

不同品种高粱的加工特性与利用研究

段冰, 杨玲*, 郭旭凯, 郭睿, 邵强, 温贤将 (山西省农业科学院高粱研究所, 山西晋中 030600)

摘要 收集 2017 年我国高粱产区的 10 个高粱样品, 进行了籽粒品质、淀粉性质和糊化特性的研究。结果表明, 糯高粱整体出酒率较高, 粳高粱中通杂 108、龙杂 17 号、晋杂 22 号的出酒率较高, 适合酿造清香型大曲白酒; 吉杂 124 和锦杂 106 的抗性淀粉含量较高且热稳定性好, 可应用于食品加工业。

关键词 高粱; 品质; 淀粉; 糊化特性; 出酒率

中图分类号 TS21 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)01-0193-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.01.058

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on the Processing Characteristics and Utilization of Sorghum in Different Varieties

DUAN Bing, YANG Ling, GUO Xu-kai et al (Sorghum Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Jinzhong, Shanxi 030600)

Abstract 10 kinds of sorghum varieties, which were collected from sorghum region of China in 2017, were studied from the grain quality, starch properties and gelatinization characteristics. The results showed that the overall alcohol yield of glutinous sorghum was higher; among the non-glutinous sorghum varieties, the alcohol yield of Tongza 108, Longza 17 and Jinza 22 was higher. The resistant starch content of Jiza 124 and Jinza 106 were high and the thermal stability was good, which could be applied in food processing industry.

Key words Sorghum; Quality; Starch; Gelatinization characteristics; Wine yield

高粱(*Sorghum bicolor*)又称乌禾、蜀黍,是一种重要的耐旱作物,具有高产、抗旱、抗盐碱、抗涝、耐贫瘠等特点,已有 3 000 多年的历史,种植面积和产量仅次于小麦、水稻、玉米和大麦,位居第 5 位^[1]。高粱的营养价值较高,籽粒中含有多种营养成分,对人体健康极为有益。现代研究已经表明,高粱中含有多酚、抗性淀粉等多种主要活性成分^[2]。淀粉是高粱籽粒中含量最多且最重要的碳水化合物^[3],其含量为 65.3%~81.0%,平均值为 79.5%。70%~80%的高粱淀粉为支链淀粉^[4]。直链淀粉含量在不同高粱品种间差异较大,普通高粱淀粉中直链淀粉的质量分数为 11.98%~23.47%,平均值为 18.71%,而高直链淀粉品种中直链淀粉的质量分数为 40%~70%,糯质高粱品种直链淀粉含量非常低,而支链淀粉的质量分数接近 100%^[5]。笔者深入研究了不同品种高粱的品质性状,籽粒中直链、支链淀粉的含量,糊化特性和出酒率,分析各指标间的关系,旨在为高粱品种品质特性分析和加工适宜性研究提供理论依据和参考。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 于 2017 年 11 月收集不同地域的高粱品种 10 个,即吉杂 124、锦杂 106、晋杂 22 号、晋杂 34 号、龙杂 17 号、通杂 108、赤杂 101、冀酿 2 号、晋糯 3 号、徐州 1 号。

直链淀粉标样、单宁酸,购自美国 Sigma 公司;支链淀粉标样购自美国 Fluka 公司;浓硫酸、氢氧化钠、硼酸、混合催化剂、溴甲酚绿、甲基红、无水乙醇、正己烷、浓盐酸、碘、碘化钾、氨水、二甲基甲酰胺、柠檬酸铁铵,均为分析纯,均购自凯达试剂有限公司。

1.2 仪器与设备 黏度仪 Viscograph-E,为德国布拉本德仪器公司产品;EBC-LF 麦芽标准粉碎机,为麦科仪科技有限公司产品;AL204 电子天平(感量 0.1 mg),为美国 METTLER-TOLEDO 公司产品;FOSS 2100 凯氏定氮仪,为瑞典福斯分析仪器公司产品;SZF-06C 型粗脂肪测定仪(Clarus 480),为浙江托普仪器有限公司产品;UV-1780 紫外分光光度计,为日本岛津公司产品。

1.3 检测项目与方法 ①容重的测定参照 GB5498—2013《粮食、油料检验 容重测定法》;②水分的测定参照 GB/T 21305—2007《谷物及谷物制品水分的测定》;③总淀粉、直链淀粉及总淀粉含量参照双波长比色原理^[6]测定;④脂肪的测定依据 GBT14772—2008《食品中粗脂肪的测定方法》;⑤蛋白质的测定采用凯氏定氮法^[7]测定;⑥单宁含量的测定依据 GB/T 15686—2008《高粱单宁含量的测定》中方法进行;⑦抗性淀粉含量的测定采用 Megazyme 抗性淀粉试剂盒法(AOAC 法 2002.02、AACC 法 32-40);⑧黏度依据 ICC169 及 GB/T 14490—1993 规定的测试标准进行测定;⑨出酒率的测定,换算至规定温度下 65°白酒计算出酒率^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同品种高粱的品质测定 10 个高粱品种的品质检测结果(表 1)表明,容重的平均含量为 755.6 g,变幅为 684~783 g,其中高于平均值(755.6 g)的有 6 份,占总样品数的 60%;蛋白质的平均含量为 9.84%,变幅为 8.08%~11.7%,其中高于平均值(9.84%)的有 4 份,占总样品数的 40%;脂肪的平均含量为 3.77%,变幅为 3.32%~4.89%,其中高于平均值(3.77%)的有 4 份,占总样品数的 40%;单宁的平均含量为 1.39%,变幅为 0.49%~2.22%,其中高于 1.39%的有 7 份,占总样品数的 70%;水分的平均含量为 12.15%,变幅为 11.8%~13.7%,其中高于平均值(12.15%)的有 2 份,占总样品数的 20%。籽粒成熟饱满、结构紧密、颗粒小、含水量低的样品,容重较大^[9]。这表明水分含量越高的品种容重越低。

基金项目 晋中市科技局重点研发项目(Y182016);国家谷子高粱产业技术体系项目(CARS-06-13.5-A30);山西省农业科学院“农谷”研发专项(YCX20182029)。

作者简介 段冰(1982—),女,山西交城人,副研究员,从事高粱加工利用研究。*通信作者,副研究员,从事高粱加工利用研究。

收稿日期 2019-07-09

表1 高粱籽粒品质检测结果

Table 1 The detection results of sorghum's grain quality

序号 No.	品种 Variety	容重 Bulk weight//g	蛋白质含量 Protein content//%	脂肪含量 Fat content %	单宁含量 Tannin content//%	水分含量 Water content//%
1	吉杂 124	769	10.12	3.60	1.12	12.0
2	锦杂 106	783	9.36	3.32	1.40	11.8
3	晋杂 22号	774	9.49	4.07	1.41	11.8
4	晋杂 34号	684	8.08	3.51	1.40	13.7
5	龙杂 17号	721	11.70	3.78	1.48	12.3
6	通杂 108	755	10.00	3.79	1.75	12.1
7	赤杂 101	771	7.63	3.51	0.49	11.8
8	冀酿 2号	750	9.36	3.63	2.02	12.1
9	晋糯 3号	774	9.56	3.55	1.01	12.1
10	徐州 1号	775	10.90	4.89	2.22	11.8

2.2 不同品种高粱的淀粉含量测定 高粱淀粉和玉米淀粉的性质相似,2种作物籽粒淀粉的形态一样,只是高粱淀粉粒略大。直链淀粉在淀粉老化过程中发挥主要作用^[10]。抗性淀粉作为一种新型食品添加物,与膳食纤维具有相似的生理功能,具有高膳食纤维含量、低热量等特点,有助于控制体重、防止便秘、增强抵抗力和促进矿物质的吸收等。

由表2可知,10个高粱品种的总淀粉含量为73.10%~76.70%,其中赤杂101的总淀粉含量最高;10个高粱品种的直链淀粉含量为1.59%~40.89%,其中锦杂106的直链淀粉含量最高,糯高粱的直链淀粉含量都较低;10个高粱品种的支链淀粉含量为59.11%~98.41%,其中糯高粱的支链淀粉含量均都在95%以上;10个高粱品种的抗性淀粉含量为3.14%~20.42%,其中冀酿2号的抗性淀粉含量最高,吉杂124次之。

2.3 不同品种高粱的糊化特性测定 淀粉的性质直接影响淀粉类制品的淀粉糊化效果和加工制品性质^[11]。淀粉糊化性质受基因型与环境的影响,与直链淀粉的含量相关,直链淀粉含量越高,淀粉崩解值较小,糊化温度相对较高,回生值不明显^[12]。崩解值反映淀粉糊在高温时的抗剪切能力,崩解值越小,淀粉糊的热稳定性越强^[13]。回生值反映淀粉糊

的稳定性及老化能力,回生值越大在一定程度上说明淀粉越易老化^[14]。淀粉糊化为吸热反应,吸收的热能用于淀粉晶体的溶解、颗粒的膨胀和直链淀粉分子从淀粉颗粒中释放,不同来源的淀粉的膨胀速度和直链淀粉溶解速度、糊化能力存在差异^[15-16]。10个高粱品种的糊化特性见表3。

表2 不同品种高粱淀粉含量的检测结果

Table 2 The detection results of starch content in different varieties of sorghum %

序号 No.	品种 Variety	总淀粉含量 Total starch content	直链淀粉含量 Amylose content	支链淀粉含量 Amylopectin content	抗性淀粉含量 Resistant starch content
1	吉杂 124	73.80	26.32	73.68	20.01
2	锦杂 106	74.90	40.89	59.11	18.88
3	晋杂 22号	74.00	39.10	60.90	16.69
4	晋杂 34号	73.12	38.40	61.60	12.97
5	龙杂 17号	74.19	32.60	67.40	18.58
6	通杂 108	75.30	31.20	68.80	18.37
7	赤杂 101	76.70	34.21	65.79	3.14
8	冀酿 2号	74.80	3.14	96.86	20.42
9	晋糯 3号	75.10	1.59	98.41	14.47
10	徐州 1号	73.10	2.13	97.87	14.87

表3 不同品种高粱全粉糊化特性

Table 3 Gelatinization characteristics of whole powder of different varieties of sorghum

序号 No.	品种 Variety	糊化温度 Gelatinization temperature//℃	峰值黏度 Peak viscosity BU	最低黏度 Minimum viscosity//BU	最终黏度 Final viscosity BU	崩解值 Disintegration value//BU	回生值 Retrograde value//BU
1	吉杂 124	80.1	300	243	511	57	268
2	锦杂 106	79.6	232	176	442	56	266
3	晋杂 22号	80.1	216	168	419	48	251
4	晋杂 34号	83.1	229	170	437	59	267
5	龙杂 17号	80.4	221	165	381	56	216
6	通杂 108	79.7	247	184	452	63	268
7	赤杂 101	80.6	254	181	508	73	327
8	冀酿 2号	73.7	456	255	415	201	160
9	晋糯 3号	69.1	552	228	323	324	95
10	徐州 1号	75.3	657	276	366	381	90

由表 3 可知,10 个高粱品种的淀粉在 61.9~83.1 °C 时开始糊化,糊化温度的平均值为 78.17 °C,极差值为 14.0 °C;10 个高粱品种的峰值黏度为 216~657 BU,平均值为 336.4 BU,极差值为 441 BU,品种间差异很大;10 个高粱品种的最低黏度为 165~276 BU,平均值为 204.6 BU,极差值为 111 BU;10 个高粱品种的最终黏度为 323~511 BU,平均值为 425.4 BU,极差值为 188 BU;10 个高粱品种的崩解值为 48~381 BU,平均值为 131.8 BU,极差值为 333 BU;10 个高粱品种的回生值为 90~327 BU,平均值为 220.8 BU,极差值为 237 BU;直链淀粉含量高的品种糊化温度、最终黏度和回生值较高,支链淀粉含量高的品种峰值黏度、最低黏度和崩解值较高。

糊化温度反映淀粉糊化所需的热量,也反映淀粉熟化的速度。一般而言,糊化温度越低,熟化越快,加工完成所需的时间越短。10 个品种中,晋糯 3 号的糊化温度最低,同等加热条件下最易熟化;反之,龙杂 17 号的糊化温度最高,说明该品种需在较高温度条件下才能熟化。

峰值黏度反映淀粉颗粒的膨胀性能,淀粉颗粒在冷水中是不易溶解的,当加热至 95 °C 时,伴随支链淀粉溶出颗粒的膨胀,形成峰值黏度,因此支链淀粉含量越高,峰值黏度越大,而可溶性直链淀粉含量越高,峰值黏度越小。

崩解值是由已糊化的淀粉颗粒结构的瓦解所引起的,反映淀粉在加热过程中的耐剪切性,崩解值越小,则糊化稳定性越好。10 个高粱品种中,晋杂 22 号的崩溃值最小,说明其在热稳定性最好;徐州 1 号的崩溃值最大,其热稳定性也最差。

回生值是淀粉糊化冷却后的黏度与最低黏度的差值,反映淀粉的短期老化能力。回生值越高,说明其在加热后的冷却过程中老化较快,不利于保持稳定的糊黏度。10 个高粱品种中赤杂 101 的回生值最大,说明其淀粉老化速度最快;徐州 1 号的回生值最小,说明其淀粉的老化速度最慢。

2.4 不同品种高粱的出酒率测定 淀粉是影响出酒率的主要因素,淀粉结构对白酒口感也有明显的影响^[17]。表 4 中出酒率结果显示糯高粱品种的出酒率显著高于粳高粱品种,传统清香型大曲白酒酿造原料选用的是北方的粳高粱,而糯高

表 4 不同品种高粱的出酒率检测结果

Table 4 Wine yield detection results of different varieties of sorghum %

序号 No.	品种 Variety	大渣出酒率 Wine yield of large slag	二渣出酒率 Wine yield of the secondary slag	合计 Total
1	吉杂 124	23.76	19.08	42.84
2	锦杂 106	26.25	16.84	43.09
3	晋杂 22 号	24.05	19.35	43.40
4	晋杂 34 号	23.47	19.11	42.57
5	龙杂 17 号	23.28	20.53	43.81
6	通杂 108	23.58	20.69	44.27
7	赤杂 101	23.60	16.79	40.40
8	冀酿 2 号	21.02	22.99	44.01
9	晋糯 3 号	20.86	25.31	46.17
10	徐州 1 号	19.33	19.77	39.09

粱则作为南方酒厂选用的主要酿造原料^[18]。糯高粱酿造清香型白酒由于蒸粮后黏软,导致大渣发酵不完全,故大渣的出酒率较低,二渣出酒率较高。酿酒高粱品种要求蛋白质含量为 9%~10%,脂肪含量≤4%,单宁含量为 0.5%~1.5%^[19]。粳高粱中通杂 108、龙杂 17 号、晋杂 22 号的出酒率较高,而徐州 1 号的出酒率最低。

3 结论

(1)10 种高粱的品质结合出酒率分析,糯高粱的整体出酒率较高,出酒率较高的高粱品种都具有较高的容重、蛋白质、脂肪、单宁的含量,与前人研究结果相一致。徐州 1 号的容重虽然也较高,但脂肪含量高达 4.89%,单宁含量为 2.22%,蛋白质含量也偏高,从而影响了出酒率。高粱是一种适用乳糜泻病人食用的无麸质食品。近年来,乳糜泻和小麦粉不耐受疾病使得消费者对无麸质食品的需求日益增加,可考虑从食品加工等方面对徐州 1 号进行开发利用。

(2)10 个高粱品种的直链淀粉、支链淀粉和抗性淀粉含量差异较大。该试验中的抗性淀粉提取采用高粱全粉,高粱研磨后颗粒大小和高粱粉中的蛋白质、单宁、脂肪等成分对抗性淀粉的含量有一定的影响。申瑞玲等^[20]研究表明,抗性淀粉在食品中的应用主要基于 2 个方面,一是健康功效;二是对食品质地和感官特性的影响。抗性淀粉的热稳定性好、持水性差,主要应用于饼干和脆片等低水分食品,不仅起到多种健康生理功效,而且不会影响食物的原有口感和质地,是一种膳食纤维源优选成分。吉杂 124 和锦杂 106 的抗性淀粉含量较高且热稳定性好,可应用于食品加工业。

(3)10 个高粱品种中,粳高粱的糊化温度较糯高粱偏高;粳高粱的崩解值低于糯高粱,表明其溶胀后淀粉颗粒强度大,不易破裂,耐剪切性好;晋杂 22 号的耐剪切性最好,而徐州 1 号最差;糯高粱回生值较粳高粱低,赤杂 101 最高,其中以徐州 1 号最低,表明糯高粱易糊化,结合对出酒率的分析,用糯高粱酿造清香型大曲白酒时出酒率较粳高粱更高。

参考文献

- [1] 王红育,李颖.高粱营养价值及资源的开发利用[J].食品研究与开发,2006,27(2):91-93.
- [2] 寇兴凯,徐同成,宗爱珍,等.高粱的营养价值以及应用现状[J].安徽农业科学,2015,43(21):271-273.
- [3] 周福平,柳青山,张晓娟,等.不同高粱品系的淀粉糊化特征[J].植物学报,2014,49(3):306-312.
- [4] 田晓红,谭斌,谭洪卓,等.20 种高粱淀粉特性[J].食品科学,2010,31(15):13-20.
- [5] 刘艳香.高粱挤压加工特性及高粱-蚕豆复配营养早餐粉的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2009.
- [6] 蒋兰.酿酒高粱淀粉含量测定及性质研究[D].重庆:重庆大学,2013.
- [7] 史玮,孙莹,徐振斌.凯氏定氮法测定粮食蛋白质含量方法研究[J].粮食科技与经济,2013,38(5):31-32.
- [8] 肖冬光.白酒生产技术全书[M].北京:中国轻工业出版社,2005:807-821.
- [9] 司建中.小麦水分含量对容重及硬度的影响[J].粮食储藏,2011(5):47-49.
- [10] 袁蕊,敖宗华,丁海龙.不同品种高粱糊化特性研究[J].粮食与油脂,2011(8):26-27.
- [11] 张宏,林向阳,朱榕璧,等.淀粉类制品加工特性影响因素的研究[J].农产品加工,2008(11):16-18,59.

明样品3(油橄榄原味酵素)最为清亮透明、口感最佳、气味最香醇,样品2的色泽最好看。在微生物检测中发现样品1和样品3的菌落总数较少,是由于酵素后期有灭菌处理,大肠杆菌和霉菌均在安全范围内,沙门氏菌和金黄色葡萄球菌未检出。

表5 不同自制酵素微生物指标检测结果

Table 5 Test results of microbial indicators of different homemade enzymes

样品序号 Sample number	菌落总数 Total number of colonies CFU/mL	大肠杆菌 Escherichia coli MPN/mL	沙门氏菌 Salmonella	金黄色葡萄球菌 Staphylococcus aureus	霉菌 Mucedine CFU/mL
1	<1	<0.03	—	—	<1
2	1.7×10^4	<0.03	—	—	<1
3	<1	<0.03	—	—	<1

酵素产品较之普通制品具有的功效作用、营养价值更加显著,能适应当今社会人们的膳食营养需求,是今后保健食品领域中产业发展的一大趋向,具有广阔的开发应用前景。目前核桃榨油和油橄榄榨油后所得饼粕和果渣的利用率低、附加值不高,而核桃饼粕和油橄榄果渣中富含大量的维生素、氨基酸、多种活性组分,该试验以核桃饼粕、油橄榄果渣玫瑰花为主要原料,加入甘草、金银花等药食同源植物及适量益生菌进行发酵,既可合理充分利用副产物,延伸加工产业链,提高产品附加值,又可丰富木本油料市场产品多样性,同时为今后核桃、油橄榄等产品的多功能开发利用提供一定的理论基础。

参考文献

- [1] 李晓青,刘俊江,陈宏运,等. 植物发酵液的发展及其功效[J]. 农产品加工,2014(1):70-72.
- [2] KUWAKI S, NAKAJIMA N, TANAKA H, et al. Plant-based paste fermented by lactic acid bacteria and yeast: Functional analysis and possibility of application to functional food[J]. Biochemistry insights, 2012, 5: 21-29.
- [3] OKADA H, FUKUSHI E, YAMAMORI A, et al. Structural analysis of three novel trisaccharides isolated from the fermented beverage of plant extracts[J]. Chemistry central journal, 2009, 3(1): 1-8.
- [4] 赵金凤,曲佳乐,皮子凤,等. 植物酵素润肠通便保健功能研究[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(3): 54-56.
- [5] 白浩,文佳嘉,费爽雯,等. 酵素的功能与综合应用研究进展[J]. 食品工业, 2017, 38(6): 270-272.
- [6] 吴彬彬,陈宏运,颜晓庆,等. 植物果蔬发酵物与癌症的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(22): 189-193.
- [7] 毛建卫,吴元锋,方晟. 微生物酵素研究进展[J]. 发酵科技通讯, 2010,

- 39(3): 42-44.
- [8] 蒋增良,毛建卫,黄俊,等. 蓝莓酵素在天然发酵过程中抗氧化性能的变化[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 194-197, 201.
- [9] 王瑾,刘新利. 桑葚酵素生物活性的检测与研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(2): 28-31.
- [10] 周银唤. 植物酵素的研究进展[J]. 现代食品, 2018(11): 27-30.
- [11] 农业部作物品种资源监督检验测试中心,陕西省农业科学院农产品综合利用研究所. 荞麦及其制品中总黄酮含量的测定: NY/T 1295—2007[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [12] 中国全国供销合作总社杭州茶叶研究院. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [13] 中国食品发酵工业研究院. 食品中总酸的测定: GB/T 12456—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准食品中还原糖的测定: GB 5009.7—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [15] 中国食品发酵工业研究院,烟台张裕葡萄酒股份有限公司,中法合营王朝葡萄酒有限公司,等. 葡萄酒、果酒通用分析方法: GB/T 15038—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准食品中维生素 B1 的测定: GB 5009.84—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会; 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中维生素 B2 的测定: GB 5009.85—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中维生素 B6 的测定: GB 5009.154—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [19] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 保健食品中维生素 B12 的测定: GB/T 5009.217—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准食品中抗坏血酸的测定: GB 5009.86—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [21] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品微生物学检验 大肠菌群计数: GB 4789.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品微生物学检验 沙门氏菌检验: GB 4789.4—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [24] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验: GB 4789.10—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [25] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准食品微生物学检验 霉菌和酵母计数: GB 4789.15—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [26] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准食品微生物学检验 乳酸菌检验: GB 4789.35—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [27] 曹伟国,刘志勤,邵云,等. 黄酮类化合物药理作用的研究进展[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2241-2247.
- [28] 赵莹,谭晓辉,胡鹏刚,等. 青梅酒的总酸和挥发酸控制技术[J]. 中国酿造, 2018, 37(7): 122-126.
- [29] 张晶,左勇,谢光杰,等. 发酵条件对桑椹果酒中挥发酸的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(1): 117-121.

(上接第195页)

- [12] 叶为标. 淀粉糊化及其检测方法[J]. 粮食与油脂, 2009(1): 7-10.
- [13] 杨秋歌,王颖,崔雯雯,等. 小利马豆淀粉理化性质的研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(12): 28-32, 53.
- [14] 程科,陈季旺,许永亮,等. 大米淀粉物化特性与糊化曲线的相关性研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(6): 4-8.
- [15] 郑铁松,李起弘,陶锦鸿. DSC 法研究 6 种莲子淀粉糊化和老化特性[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 151-155.

- [16] 刘瑞,冯佰利,晁桂梅,等. 苦荞淀粉颗粒及淀粉糊性质研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(12): 31-36.
- [17] 郭旭凯,杨玲,张福耀,等. 高粱子粒理化特性与清香型大曲白酒酿造关系的研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(12): 40-43.
- [18] 刘茂柯,唐玉明,任道群,等. 酿酒高粱籽粒酿造性能的比较[J]. 中国酿造, 2012, 31(11): 111-114.
- [19] 李奇. 不同品种高粱酿造汾酒研究[J]. 酿酒, 2014, 41(1): 23-26.
- [20] 申瑞玲,刘晓芸,董吉林,等. 抗性淀粉制备及性质和结构研究进展[J]. 粮食与油脂, 2013, 26(1): 5-8.