

大米陈化度对直接挤压制作米粉品质的影响

范运乾, 罗海军, 廖子龙, 杨超, 单晓雪, 胡建蓉, 张辰, 付爱华* (中储粮总公司粮油质量检测中心, 四川成都 610091)

摘要 [目的] 考察大米陈化度对直接挤出制备直条米粉品质和质构特性方面的影响。[方法] 研究了大米陈化度对使用双螺杆挤压机直接挤压制作米粉品质的黏着性、断条率、吐浆值、质构特性、感官品质等的影响, 并对陈化度与质构特性进行相关性分析。[结果] 试验表明, 陈化程度较低的大米粉在挤出时米粉条较黏, 容易黏连, 表面粗糙, 随着陈化度升高米粉条黏度降低, 表面光滑; 随着陈化时间增加米粉咀嚼度和弹性呈上升趋势, 断条率呈现先减少后增加的趋势, 吐浆值呈上升趋势, 感官评价随陈化加深呈先增加后降低的趋势。[结论] 研究表明, 脂肪酸值可以作为评价大米陈化度的敏感因子。

关键词 大米; 陈化时间; 挤压制作米粉; 品质

中图分类号 S509.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)15-229-03

The Influence of Rice Aging Degree on the Quality of Rice Flour Prepared by Direct Extrusion

FAN Yun-qian, LUO Hai-jun, LIAO Zi-long, FU Ai-hua* et al (Grain and Oil Quality Inspection Center, China Grain Reserves Corporation, Chengdu, Sichuan 610091)

Abstract [Objective] To investigate effects of rice aging degree on quality of rice flour prepared by direct extrusion and texture characteristics. [Method] This study focused on the influence of the rice aging degree on the adhesion, the breaking rate, the grout vomiting value, texture properties, sensory quality of rice flour prepared by double screw extruder, and the correlation analysis between the aging degree and texture characteristics was also performed. [Result] With the increase of the aging degree of rice, the viscosity and roughness of rice-flour noodles prepared by the low aging level rice decreased slowly; the chewiness, elasticity and grout vomiting value showed the increase trend; the breaking rate showed firstly decrease and then increase trend and the result of sensory evaluation gave the opposite trend. [Conclusion] Fatty acid value can be used as sensitive factor for evaluation of rice aging degree.

Key words Rice; Rice aging degree; Rice flour by direct extrusion; Quality

根据米粉企业的生产经验, 使用新鲜稻谷制作的米粉粘性高, 制作时米粉条容易黏连, 成品沸水煮时易断条、糊汤。国外也有研究报道显示, 稻米陈化时间在一定程度上影响米粉的质构特性^[1]。大米陈化过程中在脱支酶的作用下支链淀粉 β -1, 6 糖苷键断裂使支链淀粉脱支, 脱支后的支链淀粉含量占总淀粉含量的比重降低, 但在陈化过程中直链淀粉的聚合度变化不明显, 所以直链淀粉含量相应的占总淀粉含量比重上升^[2]。大米陈化过程中淀粉与脂类、米谷蛋白相互作用增强, 也可能影响米粉的凝胶黏度/硬度^[3]。也有稻谷陈化研究认为, 大米在陈化过程中蛋白质巯基(-SH) 被氧化成二硫键(-S-S), 巯基含量与黏度/硬度比值呈正相关, 二硫键增加蛋白质肽链交联度和淀粉纤维束强度, 使凝胶强度增加, 同时在淀粉周围形成网络结构, 抑制淀粉凝胶的膨润, 所以二硫键含量越高硬度越大^[4]。

研究表明, 脂肪酸值可以作为评价大米陈化度的敏感因子^[5]。笔者通过在恒温恒湿箱内模拟稻谷陈化, 并对比使用不同陈化程度的稻谷挤压制作米粉品质的不同, 研究大米陈化度对直接挤出制备直条米粉品质和质构特性方面的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料与试剂。供试原料: 国泰长粒香米生态米(直链淀粉含量 21.93%), 桐城市长江米业有限公司。主要试剂: 浓硫酸、NaOH、浓盐酸、碘、碘化钾、硫代硫酸钠等, 均为分析纯; 糖化酶, 北京奥博星生物技术有限责任公司。

作者简介 范运乾(1987-), 男, 河南商丘人, 硕士, 从事粮油储藏研究。* 通讯作者, 从事分析化学研究。

收稿日期 2015-04-09

1.1.2 仪器与设备。双螺杆挤压机, 济南赛信膨化机械有限公司, 螺杆直径 32 mm, 长径比 18.75:1, 螺杆转速 0~300 r/min, 机筒温度为室温~300℃, 可使用循环水连续调节温度; RVA-3D 型快速黏度分析仪, 澳大利亚 NEW PORT 公司; 试验中使用的探头: Pasta Firmness/Stickiness Rig Code HDP/PFS。仪器参数设定: 测前速度 2.00 mm/s, 测试速度 1.00 mm/s, 测后速度 1.00 mm/s, 压缩率 70%, 时间 3.00 s, 触发力 10.0 g^[6]。

1.2 方法

1.2.1 双螺杆直接挤压制作米粉工艺流程。大米粉碎, 过 60 目筛→调质器调节水分→静置 30 min→设置挤压机参数→螺旋喂料器喂料→挤压成型→老化处理→烘干→冷却→成品。

挤压机操作参数设置: 机筒Ⅲ区温度 101℃, 原料含水量 35.3%, 螺杆转速 117 r/min, 喂料速度 9 r/min。

1.2.2 模拟大米陈化。把大米磨粉后过 60 目筛, 取适量样品放入恒温恒湿箱, 设置温度 40℃, 相对湿度 75%。放置 5、10、15、20 d 后取出适量使用双螺杆挤压机进行挤压米粉制作^[7], 并测定米粉相关的品质指标。

脂肪酸值测定按 GB/T 20569-2006 方法测定。

1.2.3 断条率测定。取米粉 200 g, 放入 1 000 ml 带盖保温容器中, 加入米粉块质量 7.5 倍的水(85℃以上), 加盖浸泡 10 min 后, 将粉条倒入盘内, 加入米粉块质量 2 倍的常温水, 让粉条全部浸泡在水中, 使粉条温度降至常温, 然后用筷子从中挑出所有的断条, 过筛后称其质量(m_1), 再称量过筛后的全部粉条质量(m_2), 记录称量结果^[8]。

$$\text{断条率} = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%$$

1.2.4 吐浆值测定。称取样品 50 g 在 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘箱中烘至恒重,准确称量样品质量 m_1 ,精确至 0.01 g,放入 1 000 ml 已沸腾水中,继续煮沸 6 min,取出后迅速冷却,用滤纸吸取米粉表面水分,放入 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘箱中烘至恒重,取出准确称量烘后样品重 m_2 ,精确至 0.01 g。

$$\text{断条率} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

1.2.5 质构特性(TPA)测试。米粉条用 100°C 沸水煮 6 min,取出后静置 2 min,用滤纸吸干表面水分。取 3 根米粉条平行置于载物台上,米粉条之间留有一定的间隔。对每个试样做 6 次平行试验,得到黏着性、咀嚼性、弹性等参数。每个仪器参数处理采用去掉异常值,求平均值的方法。

1.2.6 米粉感官评价。参考其他文献^[9]制定米粉感官评分标准,见表 1。

表 1 感官评分标准

评价指标	评价标准	得分//分
色泽	正常白色光滑	1
	色泽较暗	0.5
	色泽暗淡	0
断条性	10%	1
	$\leq 20\%$	0.5
	$> 20\%$	0
糊汤性	不糊汤	1
	稍糊汤	0.5
	很糊汤	0
硬度	软硬适中	1
	很硬或很软	0.5
	非常硬或非常软	0
爽滑性	爽滑	1
	较爽滑	0.5
	黏牙	0
柔韧性	爽滑柔韧	1
	较爽滑柔韧	0.5
	爽滑柔韧差	0

2 结果与分析

2.1 大米模拟陈化结果分析 不同陈化时间的大米脂肪酸值变化趋势见图 1,脂肪酸值变化与陈化时间呈高度线性正相关,线性方程为 $y = 5.67x + 7.75$, $R^2 = 0.9273$ 。在储藏 20 d 后脂肪酸值达到 321.00 mgKOH/kg。

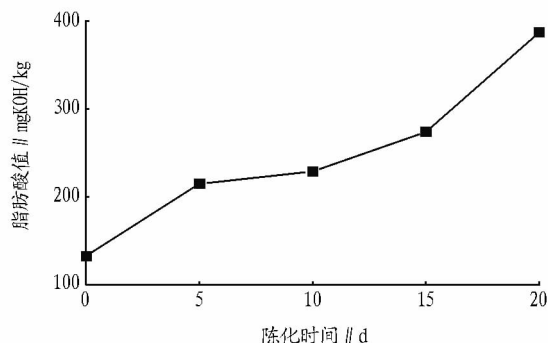


图 1 大米陈化时间对脂肪酸值的影响

2.2 大米陈化度与米粉黏着性的关系 不同陈化度的大米

制作的米粉黏着性变化趋势见图 2,米粉黏着性随着陈化时间增加呈 S 型曲线下降,陈化初期 0 ~ 10 d 下降缓慢,中期 10 ~ 15 d 下降速度加快,15 ~ 20 d 时变化不明显。在挤压米粉过程中,陈化程度较低的大米粉在挤出时米粉条较黏,容易黏连,表面粗糙,随着陈化度升高米粉条黏度降低,表面光滑。

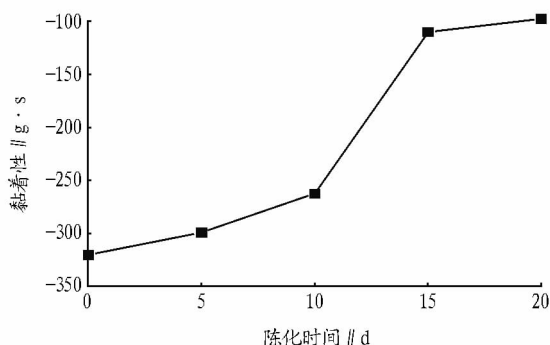


图 2 大米陈化时间对米粉黏着性的影响

黏度降低的原因因为大米在陈化过程中支链淀粉含量减少,蛋白质巯基(-SH)被氧化成二硫键(-S-S),巯基含量降低,蛋白质二硫键交联增大,从而使蛋白质与淀粉作用增强,使淀粉的膨胀和柔韧性减弱,挤出时糊化形成的凝胶硬度变大,黏度减小^[5]。米粉黏着性下降是蛋白质巯基氧化减少和支链淀粉减少共同作用的结果。双螺杆挤压机挤压过程中,淀粉在机筒内受到热、高压和剪切力的作用发生糊化、熔融和降解现象,支链淀粉由于分子量大比直链淀粉容易降解,断裂部位在 α -1,6 糖苷键^[10]。因此挤压过程对米粉黏着性降低起一定促进作用。

2.3 大米陈化度与米粉咀嚼性和弹性的关系 不同陈化度的大米制作的米粉咀嚼性变化趋势见图 3,米粉咀嚼度随着陈化时间增加呈上升趋势,在 0 ~ 10 d 时间段内增长较快,在 10 ~ 20 d 时间段内增加速度变慢。陈化时间与米粉咀嚼度高度正相关,线性方程为 $y = 567.71x + 2\,288.7$, $R^2 = 0.9446$ 。

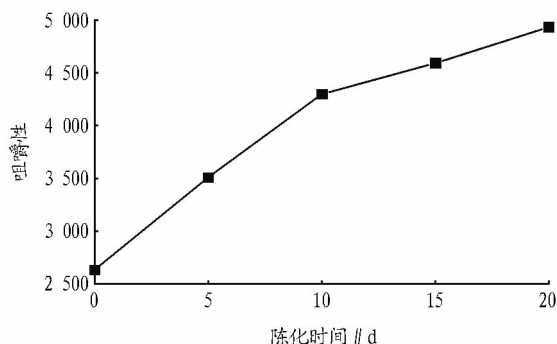


图 3 大米陈化时间对米粉咀嚼度的影响

图 4 显示,米粉弹性随着陈化时间增加呈上升趋势,在 0 ~ 10 d 时上升趋势快,10 ~ 29 d 时上升缓慢。米粉条咀嚼性和弹性增加是由于大米粉陈化使米粉淀粉挤出时形成的凝胶网络强度增强^[5]。

2.4 大米陈化时间与米粉断条率和吐浆值的关系 不同陈化度的大米制作的米粉断条率变化趋势见图 5,随着陈化程度增加米粉断条率呈现先减少后增加的趋势,在 10 d 左右时

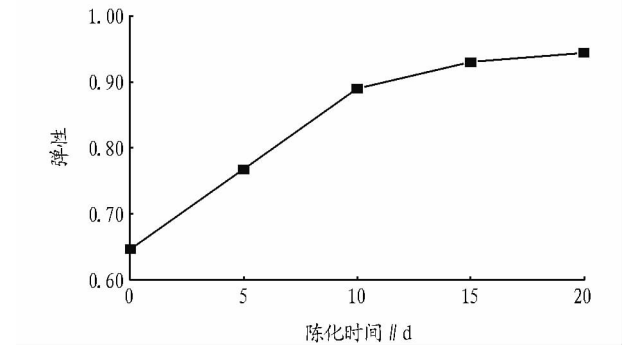


图4 大米陈化时间对米粉弹性的影响

断条率达到最低。米粉断条率与米粉条弹性和柔韧性有关。直链淀粉与支链淀粉比值与大米凝胶强度有关,蛋白质巯基氧化成二硫键形成网络结构也可以增强凝胶韧性^[5]。0~10 d时间段内,米粉弹性增加趋势明显,硬度增加不显著使米粉条柔韧性增加,所以在煮沸时不宜断条。10~20 d时间段内,弹性增长趋势不明显,硬度呈快速上升趋势,米粉硬度增加使得在沸水中易折断,因此断条率在储存后期呈上升趋势。

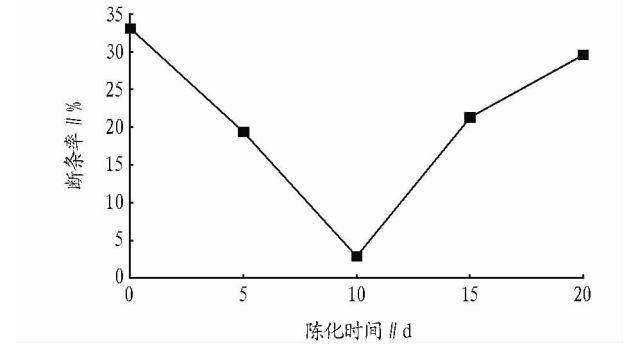


图5 陈化时间对米粉断条率的影响

图6显示,随着陈化程度加深米粉吐浆值呈上升趋势,0~15 d时间段吐浆值增长迅速,15 d以后增长趋势趋于缓慢。吐浆值反应在沸水煮的过程中溶于水的固形物的多少,吐浆值大表明米粉浑汤现象严重。

2.5 陈化时间与米粉感官评价的关系 不同陈化度的大米制作的米粉感官品质变化趋势见图7,感官评价随陈化加深呈先增加后降低的趋势,在10 d时感官评价最佳。在陈化初

期感官评分上升的原因是米粉硬度、咀嚼度和弹性大幅度上升,黏度上升趋势不明显,同时断条率减小,从而适口性得到提升。陈化后期,籼米粉在高温下劣变出现哈喇味,颜色也由白色变为黄褐色。由于脂肪酸值是反应陈化程度的重要指标,模拟陈化过程中在10 d时脂肪酸值为229.0 mgKOH/kg,感官评价最佳。因此在选择米粉原料可以把脂肪酸值229.0 mgKOH/kg作为参考指标。

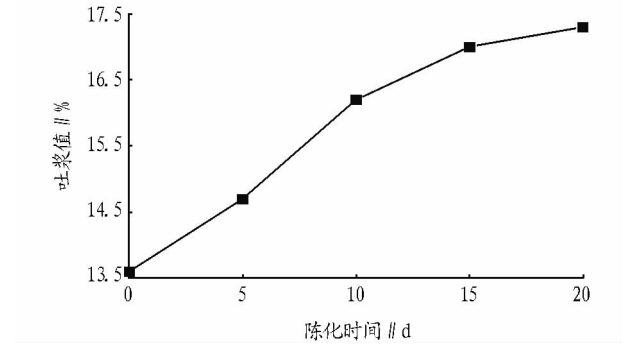


图6 大米陈化时间对米粉吐浆值的影响

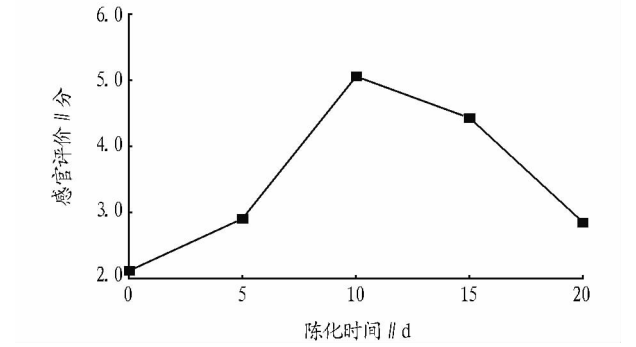


图7 陈化时间对米粉感官评价的影响

2.6 相关性分析 米粉硬度、黏着性、咀嚼性、弹性、断条率、吐浆值和原料脂肪酸值相关性见表2,脂肪酸值与硬度、黏着性、咀嚼度、弹性、吐浆值显著正相关,随着陈化时间延长均呈上升趋势。断条率与感官评价高度负相关,对感官评分影响最为显著。在米粉感官评价过程中,硬度、咀嚼性、弹性对口感影响很大,陈化0~10 d各项指标均显著上升,口感随之改善,10~20 d时由于硬度大幅度上升影响整体感官效果,从而使感官评价下降。

表2 相关性分析

项目	脂肪酸值	硬度	黏着性	咀嚼性	弹性	断条率	吐浆值
硬度	0.993 **	1.000					
黏着性	0.880 *	0.853 *	1.000				
咀嚼性	0.909 *	0.859 *	0.871 *	1.000			
弹性	0.859 *	0.800	0.849 *	0.994 **	1.000		
断条率	0.048	0.130	0.154	-0.298	-0.371	1.000	
吐浆值	0.937 **	0.910 *	0.925 **	0.968 **	0.946 **	-0.107	1.000
感官评价	0.181	0.080	0.272	0.571	0.652	-0.860 *	0.429

注: ** 表示 $P < 0.01$, * 表示 $P < 0.05$ 。

3 结论

使用不同陈化度的大米通过直接挤出工艺制作米粉,陈化程度较低的大米粉在挤出时米粉条较黏,容易黏连,表面粗糙,随着陈化度升高米粉条黏度降低,表面光滑;随着陈化

时间增加米粉咀嚼度和弹性呈上升趋势,断条率呈现先减少后增加的趋势,吐浆值呈上升趋势,感官评价随陈化加深呈先增加后降低的趋势。

(下转第253页)

生素 C、维生素 A、胡萝卜素、烟酸、硫胺素、核黄素、视黄醇等。

6.2 古汉名考证 冬葵原产我国,又称露葵、葵、滑菜、丘葵、葵菜、冬寒菜、卫足、蕲菜、滑肠菜、冬苋菜、阳草、秋葵、春葵等。《本草经》:“冬葵子味甘,寒”。《诗经·国风》:“七月烹葵及菽”。《尔雅翼》:“葵为百菜之主,味甘滑”。《宁都州志》:“葵菜土名蕲菜,性冷,味柔滑,经霜益滑,吴人谓之滑肠菜”。《广群芳谱》卷 14 在释“葵”,丘葵也。《农书》:葵,阳草也……。《本草》:一名露葵(古人采葵,必等露解),一名滑菜(言其性也),一名卫足(《尔雅翼》云:葵时倾日,不使照其足)。《本草纲目》卷 16:“六七月种者为秋葵,八九月种者为冬葵,终年收采。正月复种者为春葵,然宿根至春亦生”。《植物名实图考》卷 3:“冬葵,湖南也呼葵菜,亦曰冬寒菜”。王祯《农书》说:“葵为百菜之主,备四时之馔,可防荒俭,可以菹腊(咸干菜),其根可疗疾”。

7 葫芦科的菜瓜(*Cucumis melo conomon*)

7.1 营养成分 菜瓜含有碳水化合物、蛋白质、膳食纤维、脂肪、钾、钙、磷、铁、维生素 C、维生素 A、B 族维生素、胡萝卜素和柠檬酸等。其中钾、钙的含量较高。

7.2 古汉名考证 菜瓜起源于亚洲南部,又叫越瓜、白瓜、稍瓜、羊角瓜等。《植物名实考证》卷 4:“越瓜,开宝本草始著录。即菜瓜……”。《广群芳谱》卷 17:“(本草)稍瓜一名越瓜,一名菜瓜,南北皆有……有青白二色,大如瓠子。一种长者至二尺许,俗呼羊角瓜”。该种植物品种较多,有些地区也称之为白瓜。

8 百合科的葱(*Allium fistulosum*)

8.1 营养成分 葱营养成分丰富,含有蛋白质、脂肪、膳食纤维、碳水化合物、磷、钠、锌、锰、钾、铁、镁、钙、硒、维生素 B₁、维生素 B₅、维生素 C、维生素 B₂、维生素 E、维生素 A、胆固醇、视黄醇、胡萝卜素等。

8.2 古汉名考证 葱原产我国西部和黄土高原,古时称𦉰、菜伯、和事草、鹿胎、青、葱等。《山海经》:“边春之山多葱葵韭。北单之山,无草木,多葱韭”。《尔雅》:“青谓之葱,古者佩玉有葱珩,以玉色如葱得名”。《本草纲目》卷 26 在释葱时说𦉰、菜伯、和事草、鹿胎都指葱,并解释曰:“葱从凶,外直中空,有凶通之象也。𦉰者,草中有孔也,故字从孔,𦉰脉象之,葱初生曰葱针,叶曰葱青,衣曰葱袍,茎曰葱白,叶中涕曰葱茸,诸物皆宜,故云菜伯,和事”。

(上接第 231 页)

试验结果表明,使用陈化度为脂肪酸值 229.0 mgKOH/kg 大米制作米粉品质最佳,可以在选择米粉原料时把脂肪酸值 229.0 mgKOH/kg 作为重要参考指标。

参考文献

[1] HORMDOKA R, NOOMHORM A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality[J]. Swiss Society of Food Science and Technology, 2007, 40: 1723-1731.
[2] 张瑛, 吴先山, 吴敬德, 等. 稻谷储藏过程中理化特性变化的研究[J]. 中国粮油学报, 2003(6): 20-24.
[4] 任顺成, 周瑞芳, 李永红. 大米陈化过程中谷蛋白与大米质构特性的变

9 十字花科的萝卜(*Raphanus sativus*)

9.1 营养成分 萝卜是一种质脆味美、营养丰富的家常蔬菜,其中胡萝卜素有“小人参”之称。富含糖类、脂肪、挥发油、钙、铁、胡萝卜素、维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、花青素等营养成分。

9.2 古汉名考证 萝卜原产我国,又称茐、菹菜、葵、蘆菔、莱菔、土瓜、蘆菔、雹葵、菲草、宿菜、菔、紫花菘、温松、土酥、破地锥、楚菘、秦菘、蘆、来服、葵子、春莲花、蘿蔔等。《诗经·国风》:“采葑采菲”,古时的“菲”泛指十字花科包括萝卜在内的一些蔬菜,古时对于芜菁、芥菜、蘆菔、菘之类的栽培植物往往记载不详,常笼统地称之为“葑”或“菲”。随着不断的选育,人们对它们的食用部分也不同,各类也就有了具体的名称。《名医别录》(公元 5 世纪)中说:“芜菁及蘆菔,味苦,温……。蘆菔是今温松,其根可食,芜菁根乃细于温松,而叶似菘,好食,籽比温菘细小”,可见该时已把两者区分开了。《广群芳谱》卷 16:萝菔,一名莱菔,一名蘆菔,一名雹葵(尔雅云,葵,蘆菔,注云,菔宜为菔,蘆菔芜菁属,紫花大根,俗呼雹葵),一名紫花菘,一名温菘(紫花菘、温菘,皆南人所呼,吴人呼楚菘,广南人呼秦菘),一名土酥(农书云,北人萝菔,一种四名,春曰破地锥,夏曰夏生,秋曰萝卜,冬曰土酥,谓其洁白如酥也)。《癸辛杂识》:“今成都面店中呼萝卜为葵子,虽曰并语,然亦有谓”。《尔雅》:“菲,茐”,《尔雅注》:“即土瓜也”。《诗疏》:“菲似菹……,幽州人谓之茐。今河内人谓之宿菜”。《诗草木今释》中说“蘿菔、来服、春莲花、满阳花”都为萝卜的俗名。

10 结语

古代著作中记述的可作蔬菜的植物还有很多,以上所述仅为古书中记述较多,又曾作为古今重要蔬菜的种类,今考证之,以便沟通古今,以飨读者。

参考文献

[1] (明)李时珍. 本草纲目[M]. 北京:人民卫生出版社,1982.
[2] 吴德邻, 陈邦余, 卫兆芬, 等. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1981.
[3] 缪启愉, 邱泽奇. 汉魏六朝岭南植物“志录”辑释[M]. 北京:北京农业出版社,1990.
[4] 江苏医学院. 中药大辞典[M]. 上海:上海科学技术出版社,1977.
[5] 吴征镒, 周太炎, 肖培根. 新华本草纲要(一)[M]. 上海:上海科学技术出版社,1988.
[6] (清)吴其濬. 植物名实图考[M]. 北京:商务印书馆,1957.
[7] 曹元宇. 本草经[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.
[8] (唐)陈藏器. 尚志韵辑释. 本草拾遗[M]. 合肥:安徽科学技术出版社, 2004.

化[J]. 中国粮油学报, 2002(3): 42-46.
[5] 高珉珑, 鞠兴荣, 姚明兰, 等. 稻米储藏期间陈化机制研究[J]. 食品科学, 2008(4): 470-473.
[6] 安红周, 吴丹, 韩杰, 等. 不同添加剂对鲜食面条品质影响的研究[J]. 食品科技, 2010(10): 186-191.
[7] 万忠民, 徐宁. 不同储藏温度下稻谷的品质劣变[J]. 粮食与食品工业, 2004(3): 49-51.
[8] 陈岩, 罗楚英, 何从宁. QBT 2652-2004 方便米粉(米线)[S]. 北京:中国轻工业出版社, 2004.
[9] 刘超, 汪晓鸣, 张福生, 曹磊. 鲜湿米粉保鲜工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2009(11): 5113-5114.
[10] 任顺成, 周瑞芳. 大米陈化过程中蛋白质与大米质构特性的变化[J]. 郑州工程学院学报, 2001, 22(1): 42-46.