1.55	2.44	

注：%表示相对质量分数。

2.5 不同产地商用小麦胚芽的氨基酸组成

小麦胚芽蛋白是一种完全蛋白，必需氨基酸组成十分合理，其相互比值与 FAO/WTO 理想模式比例接近（联合国粮食与农业组织和世界卫生组织于 1973 年研究提出的符合成人需要的每克氮氨基酸评分标准模式，简称 FAO/WTO 模式），是重要的优质植物蛋白源^[14]。小麦胚芽中氨基酸总量为 28.69%，其必需氨基酸占氨基酸总量的 35.26%（表 5），可以与动物蛋白相媲美。同时，小麦胚芽还含有大量其他谷类缺乏的赖氨酸，蛋氨酸和苏

氨酸，其中第一限制氨基酸—赖氨酸质量分数达 2.10%。通过计算 9 个样的变异系数，发现蛋氨酸、赖氨酸和脯氨酸在不同产地小麦胚芽中含量差异较大，2 号样的蛋氨酸和赖氨酸均最低。总的来说，氨基酸含量高的小麦胚芽，其必需氨基酸含量也高。5、6、9 这 3 个样品氨基酸含量高；2 号和 4 号的商用麦胚中混有面粉和麸皮，纯度不高，必需氨基酸和总氨基酸含量都较低，9 个样的 17 种氨基酸组成具体数值见表 5。

表 5 不同产地商用小麦胚芽中蛋白的氨基酸组成
Table 5 Hydrolyzed amino acid content of commercial wheat germs from different producing areas

氨基酸	样品来源									最小	最大	平均	变异系数/%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
异亮氨酸 Ile	1.17	0.98	1.13	1.07	1.25	1.21	1.18	1.17	1.26	0.98	1.26	1.16	7.64
蛋氨酸 Met	0.50	0.34	0.52	0.44	0.49	0.47	0.45	0.43	0.58	0.34	0.58	0.47	14.24
缬氨酸 Val	1.70	1.43	1.66	1.54	1.85	1.81	1.71	1.71	1.84	1.43	1.85	1.69	8.19
苯丙氨酸 Phe	1.31	1.18	1.25	1.24	1.37	1.34	1.30	1.29	1.42	1.18	1.42	1.30	5.55
亮氨酸 Leu	2.10	1.77	2.03	1.95	2.22	2.20	2.10	2.11	2.26	1.77	2.26	2.08	7.27
苏氨酸 Thr	1.33	1.06	1.30	1.19	1.46	1.41	1.33	1.33	1.46	1.06	1.46	1.32	9.76
赖氨酸 Lys	2.11	1.55	2.09	1.80	2.45	2.31	2.16	2.09	2.35	1.55	2.45	2.10	13.31
组氨酸 His	0.94	0.75	0.87	0.87	0.94	0.91	0.85	0.91	1.03	0.75	1.03	0.90	8.55
精氨酸 Arg	2.64	2.12	2.52	2.31	3.09	2.74	2.58	2.51	2.75	2.12	3.09	2.58	10.69
天门冬氨酸 Asp	2.71	2.14	2.73	2.44	3.14	2.77	2.75	2.65	2.88	2.14	3.14	2.69	10.33
胱氨酸 Cys	0.21	0.20	0.19	0.22	0.18	0.22	0.19	0.22	0.22	0.18	0.22	0.21	7.73
谷氨酸 Glu	4.72	4.70	4.52	4.75	5.07	4.63	4.56	4.54	5.19	4.52	5.19	4.74	4.98
丝氨酸 Ser	1.39	1.18	1.32	1.30	1.48	1.44	1.36	1.37	1.52	1.18	1.52	1.37	7.43
甘氨酸 Gly	1.84	1.50	1.79	1.64	2.02	1.95	1.81	1.81	2.00	1.50	2.02	1.82	9.24
丙氨酸 Ala	2.02	1.58	1.96	1.78	2.21	2.15	2.01	2.02	2.23	1.58	2.23	2.00	10.43
酪氨酸 Tyr	0.81	0.67	0.75	0.75	0.82	0.82	0.78	0.80	0.85	0.67	0.85	0.78	6.87
脯氨酸 Pro	1.18	1.86	1.32	1.25	1.75	1.83	1.66	1.16	1.37	1.16	1.86	1.49	19.24
总必需氨基酸	10.21	8.31	9.98	9.22	11.10	10.74	10.23	10.13	11.17	8.31	11.17	10.12	8.96
总氨基酸	28.69	25.00	27.94	26.55	31.79	30.19	28.79	28.15	31.21	25.00	31.79	28.70	7.52

注：以干基计。

2.6 不同来源小麦胚芽中微生物数量测定

谷物中有害微生物的存在会对食品安全形成极大的潜在威胁，特别是一些霉菌所产生的霉菌毒素会危害人类健康。据 Adriana Laca 等^[15]报道，谷物中微生物主要

存在于胚乳及胚的表皮，很少能直接进入籽粒内部。但会通过胚芽或者机械损伤等方式进入籽粒内部。所以，对小麦胚芽中微生物含量进行测定显得尤为必要。

采用国标法检测小麦胚芽中污染微生物数量，菌落

总数、酵母、霉菌具体数值见表6。微生物含量检测过程中发现,各地区小麦胚芽的微生物含量都很高,主要原因是小麦胚芽含水率和蛋白质含量高,脂肪酸组成丰富,有害污染微生物主要为霉菌,根据菌落形态观察及对孢子进行显微观察判断:霉菌主要为青霉属,匍枝根霉属,黑曲霉属,黄曲霉属,有害微生物的存在也可能使小麦胚芽中脂肪氧化分解,导致其酸败变质,缩短小麦胚芽的货架期,影响小麦胚芽的风味。

表6 不同产地商用小麦胚芽中微生物数量
Table 6 Microbial content of commercial wheat germ

样品来源	菌落总数	霉菌	酵母
1	8.3×10^4	1.9×10^3	3.1×10^3
2	8.8×10^4	2.7×10^3	8.0×10^2
3	1.4×10^4	8.2×10^3	2.0×10^2
4	9.0×10^3	7.0×10^3	—
5	7.1×10^3	2.0×10^3	1.3×10^3
6	7.7×10^3	2.1×10^3	8.0×10^2
7	1.8×10^4	7.2×10^3	6.0×10^2
8	4.5×10^3	1.9×10^3	2.0×10^2
9	7.1×10^3	2.4×10^3	6.0×10^2
最小	4.5×10^3	1.9×10^3	—
最大	8.8×10^4	8.2×10^3	3.1×10^3
平均	2.65×10^4	3.9×10^3	8.0×10^2

注:小麦胚芽质量以干基计。

2.7 商用小麦胚芽的酸败变质状况

安阳漫天雪公司为国内最小小麦胚芽油生产企业,该公司年处理小麦胚芽约5 000 t,年生产小麦胚芽油保持在250 t左右,其小麦胚芽原料主要从河北、山东等省的大型面粉加工企业采购。6a来对小麦胚芽原料酸价的持续跟踪分析表明,小麦胚芽平均酸价(以KOH计)22.8 mg/g。在冬季,新鲜小麦胚芽原料酸价最低为8.5 mg/g,而在夏季,部分批次的原料最高酸价达60.4 mg/g(表7)。由此可见,商用小麦胚芽的酸价受季节、存放时间的影响显著。遗憾的是,当前中国绝大多数面粉加工企业尚未认识到对小麦胚芽实行及时稳定化处理的重要性。

表7 不同年份小麦胚芽毛油的月度平均酸价统计表
Table 7 Statistical characterization on monthly acid value of crude wheat germ oil of different years

月份	年份						平均
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
1	—	—	14.6	—	14.2	11.2	13.3
2	—	—	—	—	—	13.5	13.5
3	—	—	16.1	29.3	14.9	13.8	18.5
4	—	—	26.7	—	30.4	16.4	24.5
5	—	—	—	30.1	28.3	25.1	27.8
6	—	—	—	—	18	22.4	20.2
7	—	34.65	—	—	33.3	30	32.7
8	—	—	—	—	36.8	30.4	33.6
9	26.5	26.7	—	—	30.1	22	26.3
10	25.7	—	—	—	22.7	19.6	22.7
11	—	—	28.5	—	11.4	—	20
12	—	12.5	34.8	—	14.7	—	20.7

油脂精炼损失是毛油游离脂肪酸含量的2~3倍,据此粗略估算,酸价为60.0 mg/g的小麦胚芽毛油在脱酸工段将损失30%以上,高价原料严重影响着小麦胚芽油生产企业的经济效益。为此,小麦胚芽在线稳定化技术与装备开发对小麦胚芽产业健康发展显得尤为迫切。

3 结论

1) 中国面粉年产量在100万t以上的省份共11个,本研究采用的小麦胚芽样品采购自上述9个省,这些公司小麦日处理量均在1 000 t以上,样品来源广泛,覆盖面广,具有较强的代表性。研究表明,中国每年实际可利用小麦胚芽约20万t,资源主要集中在山东、河南、河北、江苏、安徽和陕西等省。

2) 对9个样品主要成分分析结果表明,商用小麦胚芽的平均蛋白质质量分数33.07%、脂肪质量分数11.12%、 α -生育酚质量分数250.97 μ g/g小麦胚芽,第一限制氨基酸——赖氨酸质量分数2.10%。不同地区的小麦胚芽成分含量有较大差异,如9号样(广东),小麦胚芽油脂含量较低,蛋白含量是9个样品中最高的;5号样(新疆)油脂含量高,其 α -生育酚含量远远高于9个样的平均值,而2号样(河北)因该公司面粉日处理量大,麦胚纯度不高,掺杂面粉、麸皮,颗粒不饱满,相应的营养品质降低。同时,微生物污染状况分析表明9个样的平均总菌数为 2.65×10^4 cfu/g,有害微生物污染也是麦胚深加工利用有待解决的问题。

3) 对小麦胚芽原料酸价6a的持续跟踪分析表明,其平均酸价(以KOH计)22.80 mg/g。其中,冬季酸价最低为8.50 mg/g,而夏季最高酸价达60.40 mg/g。原料酸价高是造成当前小麦胚芽油生产企业效益低下的主要原因,也是阻碍其深加工产业发展的关键因素。

[参 考 文 献]

- 董英, 王利群. 脱脂麦胚蛋白粉的持水能力和蛋白溶解度试验研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4): 238—242.
Dong Ying, Wang Liqun. Defatted wheat germ protein flour solubility and water retention[J]. Transactions of the CSAE, 1999, 15(4): 238—242. (in Chinese with English abstract)
- Rizzello C G, Nionelli L, Coda R, et al. Use of sourdough fermented wheat germ for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of the white bread[J]. Eur Food Res Technol, 2010, 230(4): 645—654.
- 白美清. 加快推进小麦粉加工业转变发展方式, 更好地为国家粮食安全服务[J]. 现代面粉工业, 2010(2): 1—3.
Bai Meiqing. Speeding up the transformation development of wheat flour processing industry, better service for the state's food security[J]. Modern Flour Milling Industry, 2010(2): 1—3. (in Chinese with English abstract)
- 韩文凤, 邱泼. 小麦胚芽的开发利用研究动态[J]. 粮食加工, 2008, 33(3): 64—66.
Han Wenfeng, Qiu Po. Development and utilization of wheat germ[J]. Grain Processing, 2008, 33(3): 64—66. (in Chinese with English abstract)

- [5] 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 and Feed Industry, 2000, 21(8): 3—6. (in Chinese with English abstract)
- [6] 朱科学, 朱振, 周惠明. 小麦胚芽油及胚芽蛋白质国内外研究进展[J]. 粮食与油脂, 2006(7): 6—8.
Zhu Kexue, Zhu Zhen, Zhou Huiming. Review of research progress on oil and protein in wheat germ[J]. Cereals and Oils, 2006(7): 6—8. (in Chinese with English abstract)
- [7] 葛毅强, 孙爱东, 倪元颖, 等. 麦胚中天然维生素 E 的 SFE-CO₂ 最佳提取工艺的研究[J]. 中国油脂, 2001, 26(5): 52—57.
Ge Yiqiang, Sun Aidong, Ni Yuanying, et al. Optimum processing conditions of natural V_E extracted from wheat germ in SFE-CO₂[J]. China Oils and Fats, 2001, 26(5): 52—57. (in Chinese with English abstract)
- [8] 王瑞元. 我国米、面加工工业的现状与发展趋向[J]. 粮油加工, 2009, 11: 21—24.
Wang Ruiyuan. Rice and wheat flour processing industry status and development trends in China[J]. Grain Processing, 2009, 34(6): 21—24. (in Chinese with English abstract)
- [9] 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 Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(1): 127—131. (in Chinese with English abstract)
- [10] 胡小泓, 谭念, 薛世斌. 小麦胚芽酸值快速测定方法的研究[J]. 粮油加工, 2010(8): 32—35.
Hu Xiaohong, Tan Nian, Xue Shibin. Rapid determination of wheat germ acid research[J]. Cereals and Oils Processing, 2010(8): 32—35. (in Chinese with English abstract)
- [11] Engelsen M M, Hansen Å. Tocopherol and tocotrienol content in commercial wheat mill streams[J]. Cereal Chemistry, 2009, 86(5): 499—502.
- [12] Amardo R, Arrigoni E. Nutritive and functional properties of wheat germ[J]. International Food Ingredients, 1992, 4: 30—34.
- [13] Czerniejewski C P, Shank C W, Bechtel W G. The minerals of wheat flour and bread[J]. Cereal Chemistry, 1964, 41(2): 65—72.
- [14] 郭红英, 董英. 麦胚的微细化处理及其蛋白提取工艺优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 261—266.
Guo Hongying, Dong Ying. Micronizing treatment of wheat germ and optimization of extraction technology for wheat germ protein[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(2): 261—266. (in Chinese with English abstract)
- [15] Laca A, Mousia Z, Díaz M, et al. Pandiella distribution of microbial contamination within cereal grains[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(4): 332—338.

Resource distribution and processing quality of commercial wheat germ in China

Xu Bin¹, Miao Wenjuan¹, Dong Ying^{1*}, Li Bo¹, Xu Shanyuan²

(1. School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2. Fada Flour Group Limited Company, Xiaojin 253216, China)

Abstract: In order to get a clear picture of resource distribution and processing quality of the commercial wheat germ in China, wheat germ samples were collected from domestic large-scale wheat flour enterprises based on an elaborate survey of China's wheat germ resource distribution. Nutritional composition and quality difference were analyzed, microbial contamination of wheat germ was determined as well. The results show that the amount of annual usable wheat germ is about 0.2 million tons actually, which are mainly concentrated in Shandong, Henan and Hebei province. The average acid value of commercial wheat germ is 22.80 mg/g, while the highest is up to 60.4 mg/g in summer. The average water content of wheat germ is 12.10%, protein content is 33.07% (in which the average lysine content is 2.10%), crude fat is 11.12% (in which the content of linoleic acid is 58.34%), α -tocopherol content is 0.23%, total colonies is 2.65×10^4 cfu/g. The scientific investigation and assessment of wheat germ resources can provide a reference for the development of national food industry and grain process enterprises.

Key words: quality control, nutrition, agricultural products, wheat germ, resource distribution, investigation, difference