

文章编号:1671-1513(2011)05-0046-07

不同品种黑小麦淀粉理化性质研究

党 斌¹, 张国权²

(1. 青海省农林科学院, 青海 西宁 810016;

2. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对黑小麦淀粉的颗粒性状、透明度、膨胀势、直链淀粉含量、冻融稳定性、糊化特性等理化性质进行了研究. 结果表明: 黑小麦淀粉颗粒较大, 多呈圆球形或卵圆形, 尺寸为 $5 \sim 25 \mu\text{m}$; 总淀粉含量与对照小偃6号相当; 直链淀粉和破损淀粉含量均高于对照小偃6号. 黑小麦淀粉具有较好的膨胀特性, 但透明度和冻融稳定性较差. 黑小麦淀粉的起始糊化温度较高, 峰值黏度为 $0.340 \sim 0.483 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, 其热糊和冷糊稳定性均比对照品种差, 但加入 NaCl 和蔗糖均能提高黑小麦淀粉糊的热糊稳定性, 减缓冷却过程中淀粉的老化, 其中起始糊化温度随 NaCl 浓度的增加而逐渐升高, 峰值黏度、回生值、破损值均随 NaCl 浓度的增加而减小. 起始糊化温度、峰值黏度随着蔗糖浓度的增加而增大, 破损值和回生值却随蔗糖浓度的增加而下降. 另外, 随着 pH 值的升高, 黑小麦淀粉的起始糊化温度逐渐降低, 峰值黏度、破损值和回生值急剧升高.

关键词: 黑小麦; 淀粉; 理化性质**中图分类号:** TS211.2**文献标志码:** A

黑小麦是指含有天然黑色素, 籽粒颜色呈蓝色、紫色、深褐色或接近于黑色的小麦, 它不仅具有普通小麦的一般特征, 还具有独特的营养和保健功能, 是一类重要的黑色食品资源, 已经成为食品行业研究的新热点之一^[1-2]. 相对传统小麦而言, 对黑小麦的研究刚起步, 目前只是对黑小麦进行了一些初步的研究、分析和利用, 有关黑小麦营养价值和保健功能的报道较多^[3-5], 关于黑小麦淀粉理化特性的研究少见报道. 本研究以我国当前主要推广的10个黑小麦品种(系)为材料, 以小偃6号为对照, 通过对黑小麦淀粉颗粒形态、直链淀粉含量、糊化特性、淀粉糊的特性进行分析, 比较其与普通小麦淀粉的异同, 以期掌握黑小麦淀粉的理化性质, 为黑小麦食品加工及其淀粉深加工利用提供理论基础.

1 材料和方法

1.1 实验材料

黑小麦品种由西北农林科技大学农作一站提

供. 品种(系)名称为: 河东乌麦、黑小麦、黑宝石、贞选1号、ZL97(6)、黑大粒、商洛乌麦、黑小麦76、小偃乌麦、漯珍1号, 小偃6号为对照.

1.2 实验方法

1.2.1 淀粉的提取

取黑小麦粉样品各220 g, 加水100 mL, 制成面团静置30 min, 再加440 mL水, 用手反复洗搓, 再将洗好的面筋置于50 mL清水中反复揉洗, 直至洗出水用碘测试不变色. 然后将两次洗液合并, 依次用80目、150目筛子过滤, $3\,500 \text{ r/min}$ 离心5 min, 沉淀物于45℃烘箱中烘干, 粉碎备用.

1.2.2 颗粒形貌分析

将待测样品均匀分布在有导电双面胶的样品台面上, 放在HVS-SGB型喷金机上, 真空条件下喷上一层炭和金, 然后固定在载物台上, 置于JSM-6360LV型扫描电子显微镜下观察黑小麦淀粉颗粒形貌.

1.2.3 总淀粉含量的测定

粮食、油料检验淀粉测定法, GB5514—85.

1.2.4 破损淀粉含量的测定

小麦粉破损淀粉测定法,GB 9826—88(α -淀粉酶法)。

1.2.5 直链淀粉含量的测定

水稻、玉米、谷子籽粒直链淀粉测定法,GB 7648—87。

1.2.6 黏度特性的测定

参照 ICC 标准, No. 124 使用德国 Brabender 微型黏度糊化仪 (brabender micro-amylo-uisograph) 测定。具体操作条件:取 8 g 淀粉于烧杯中,迅速加入 100 mL 水调制成淀粉乳液。将淀粉乳移入测定筒中,并将仪器测定筒与保温装置相连。在起始温度 30 ℃ 下,以 7.5 ℃/min 的速度升温至 93 ℃ 并保温 5 min,再以 7.5 ℃/min 的速度降温至 50 ℃ 并保温 1 min。其间搅拌器转速 250 r/min,黏度测定范围 300 cm $\cdot$ g,并用 Brabender Viscograph 配套软件分析。

分别配制 1%、2%、3% 的 NaCl 溶液,5%、10% 的蔗糖溶液和 pH 值为 4、10 的缓冲溶液,调制成淀粉乳液,其他步骤同上。

从黏度曲线上可得关键指标:

A——起始糊化温度,就是淀粉开始糊化时的温度,℃;

B——峰值黏度,糊化开始后出现的最高黏度, Pa $\cdot$ s;

C——93 ℃ 起始恒温糊化阻力,93 ℃ 保温时的黏度, Pa $\cdot$ s;

D——起始降温糊化阻力,93 ℃ 保温结束开始降温时的黏度, Pa $\cdot$ s;

E——50 ℃ 起始恒温糊化阻力,降温至 50 ℃ 时的黏度, Pa $\cdot$ s;

F——50 ℃ 恒温结束糊化阻力,50 ℃ 保温 1 min 后的黏度, Pa $\cdot$ s;

B-D——破损值或崩解值,表示糊的热稳定性,破损值越小,热稳定性越好, Pa $\cdot$ s;

E-D——回生值,表示冷却过程中淀粉形成凝胶的强弱, Pa $\cdot$ s。

1.2.7 膨胀体积和膨胀势测定

参考 Fu B X 和 Kovacs M I P 等人方法进行测定^[6-7]。称取 100 mg 样品,放入经 70 ℃ 下干燥 30 min 并称重的 1 mL 离心管中,加入 1 mL 蒸馏水,盖上盖子,在漩渦振荡器上充分振荡 1 min 左右,随后放入 92.5 ℃ 的恒温水浴锅中保温 30 min,期间间歇反转载有样品的离心管数次,以确保面粉与水充分

混匀,糊化完全。反转的次数前多后少,30 min 结束后,将离心管放入 25 ℃ 水浴中冷却 5 min,中途反转 1 次。将冷却后的样品在 1 3000 r/min 下,离心 10 min,然后打开盖子,小心吸去上层残水后,在 70 ℃ 下烘 1 h 以除去凝胶中的自由水,冷却后称重。

1.2.8 淀粉糊透明度的测定

采用碱常温糊化法来测定淀粉糊的透光率^[8]。称取 0.5 g 淀粉样品(干基),置于 5 mL 水中(包括淀粉中的水)润湿后,加入 45 mL 1% NaOH 溶液搅拌 3 min,静置 27 min(25 ℃),即得 1% 的淀粉糊,用分光光度计于 650 nm 下测定透光率。

1.2.9 淀粉冻融稳定性测定

配制 3% 的淀粉乳,在沸水浴中加热 20 min,冷却至室温,置于 -20 ~ -15 ℃ 的冰箱中冷冻,24 h 后取出,自然解冻。在 3 000 r/min 离心 20 min,弃去上清液,称取沉淀物重量,计算析水率。

2 结果与分析

2.1 黑小麦淀粉颗粒的形态分析

待测样品的扫描电子显微镜测试结果见图 1 和表 1。

不同品种黑小麦淀粉颗粒,其外貌形态和大小都有一定的差别,这是淀粉颗粒重要的形态特征。淀粉颗粒形态的差异主要是品种的基因和生长环境综合作用的结果。淀粉颗粒扫描电镜的结果显示,黑小麦淀粉的颗粒性状与小偃 6 号相似,多呈卵圆形或圆球形,淀粉颗粒较大,粒径为 5 ~ 25 μ m,淀粉颗粒均匀分散,其中河东乌麦、黑大粒、黑小麦 76、漯珍 1 号淀粉颗粒表面不光滑,有明显凹坑;黑宝石、小偃乌麦、黑小麦 76、贞选 1 号淀粉颗粒紧密围成一团,较难分离;黑小麦 A 型淀粉的颗粒直径普遍比小偃 6 号大,除黑小麦、黑小麦 76、小偃乌麦和贞选 1 号的 B 型淀粉的颗粒直径与小偃 6 号相近外,其余品种均大于对照。

2.2 黑小麦淀粉成分分析

淀粉作为黑小麦籽粒中含量最多的一种营养成分,淀粉品质特性对面制食品的外观和食用品质有重要的影响,特别是淀粉中直链淀粉的含量和淀粉的直/支比例,直链淀粉含量增大会使淀粉的膨胀势和膨胀体积减小,糊化峰值黏度降低,从而间接影响到面条的品质^[9]。当然直链淀粉含量也不是越少越好,G. Guo 等人研究了直链淀粉的含量对亚洲盐面

图 1 黑小麦淀粉扫描电镜结果

Fig. 1 Scanning electron microscope observation on black kernel wheat starch

注:(a)ZL97(6); (b)河东乌麦; (c)黑宝石; (d)黑大粒; (e)黑小麦 76; (f)黑小麦; (g)漯珍 1 号; (h)商洛乌麦; (i)小偃乌麦; (j)贞选 1 号; (k)小偃 6 号.

表 1 黑小麦的淀粉颗粒性状

Tab. 1 Granule shape of black kernel wheat starch

品种名称	颗粒尺寸/ μm		性 状
	A 型	B 型	
ZL97(6)	20. 95	8. 42	圆球形,表面光滑,均匀分散
河东乌麦	21. 80	8. 60	圆球形,表面不光滑,有明显凹坑,很分散
黑大粒	30. 60	9. 80	椭圆形,卵圆形,表面不光滑,有凹坑,淀粉颗粒大小均匀分散
黑宝石	23. 0	8. 5	卵圆形,小颗粒淀粉较少,表面光滑,较难分离
黑小麦	29. 20	5. 26	圆球形,表面有凸起,尺寸较小的颗粒呈卵圆形
商洛乌麦	26. 0	8. 2	卵圆形,表面光滑,淀粉颗粒分散
黑小麦 76	30. 0	5. 0	卵圆形,表面不光滑,有明显凹坑,较难分离
漯珍 1 号	22. 8	6. 32	卵圆形和不规则形状,表面有明显凹坑,部分有凸起,也较分散
小偃乌麦	22. 0	5. 0	卵圆形,不规则形状,表面光滑,尺寸较小淀粉颗粒相互紧密的粘在一起
贞选 1 号	21. 0	5. 4	圆球形,不规则形,表面有明显凸起,均匀分散,较难分离
平均值	24. 74	7. 05	
小偃 6 号	20. 0	5. 26	圆球形,椭圆形,表面光滑,部分有明显凸起

条质量的影响,得出最佳直链淀粉含量为 21% ~ 24%. 黑小麦淀粉成分的测定结果见图 2. 从图 2 可以看出,参试黑小麦品种的总淀粉含量为 67% ~ 70%,不同品种间没有差异,且均与对照小偃 6 号相当;黑小麦的直链淀粉含量为 25. 1% ~ 26. 92%,不同品种之间比较整齐一致,略高于对照小偃 6 号;但都大于 24%,说明黑小麦不宜加工白盐面条.

破损淀粉是小麦在制粉过程中,淀粉颗粒受到磨辊的研磨、削切及挤压作用形成的,与直链淀粉呈显著正相关,对面团及面类制品的质量产生一定的影响^[9]. 参试的黑小麦品种的破损淀粉含量为 15. 74 ~ 24. 89,变异系数较大,破损淀粉含量在不同

图 2 不同品种黑小麦淀粉的成分

Fig. 2 Starch content of ten cultivars black kernel wheat

品种间有较大差异,而且除小偃乌麦和商洛乌麦外,其他品种的破损淀粉含量均在 20% 以上,高于对照小偃 6 号.

2.3 黑小麦淀粉的糊化特性

淀粉糊化特性是反映淀粉品质的重要指标,一般小麦粉在制成食品时,淀粉都要发生糊化,所以对于食品品质的影响也是非常显著. 黑小麦淀粉的糊化特性测定结果见表 2. 表 2 的结果表明,黑小麦的起始糊化温度平均为 84 ℃,与对照品种相当,说明黑小麦淀粉也是比较难糊化的,这对黑小麦面条加工是不利的,一般要生产出好的面条要求淀粉糊化达到峰值的温度要低. 峰值黏度在 0.340 ~ 0.483 Pa·s,变异系数较小,不同品种间的峰值黏度变化不大,峰值黏度大于 0.349 Pa·s 的品种占参试品种的 60%,表明这些品种加工的面条相对较光滑、有弹

性、有咬劲. 因为糊化峰值与面条的评分呈显著的正相关^[9]. 黑小麦淀粉 93 ℃ 保温时的黏度平均高于对照小偃 6 号,93 ℃ 保温结束开始降温时的黏度,降温至 50 ℃ 时的黏度和 50 ℃ 保温 1 min 后的黏度平均小于对照小偃 6 号;崩解值变幅为 0.023 ~ 0.078 Pa·s,不同黑小麦品种间存在较大差异,变异系数达 32.93%. 除了黑小麦 76 外,其余品种黑小麦淀粉的崩解值均大于对照品种,表明这些品种的淀粉糊热稳定性比对照品种差. 回生值平均为 0.402 Pa·s,品种间的差异相对较小,变异系数仅为 8.86%. 除黑小麦、黑宝石外,其余品种黑小麦淀粉的回生值均小于对照小偃 6 号,说明这些品种的淀粉糊在冷却过程中不易形成凝胶,老化的速度相对较慢,这对加工需有一定的保存期限的面包、馒头等食品是有利的.

表 2 黑小麦淀粉的主要黏度特性
Tab.2 Viscosity property of black kernel wheat starch

品种名称	起始糊化 温度(A)/ ℃	峰值黏度 (B)/ (Pa·s)	93 ℃ 保温时 的黏度(C)/ (Pa·s)	93 ℃ 保温结束 开始降温黏度 (D)/(Pa·s)	降温至 50 ℃ 时 的黏度(E)/ (Pa·s)	50 ℃ 保温时 的黏度(F)/ (Pa·s)	崩解值 (B-D)/ (Pa·s)	回生值 (E-D)/ (Pa·s)
ZL97(6)	87.4	0.401	0.317	0.340	0.746	0.798	0.061	0.406
黑小麦 76	85.7	0.401	0.309	0.378	0.786	0.845	0.023	0.408
黑宝石	85.4	0.441	0.349	0.385	0.824	0.880	0.057	0.439
河东乌麦	85	0.340	0.311	0.294	0.613	0.653	0.046	0.319
商洛乌麦	83.9	0.420	0.340	0.374	0.784	0.836	0.046	0.410
黑大粒	83.9	0.399	0.324	0.368	0.773	0.830	0.032	0.406
贞选 1 号	83.3	0.483	0.401	0.406	0.798	0.853	0.078	0.393
黑小麦	83.4	0.445	0.391	0.382	0.836	0.895	0.063	0.454
小偃乌麦	83.2	0.439	0.363	0.380	0.775	0.828	0.059	0.395
漂珍 1 号	82	0.448	0.382	0.370	0.756	0.807	0.078	0.387
平均值	84.32	0.422	0.349	0.368	0.769	0.823	0.054 2	0.402
变幅	82 ~ 87.4	0.340 ~ 0.483	0.309 ~ 0.401	0.294 ~ 0.406	0.613 ~ 0.836	0.653 ~ 0.895	0.023 ~ 0.078	0.319 ~ 0.454
标准差	1.56	0.04	0.03	0.03	0.06	0.07	0.02	0.04
变异系数	1.85	9.23	9.85	8.31	7.97	8.08	32.93	8.86
小偃 6 号	84.1	0.409 7	0.325 6	0.380 3	0.817 2	0.882 4	0.029 4	0.437 0

2.4 黑小麦淀粉的膨胀特性

表示淀粉膨胀特性的参数有膨胀势和膨胀体积等. 淀粉膨胀势反映的是淀粉悬浮液在糊化过程中的吸水特性和在一定条件下离心后持水能力,膨胀体积是国外研究小麦淀粉糊化特性的一种重要指标. 二者都与最终产品的食用品质有关,尤其是预测面条品质的一项重要指标^[10-12]. 图 3 为黑小麦

淀粉的膨胀势和膨胀体积测定结果. 从图 3 可以看出,黑小麦淀粉的膨胀势平均为 9.6 g/g,膨胀体积平均为 13.84 mL/g,均大于对照小偃 6 号,说明黑小麦淀粉具有较好的膨胀特性.

2.5 黑小麦淀粉糊的透明度和冻融稳定性

淀粉糊的透明度和冻融稳定性能很好地反映淀粉糊的特性^[13-14]. 通常以透光率表示淀粉糊的透

透明度较差;而黑小麦淀粉的析水率高达 64%,远高于对照小偃 6 号,说明黑小麦淀粉糊的冻融稳定性很差,也预示着黑小麦不适宜加工冷冻食品.

图 3 黑小麦淀粉的膨胀特性

Fig. 3 Swelling power of black kernel wheat starch
明度,透光率越高,糊的透明度也越高. 冻融稳定性由析水率表示,析水率越高,冻融稳定性越差,淀粉糊的冻融稳定性对其能否应用于冷冻食品很重要. 图 4 为黑小麦淀粉糊透明度和冻融稳定性的测定结果. 图 4 表明,黑小麦淀粉的透光率平均为 32.31%,小于对照小偃 6 号,说明黑小麦淀粉糊的

图 4 黑小麦淀粉糊的特性

Fig. 4 Paste properties of black kernel wheat starch
2. 6 NaCl 浓度、蔗糖浓度、pH 值对黑小麦淀粉糊化特性的影响
不同加工条件下黑小麦淀粉糊化特性见表 3.

表 3 NaCl 浓度、蔗糖浓度、pH 值对黑小麦淀粉黏度参数的影响

Tab. 3 Effects of NaCl, Sucrose and pH on viscosity parameter of black kernel wheat starch

条件	起始糊化 温度 A/ ℃	峰值黏度 (B)/ (Pa·s)	93 ℃保温时的 黏度(C)/ (Pa·s)	93 ℃保温结束开始 降温黏度(D)/ (Pa·s)	降温至 50 ℃时 的黏度(E)/ (Pa·s)	50 ℃保温时 的黏度(F)/ (Pa·s)	崩解值 (B-D)/ (Pa·s)	回生值 (E-D)/ (Pa·s)
空白	84. 3	0. 421	0. 347	0. 368	0. 773	0. 828	0. 053	0. 401
1% NaCl	86. 9	0. 389	0. 181	0. 387	0. 542	0. 582	0. 002	0. 156
2% NaCl	87. 9	0. 347	0. 113	0. 345	0. 427	0. 456	0. 002	0. 082
3% NaCl	89. 4	0. 309	0. 069	0. 307	0. 370	0. 395	0. 002	0. 063
5% 蔗糖	84. 2	0. 435	0. 286	0. 391	0. 788	0. 838	0. 044	0. 397
10% 蔗糖	85. 1	0. 462	0. 269	0. 422	0. 773	0. 832	0. 040	0. 351
pH = 4	83. 8	0. 506	0. 471	0. 342	0. 775	0. 828	0. 164	0. 433
pH = 9. 5	78. 2	0. 710	0. 645	0. 456	2. 866	3. 464	0. 254	2. 410

从表 3 可以看出,在淀粉糊化过程中加入体积分数分别为 1%,2%,3% 的 NaCl 后,黑小麦淀粉的起始糊化温度均升高,并且随 NaCl 浓度的增加而逐渐升高;峰值黏度、93 ℃保温时的黏度、93 ℃保温结束开始降温时的黏度、降温至 50 ℃时的黏度、50 ℃保温 1 min 后的黏度、回生值均明显降低,且随 NaCl 浓度的增加而减小;破损值均降低至 0. 002 Pa·s,说明加入 NaCl 后提高了黑小麦淀粉糊的热稳定性. 这是因为 NaCl 的加入使淀粉颗粒内外存在较高的渗透压,抑制了淀粉颗粒吸水膨胀,所以淀粉的糊化温度升高,糊化黏度减小;随着 NaCl 浓度的增加,降低了老化过程中力学参数的变化常数,且 NaCl 可以

阻止支链淀粉在老化过程中的重新序列化,从而使回生值降低,即冷却过程中淀粉形成凝胶的能力减弱^[15-16].
当加入一定浓度的蔗糖时,黑小麦淀粉的起始糊化温度、峰值黏度、93 ℃保温结束开始降温时的黏度、降温至 50 ℃时的黏度、50 ℃保温 1 min 后的黏度比原来有所升高,其中起始糊化温度、峰值黏度随着蔗糖浓度的增加而增大. 破损值和回生值则随蔗糖浓度的增加而下降. 这是由于蔗糖有抑制小麦淀粉颗粒溶胀的作用,从而导致淀粉的糊化温度升高^[15-16]. 但提高了黑小麦淀粉糊的热糊稳定性,减缓冷却过程中的淀粉老化,这在食品加工过程中是

很有利的。

在酸性条件下,黑小麦淀粉的起始糊化温度、93℃保温结束开始降温时的黏度有所下降,峰值黏度、93℃保温时的黏度、破损值和回生值有大幅度的升高,降温至50℃时的黏度、50℃保温1 min后的黏度几乎没有变化。在碱性条件下,黑小麦淀粉的起始糊化温度大幅度降低,峰值黏度、93℃保温时的黏度、93℃保温结束开始降温时的黏度、降温至50℃时的黏度、50℃保温1 min后的黏度、破损值和回生值急剧升高。这是由于阴离子能促进糊化作用,尤其是氢氧根离子,有助于破坏淀粉分子间氢键,促进淀粉分子或其聚集体水化,以提高黏度。

3 结论与讨论

黑小麦淀粉的颗粒多呈卵圆形或圆球形,但淀粉颗粒尺寸普遍较大;粒径为5~25 μm,部分品种淀粉颗粒表面有凹坑或淀粉颗粒紧密围成一团,较难分离。总淀粉含量均与对照小偃6号相当;直链淀粉和破损淀粉含量均高于对照小偃6号。在磨粉时应注意调整磨粉工艺,减少磨粉的次数。黑小麦淀粉糊具有很好的膨胀特性,膨胀势平均为9.6 g/g,膨胀体积平均为13.84 mL/g,均大于对照小偃6号。黑小麦淀粉糊的透明度和冻融稳定性均较差,不适宜加工冷冻食品。

黑小麦的起始糊化温度平均为84℃,与对照品种相当,黑小麦淀粉也是比较难糊化的。峰值黏度为0.340~0.483 Pa·s,变异系数较小,不同品种间的峰值黏度变化不大,峰值黏度在0.349 Pa·s以上的占参试品种的60%,这些品种加工的面条相对较光滑、有弹性、有咬劲。崩解值在不同黑小麦品种间存在较大差异,变异系数达32.93%。除了黑小麦76外,其余品种黑小麦淀粉的崩解值均大于对照品种,这些品种的淀粉糊热稳定性比对照品种差。回生值平均为0.402 Pa·s,品种间的差异相对较小,变异系数仅为8.86%。除黑小麦、黑宝石外,其余品种黑小麦淀粉的回生值均小于对照小偃6号,这些品种的淀粉糊在冷却过程中不易形成凝胶,老化的速度相对较慢,这对加工需有一定的保存期限的面包、馒头等食品是有利的。

黑小麦淀粉的糊化特性受加工条件的影响较大,起始糊化温度随NaCl浓度的增加而逐渐升高;峰值黏度、93℃保温时的黏度、93℃保温结束开始

降温时的黏度、降温至50℃时的黏度、50℃保温1 min后的黏度、回生值、破损值均随NaCl浓度的增加而减小,但加入NaCl后提高了黑小麦淀粉糊的热稳定性。当加入一定浓度的蔗糖时,黑小麦淀粉的起始糊化温度、峰值黏度、93℃保温结束开始降温时的黏度、降温至50℃时的黏度、50℃保温1 min后的黏度比原来有所升高,其中起始糊化温度、峰值黏度随着蔗糖浓度的增加而增大。破损值和回生值却随蔗糖浓度的增加而下降。说明添加蔗糖也能提高黑小麦淀粉糊的热糊稳定性,减缓冷却过程中淀粉的老化,这在食品加工过程中是很有利的。另外,随着pH值的升高,黑小麦淀粉的起始糊化温度逐渐降低,峰值黏度、93℃保温时的黏度、降温至50℃时的黏度、50℃保温1 min后的黏度、破损值和回生值急剧升高。

参考文献:

- [1] 李建钊,李志辉,柏自安. 黑色食品资源营养特点及黑粒营养小麦的发展[J]. 中国种业,2004(1):10-11.
- [2] 薛春生. 黑小麦产业开发现状问题与对策[J]. 中国农业通报,2002,18(3):85-86.
- [3] 胡秋辉,吴莉莉. 黑小麦营养成分分析及深加工展望[J]. 食品科学,2001,22(12):50-52.
- [4] 王立新. 黑小麦加工品质特性的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2004,20(5):593-596.
- [5] 陈志成,秦秋萍. 黑小麦系列食品的研究与开发[J]. 粮食加工,2005(3):33-36.
- [6] Fu B X, Kovacs M I P, Wang C. A simple wheat flour swelling test[J]. Cereal Chemistry, 1998,75:566-567.
- [7] Crosbie G B, Lambe W J. The application of the flour swelling volume test four potential noodle quality to wheat breeding lines affected by sprouting[J]. J Cereal Sci, 1993,18:267-276.
- [8] 顾正彪,周世英,张靖瑜. 常温碱糊化测定淀粉糊的黏度和透光率[J]. 淀粉与淀粉糖,1991(3):40-42.
- [9] 魏益民. 谷物品质与食品品质——小麦籽粒品质与食品品质[M]. 西安:陕西人民出版社,2002:112-119.
- [10] Mc Cormick K M, Panozzo J F, Hong S H. A swelling Power test for selecting Potential noodle quality wheats[J]. Australian Journal of Agriculture Research, 1991,42(3):317-323.
- [11] 刘润好,杨冯,赵小皖,等. 不同品种菱角淀粉的理化特性研究[J]. 中国粮油学报,2010,25(10):46-

- 50.
- [12] 陈建慧,刘钟栋. 糯质小麦淀粉物理特性研究[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,2010,31(1):26-29.
- [13] 姚亚平,田呈瑞,张国权,等. 糜子淀粉理化性质的分析[J]. 中国粮油学报,2009,24(9):45-51.
- [14] 刘刚,刘英,陈季旺,等. 燕麦淀粉理化性质的研究[J]. 中国粮油学报,2008,23(3):86-89.
- [15] Singh J,McCarthy O J,Singh H,et al. Low temperature post—harvest storage of New Zealand Taewa(Maori potato); Effects on starch physic-chemical and functional characteristics[J]. Food Chemistry,2008,106:583-596
- [16] Yoo Sang-Ho,Jane Jan-lim. Structure and physical characteristics of waxy and other wheat starches[J]. Carbohydrate Polymers,2002,49:297-305.

Physicochemical Properties of Starch from Ten Black Kernel Wheat Varieties

DANG Bin¹, ZHANG Guo-quan²

(1. QingHai Academy of Agriculture and Forestry, Xining 810016, China; 2. College of Food Science and Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China)

Abstract: The physical and chemical properties of black kernel wheat starch granule, including shape, transparency, swelling power, amylose content, freeze-thaw stability, and viscosity properties were studied in this paper to provide theoretic basis for further development and utilization of black kernel wheat starch. The results indicated that black kernel wheat starch granule was big, assuming elliptic and spherical type, the range of granule size was 5 ~ 25 μm , total starch content was the same as xiao yan 6, while amylase and damaged starch content were higher than xiao yan 6. The black kernel wheat starch showed good swelling power, while poor transparency and freeze-thaw stability. The beginning gelatinization temperature was high, the maximum viscosity was 0.340 ~ 0.483 $\text{Pa}\cdot\text{s}$, and the hot paste stability and cold paste stability of black kernel wheat starch were poorer than that of check varieties starch. The hot paste stability and cold paste stability could be improved when adding NaCl and sucrose. The beginning gelatinization temperature increased with the increase of NaCl concentration, but the maximum viscosity, breakdown and setback decreased with the increase of NaCl concentration. The beginning gelatinization temperature and maximum viscosity increased with the increase of sucrose concentration, but breakdown and setback decreased with the increase of sucrose concentration. In addition, with the pH increases, the beginning gelatinization temperature gradually reduced, the maximum viscosity, breakdown and setback sharp rised.

Key words: black kernel wheat; starch; physicochemical properties

(责任编辑:叶红波)