

孙旭超,岳红亮,田 铮,等. 不同地域粳稻的稻米食味品质特性分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(14):215-221.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.041

不同地域粳稻的稻米食味品质特性分析

孙旭超^{1,2}, 岳红亮², 田 铮², 赵春芳², 梁文化², 赵庆勇², 陈 涛²,

朱 镇², 张亚东², 旦 巴¹, 王才林^{1,2}

(1. 西藏农牧学院植物科学学院, 西藏林芝 860000;

2. 江苏省农业科学院粮食作物研究所/江苏省优质水稻工程技术研究中心/国家水稻改良中心南京分中心, 江苏南京 210014)

摘要:为了探讨我国不同地区粳稻的食味品质特性,以来自不同产地的 75 份粳稻品种为试验材料,对稻米直链淀粉含量(AC)、胶稠度(GC)、糊化温度(GT)等理化指标、快速黏度仪(RVA)特征值进行了测定,比较了不同产地粳稻间的食味品质性状差异,分析了各理化性状间的相关性。结果表明,各指标中 RVA 谱消减值的变异系数最大,其余性状的变异幅度和变异系数均较小。相比其他地区品种,黑龙江省和辽宁省的 AC 较高、GT 较低,江苏省的 GT 较高;黑龙江与吉林省品种的 RVA 谱相似,北京天津与山东河南省的品种在 GC、GT 和 RVA 谱特征值上相近。相关性分析表明,AC 与 GT 相关性显著,GT 与多个 RVA 谱特征值相关性显著,RVA 谱特征值间大多相关性显著。主成分分析表明,AC 和 RVA 谱特征值为影响稻米食味品质特性的最重要因素,因此在优良食味粳稻育种中可以通过 AC 及 RVA 谱等理化指标进行食味品质筛选和改良。

关键词:粳稻;产地;直链淀粉含量;食味品质;理化指标;RVA 谱

中图分类号:S511.2+20.37 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)14-0215-06

随着生活水平的提高,人们对稻米食味品质的要求越来越高,改善和提高稻米食味品质已成为优化我国农业结构的重要举措,对加快推进水稻供给侧结构性改革具有重要意义^[1]。水稻食味品质是一个综合性状,评价方法较多,主要有感官直接评价法、稻米理化指标评价法和仪器分析评价法。稻米理化指标评价法是通过检测稻米的物理和化学特性对稻米食味品质进行间接评判的方法,直链淀粉含量(amylose content, AC)、胶稠度(gel consistency, GC)和糊化温度(gelatinization temperature, GT)是该评价方法的三大理化指标。研究证实它们与米饭食味密切相关,稻米 AC 往往与蒸煮后米饭的黏度、弹性及综合评价显著负相关,

而与硬度显著正相关^[2-3],原因可能是在稻米 AC 较低时,支链淀粉比例升高,淀粉粒更易糊化,导致米饭的黏性增加,适口性提高^[4-5]。GC 体现蒸煮后米饭的软硬程度,一般与 AC 负相关,与支链淀粉分支度比例及晶体结构有密切关系^[6-7]。稻米 GT 是指淀粉粒在水中随着水温不断地上升,其吸水并开始发生无法逆转的膨胀、逐渐变成溶解状态(表面丧失折射特性)时的临界温度^[8],反映了淀粉粒糊化的难易程度,体现了稻米的蒸煮特性。GT 越高,米饭往往因蒸煮过程中淀粉粒不易糊化而硬度增加,一般中低 GT 的稻米具有更好的适口性^[9]。快速黏度分析仪(rapid visco analyzer, RVA)可以模拟稻米蒸煮过程中的黏度变化,是一种快速评价稻米品质的仪器,检测的 RVA 谱特征值能更贴切地反映品种的口感和质地,已成为衡量稻米食味品质优劣的重要指标^[10-11]。近年来,稻米食味品质分析仪器由于操作简单、快捷、重复性好等特点,在水稻育种材料食味品质筛选和鉴定上得到广泛应用,研究结果已表明仪器测定值与食味品尝综合值极显著正相关^[12]。

由于光照、温度及栽培条件不同,我国不同地域培育的粳稻稻米品质存在较大差异,一般东北地区粳稻的稻米品质普遍高于其他地区,而江淮地区

收稿日期:2020-02-12

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2015BAD01B02);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX[18]1001];现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-01-62);江苏省种业创新基金(编号:PZCZ201703);南京农业科技产学研合作示范基地项目(编号:2019RHJD101);江苏省重点研发项目(编号:BE2019343)。

作者简介:孙旭超(1992—),男,河南叶县人,硕士研究生,主要从事水稻遗传育种研究。E-mail:1017253536@qq.com。

通信作者:王才林,博士,研究员,主要从事水稻遗传育种研究。E-mail:clwang@jaas.ac.cn。

粳稻的稻米外观品质和食味品质偏低。目前,对于东北稻区、江淮稻区等区域性常规粳稻品种的稻米食味品质相关性状的研究已有较多报道^[13-16],但是利用不同地域粳稻品种为材料对稻米 RVA 谱特征值及食味品质特性进行系统研究的报道尚少,将各省份粳稻进行同时比较的研究不多。本研究收集了 75 份来自黑龙江、吉林、辽宁、北京、天津、山东、江苏等产地培育的优质粳稻稻谷及江苏省农业科学院新培育的粳稻品系,比较了不同产地粳稻间稻米食味特性的差异,分析了各性状间的相关性及主

成分,旨在明确我国不同地域粳稻的食味品质特性,为粳稻的食味品质改良提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用 75 份常规粳稻品种(系)为试验材料,其中黑龙江省 10 份、吉林省 17 份、辽宁省 6 份、北京市和天津市共 4 份、山东省和河南省共 4 份、江苏省 34 份。除 24 份新品系以外的 51 份粳稻品种名称及来源见表 1。

表 1 不同地域来源的 51 份粳稻品种

编号	品种 (系)	来源	编号	品种 (系)	来源	编号	品种 (系)	来源
1	稻花香 2 号	黑龙江省	18	吉粳 526	吉林省	35	天隆优 619	天津市
2	龙洋 16	黑龙江省	19	吉粳 528	吉林省	36	中粳 616	北京市
3	松粳 22	黑龙江省	20	吉粳 803	吉林省	37	京粳 1 号	北京市
4	松粳 34	黑龙江省	21	吉粳 809	吉林省	38	圣稻 22	山东省
5	松香 2 号	黑龙江省	22	吉粳 81	吉林省	39	圣稻 24	山东省
6	五优稻 4 号	黑龙江省	23	吉粳 83	吉林省	40	临稻 21	山东省
7	龙稻 16	黑龙江省	24	吉粳 88	吉林省	41	获稻 008	河南省
8	龙稻 18	黑龙江省	25	吉农引 6 号	吉林省	42	武运 5020	江苏省
9	龙稻 25	黑龙江省	26	长白 19	吉林省	43	淮稻 5 号	江苏省
10	龙稻 28	黑龙江省	27	长白 20	吉林省	44	武运粳 32 号	江苏省
11	富源 4 号	吉林省	28	沈农 9903	辽宁省	45	武育粳 3 号	江苏省
12	吉粳 113	吉林省	29	昌粳 1 号	辽宁省	46	连粳 16	江苏省
13	吉粳 302	吉林省	30	昌尹 1 号	辽宁省	47	泗稻 301	江苏省
14	吉粳 303	吉林省	31	辽粳 337	辽宁省	48	泗稻 16 号	江苏省
15	吉粳 306	吉林省	32	辽粳 399	辽宁省	49	武运 5051	江苏省
16	吉粳 511	吉林省	33	铁粳 11 号	辽宁省	50	泗稻 212	江苏省
17	吉粳 512	吉林省	34	天隆粳 6 号	天津市	51	扬粳 3012	江苏省

1.2 试验设计

34 份江苏省粳稻品种(系)于 2017 年正季种植于江苏省农业科学院南京水稻育种基地,每份材料种植 5 行,每行 12 株,株行距为 16.7 cm×16.7 cm。试验田平整、土壤肥力中等均匀,采用人工播种、人工移栽方式,水肥管理同常规大田管理。同年其他省份粳稻品种由各培育单位在当地种植,收获后提供稻谷。

1.3 试验方法

1.3.1 样品前处理 稻谷经砬谷机(SY88-TH,韩国双龙)去壳出糙,小型精米机(BLH-3120,台州伯利恒科技有限公司)出精后获得精米。用水分分析仪(Metteler,瑞士)测定精米含水量。用旋风式磨

(CT193,FOSS,瑞典)研磨米粉,过 100 目筛筛除大颗粒,获得精米米粉用于品质性状测定。

1.3.2 稻米理化指标测定 直链淀粉含量和胶稠度分别按照国家标准 GB/T 15683—2008《大米直链淀粉含量的测定》^[17]和 GB/T 22294—2008《粮油检验大米胶稠度的测定》^[18]进行测定。糊化温度用谷物快速黏度分析仪(Perten,瑞典)上读取的成糊温度。每个样品测定 3 次重复,取平均值为性状值。

1.3.3 RVA 谱特征值测定 RVA 谱特征值采用谷物快速黏度分析仪测定,参照美国谷物化学家协会 AACC61-01 和 61-02 操作规程进行参数设置。仪器自动读出的一级参数包括峰值黏度(peak viscosity,PV)、热浆黏度(though viscosity,TV)、最终

黏度 (final viscosity, FV)、峰值时间 (peak time, PeT)。二级参数包括崩解值 (breakdown viscosity, BDV = PV - TV)、消减值 (setback viscosity, SBV = FV - PV) 和回复值 (consistency viscosity, CSV = FV - TV)。每个样品测定 2 次重复,取平均值为性状值。

1.4 数据分析

利用 Excel 2010 软件和 SPSS 20.0 软件对数据进行差异显著性比较、相关性分析、主成分因子分析。

表 2 75 份粳稻品种(系)中稻米食味品质性状变异

性状	直链淀粉含量(%)	胶稠度(mm)	糊化温度(℃)	峰值黏度(cP)	热浆黏度(cP)	最终黏度(cP)	崩解值(cP)	消减值(cP)	回复值(cP)	峰值时间(min)
最大值	22.57	92.00	80.00	2 946.00	2 104.00	3 243.00	1 284.00	525.00	1 244.00	7.00
最小值	14.21	49.00	67.30	1 796.00	1 110.00	2 015.00	366.00	-212.00	672.00	6.10
极差	8.36	43.00	12.70	1 150.00	994.00	1 228.00	918.00	737.00	572.00	0.90
平均值	17.62	69.00	72.20	2 438.10	1 569.10	2 609.70	869.00	171.60	1 040.60	6.40
标准差	1.96	10.01	2.50	235.70	227.40	251.40	187.10	167.20	97.30	0.20
变异系数	11.10%	14.50%	3.50%	9.70%	14.50%	9.60%	21.50%	97.40%	9.30%	3.20%
偏度	0.46	0.37	0.84	-0.02	0.1	-0.09	-0.28	-0.14	-0.63	0.47
峰度	-0.26	-0.21	0.75	-0.01	-0.73	-0.53	0.03	-0.25	1.55	-0.23

2.2 稻米理化指标及食味值的地域差异

为了明确各省(市)粳稻品种的食味品质特性及差异,将 75 份粳稻品种(系)按来源分为 6 组。由表 3 可知,东北三省的直链淀粉含量最高,其次为山东河南 2 省,京津地区和江苏省最低。江苏省的胶稠度最大,东北三省次之,其余 2 组较低。在糊化温度上,江苏省、北京天津和山东河南组较高,其余 3 组较低。在 RVA 谱特征值上,黑龙江省的峰值黏度最高,江苏省次之,山东河南的最低;黑龙江省的热浆黏度和最终黏度值最高,山东河南最低;吉林省和江苏省的崩解值最大,其余组间差异不显著;黑龙江省的消减值最大,吉林省最小;黑龙江省的回复值最大,辽宁省最小;峰值时间在 6 组间差异不显著。为了直观显示各组 RVA 谱的总体变异,以 6 组 RVA 谱黏度值的平均值绘制曲线图(图 1)。

2.3 相关性分析

2.3.1 稻米理化指标及 RVA 谱特征值间的相关性

为了明确食味品质相关性性状间的关系,对各性状进行了相关性分析。由表 4 可见,胶稠度与其他指标之间相关性均不显著。直链淀粉含量与糊化温度极显著负相关。糊化温度与峰值黏度极显著正相关,与热浆黏度和崩解值显著正相关,与消减值呈极显著负相关关系。峰值黏度与峰值时间相关

2 结果与分析

2.1 稻米理化指标变异

如表 2 所示,75 份粳稻中各理化性状均存在一定变异,其中消减值的变异系数最大,其次为崩解值;峰值时间和糊化温度的变异系数最小,其余性状的变异系数均在 9.3% ~ 14.5% 之间。直链淀粉含量的平均值介于 14.21% ~ 22.57%,说明供试材料属于中等直链淀粉含量品种。

性不显著,与消减值显著负相关,与其他 RVA 谱特征值都呈极显著正相关关系。热浆黏度与回复值相关性不显著,与崩解值呈极显著负相关关系,与其他 RVA 谱特征值都呈极显著正相关关系。最终黏度除了与崩解值相关性不显著之外,与回复值、消减值、峰值时间均呈极显著正相关关系。崩解值与回复值极显著正相关,与消减值和峰值时间均呈极显著负相关关系。而消减值与峰值时间呈极显著正相关关系,回复值与峰值时间显著负相关。

2.4 主成分因子分析

对 10 个性状进行主成分分析,由图 2 可知,前 4 个主成分特征值均大于 1,且累计贡献率达到 88.99%,说明这 4 个成分可以作为主因子,解释影响稻米食味品质性状变异的 89% 以上(表 5)。第 1 主成分特征值为 3.575,贡献率为 35.747%,RVA 谱中的热浆黏度、最终黏度和峰值时间载荷值较大,说明第 1 主成分影响食味品质的主要因素反映在稻米的黏性和回生性上,表明热浆黏度、最终黏度越大,黏性越小、回生性越大,最终米饭品质越差。第 2 主成分特征值为 2.677,贡献率为 26.768%,峰值黏度和崩解值载荷值较大,主要反映在稻米的黏性上,峰值黏度和崩解值越大,黏性越大,米饭品质越高。第 3 主成分特征值为 1.574,贡

表3 不同地域稻米食味品质相关性状的比较

性状	项目	黑龙江省 (10 份)	吉林省 (17 份)	辽宁省 (6 份)	北京市和天津市 (4 份)	山东省和河南省 (4 份)	江苏省 (34 份)
直链淀粉含量(%)	均值	20.42a	18.08b	19.40a	16.01c	17.42bc	16.48c
	变异范围	18.48 ~ 21.81	14.84 ~ 22.57	18.72 ~ 21.17	15.22 ~ 17.61	16.05 ~ 19.01	14.21 ~ 18.92
	变异系数(%)	6.11	9.53	4.82	6.77	6.97	7.77
胶稠度(mm)	均值	68.90a	70.41a	68.50a	62.75a	63.25a	70.68a
	变异范围	59 ~ 83	62 ~ 87	59 ~ 77	51 ~ 71	49.00 ~ 71.0	52 ~ 92
	变异系数(%)	11.13	10.01	10.31	13.21	16.45	17.29
糊化温度(℃)	均值	70.0b	71.3b	70.1b	73.4ab	73.6a	73.5a
	变异范围	67.3 ~ 72.7	68.8 ~ 74.5	68.8 ~ 71.3	72.0 ~ 75.3	70.5 ~ 76.0	68.9 ~ 80.0
	变异系数(%)	2.29	2.18	1.24	2.28	3.14	3.46
峰值黏度(cP)	均值	2 494.2a	2 436.4a	2 368.2a	2 370.8a	2 274.5a	2 462.0a
	变异范围	2 153 ~ 2 824	1 796 ~ 2 946	2 158 ~ 2 732	2 274 ~ 2 458	2 198 ~ 2 400	1 973 ~ 2 944
	变异系数(%)	8.25	10.54	8.77	3.38	3.85	10.51
热浆黏度(cP)	均值	1 735.7a	1 504.1b	1 569.3ab	1 605.0ab	1 467.8b	1 560.4b
	变异范围	1 318 ~ 2 104	1 110 ~ 1 883	1 291 ~ 1 752	1 394 ~ 1 858	1 306 ~ 1 893	1 210 ~ 1 950
	变异系数(%)	13.44	16.59	10.19	14.03	19.34	13.29
最终黏度(cP)	均值	2 817.1a	2 568.6b	2 519.0b	2 632.5ab	2 441.0b	2 602.4b
	变异范围	2 342 ~ 3 243	2 015 ~ 3 049	2 282 ~ 2 791	2 425 ~ 2 893	2 228 ~ 2 784	2 135 ~ 3 017
	变异系数(%)	8.4	11.38	6.93	8.8	9.9	8.7
崩解值(cP)	均值	758.5b	932.4a	798.8ab	765.8ab	806.8ab	901.6a
	变异范围	479 ~ 1 004	560 ~ 1 222	480 ~ 1 127	551 ~ 1 064	366 ~ 1 070	586 ~ 1 284
	变异系数(%)	19.84	18.60	27.39	30.50	37.82	18.39
消减值(cP)	均值	322.9a	132.2b	150.8b	261.8ab	166.5ab	140.4b
	变异范围	150 ~ 471	-212 ~ 428	59 ~ 204	-8 ~ 484	-68 ~ 525	-193 ~ 456
	变异系数(%)	33.96	137.72	35.05	88.08	155.96	105.92
回复值(cP)	均值	1 081.4a	1 064.5a	949.7b	1 027.5ab	973.3ab	1 042.1a
	变异范围	904 ~ 1 154	905 ~ 1 244	672 ~ 1 186	987 ~ 1 056	891 ~ 1 078	872 ~ 1 172
	变异系数(%)	8.80	9.33	18.30	2.83	8.64	7.55
峰值时间(min)	均值	6.6a	6.4a	6.5a	6.6a	6.4a	6.4a
	变异范围	6.10 ~ 6.90	6.10 ~ 6.90	6.20 ~ 6.80	6.30 ~ 6.80	6.13 ~ 7.00	6.07 ~ 6.73
	变异系数(%)	3.62	3.24	3.34	3.56	6.45	2.68

注:同行数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

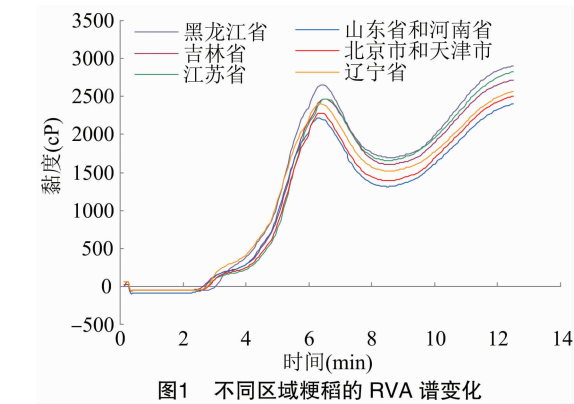


图1 不同区域梗稻的 RVA 谱变化

值载荷值较大,主要反映在稻米的软硬及回生性上。第 4 主成分特征值为 1.074, 贡献率为 10.743%,胶稠度载荷值最大,主要反映在稻米的柔软性上。综上,直链淀粉含量、胶稠度和 RVA 谱特征值的载荷值较高,在稻米食味品质分析中起重要作用,因此,在稻米食味品质筛选过程中应兼具考虑多个性状。

3 讨论

水稻品种对光温变化、土壤性质等环境条件存在明显的依赖性,北方粳稻在南方种植时往往表现

献率为 15.735%,直链淀粉含量、糊化温度和回复

表 4 75 份粳稻品种(系)中稻米理化指标及 RVA 谱特征值间的相关性

性状	相关系数								
	直链淀粉含量	胶稠度	糊化温度	峰值黏度	热浆黏度	最终黏度	崩解值	消减值	回复值
胶稠度	0.120								
糊化温度	-0.487 **	-0.052							
峰值黏度	-0.012	0.177	0.469 **						
热浆黏度	0.098	0.167	0.282 *	0.674 **					
最终黏度	0.116	0.146	0.216	0.766 **	0.922 **				
崩解值	-0.134	0.021	0.249 *	0.441 **	-0.366 **	-0.155			
消减值	0.191	-0.030	-0.337 **	-0.257 *	0.437 **	0.424 **	-0.855 **		
回复值	0.071	-0.012	-0.100	0.405 **	0.046	0.429 **	0.454 **	0.074	
峰值时间	0.090	0.125	0.094	0.192	0.805 **	0.628 **	-0.736 **	0.673 **	-0.259 *

注：* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上相关性显著。

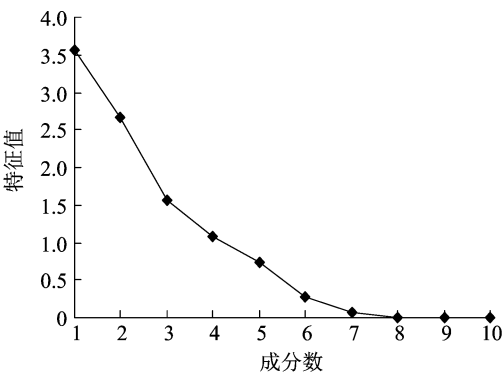


图2 主成分分析中特征值与成分数间的关系

表 5 75 份粳稻稻米食味品质相关性状的载荷值矩阵

参数	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
初始特征值	3.575	2.677	1.574	1.074
贡献率(%)	35.747	26.768	15.735	10.743
累计贡献率(%)	35.747	62.515	78.251	88.994
性状(特征向量)				
直链淀粉含量	0.176	-0.247	0.689	0.278
胶稠度	0.179	0.116	0.178	0.840
糊化温度	0.105	0.597	-0.685	-0.024
峰值黏度	0.447	0.865	0.070	0.075
热浆黏度	0.945	0.257	-0.090	0.052
最终黏度	0.878	0.426	0.174	-0.119
崩解值	-0.585	0.778	0.198	0.031
消减值	0.689	-0.580	0.162	-0.284
回复值	0.060	0.500	0.658	-0.427
峰值时间	0.903	-0.241	-0.238	0.072

出抽穗期提前、植株矮小、籽粒灌浆差等特点,而南方粳稻在北方种植时会出现抽穗和结实困难等现象^[19-22]。因此,在进行南北方水稻品种的稻米品质比较时,通过选取在品种原产地种植的稻米为研究

对象,而非将不同地域品种进行统一种植,可避免品种自身生长习性差异,体现品种间稻米食味品质的真实差异。本研究将品种培育地收集的 75 份粳稻按原产地进行分组,进行食味品质特性比较,发现不同地域间存在一定差异。东北三省粳稻品种的各指标比较接近,主要表现在直链淀粉含量较高,糊化温度较低,RVA 谱中等;山东河南 2 省与北京天津 2 市品种的多数指标相接近,主要表现在糊化温度较高,直链淀粉含量较低,RVA 值中等。江苏省品种直链淀粉含量较低,但胶稠度较软,峰值黏度、热浆黏度、最终黏度均较低,导致崩解值不高、消减值和回复值不低(均居中),说明稻米黏性不低,米饭较硬,回生性差(冷饭容易回生)。按理讲,较低的直链淀粉含量应该有较高的胶稠度,较好的柔软性和回生性。这是与江苏省粳稻成熟期间的气候条件密切相关的。总的来说,东北三省的品质特性大体相同,其中吉林省较好,三省中直链淀粉含量最低,胶稠度最大,崩解值最大,消减值最低;京津、山东河南、江苏 3 地的品质特性也大体相同。该研究结果说明粳稻食味品质受到环境条件和遗传的双重影响^[23],其中直链淀粉含量受环境因素影响较大,而糊化温度和 RVA 谱主要由遗传因子控制。已有研究表明,籽粒灌浆期高温可以降低粳稻 *Wx* 基因的表达水平和相应的酶活性,从而减少淀粉中的直链淀粉含量^[24-25]。江苏省粳稻的灌浆期主要处于 8 月中旬至 9 月中旬的高温时间段,形成高温胁迫,造成直链淀粉含量降低,而东北地区粳稻的灌浆期温度适宜,利于稻米灌浆和淀粉形成,稻米的食味品质也较高。从胶稠度和 RVA 谱上看,江苏省粳稻表现出较软的米质特性,应该是直

链淀粉含量降低的缘故。本研究揭示了不同省份区域品种稻米的食味品质特征及品种资源,为江苏省粳稻食味品质改良提供了理论和物质基础。

一般认为水稻品种的峰值黏度和崩解值越高、胶稠度越长、直链淀粉含量和消减值越低,食味越好^[26-28],但是本研究中江苏省品种具有较大的胶稠度、峰值黏度和崩解值,较小的消减值。胶稠度、RVA 谱特征值是模拟蒸煮食味特性的理化指标,从研究结果看,江苏省品种具有较好的食味品质特性。事实上,近年来通过引进日本和东北优质粳稻作为育种亲本,江苏省优良食味粳稻品种培育上取得了较大进步,培育出一系列全国知名品种,如南粳 46、南粳 9108、宁粳 8 号、泗稻 15、泗稻 301 等。值得注意的是,江苏省品种存在一些含有极高糊化温度的品系,糊化温度是影响稻米蒸煮糊化特性的主要因素,因此在育种材料选育过程中,应重视低糊化温度材料的选择,可通过糊化温度控制基因 *OsSSIIa* 的分子标记进行辅助选择^[29-30]。

主成分分析表明直链淀粉含量、胶稠度和 RVA 谱载荷值较高,因此,这些理化性状是在进行粳稻品种食味品质鉴定上的重要参考指标。在粳稻品种食味品质改良过程中,应尽可能利用这些理化性状进行初步筛选,再结合人工品尝的感官评价。稻米食味测定仪、近红外谷物分析仪等仪器是基于近红外光谱投射原理,间接、快速地测定稻米食味品质特征的方法,尽管以往研究表明稻米食味值与感官评价具有显著相关性^[12],但从原理上讲,测定结果易受稻米外观品质、含水量及化学组分的影响,可能对同一产地的水分含量和直链淀粉含量相似的待测材料具有更好的筛选效果,但是在不同地域生产稻米的食味品质筛选过程中应慎重使用。

参考文献:

- [1] 姚永成,张升,母建强,等. 南郑县水稻产业转型升级采取的措施和取得的成效[J]. 基层农技推广,2017(12):78-80.
- [2] Zhao W G, Chung J W, Kwon S W. Association analysis of physicochemical traits on eating quality in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Euphytica,2013,191(1):9-21.
- [3] 张小明,石春海,富田桂. 粳稻米淀粉特性与食味间的相关性分析[J]. 中国水稻科学,2002,16(2):157-161.
- [4] 明东风,马均,马文波,等. 稻米直链淀粉及其含量研究进展[J]. 中国农学通报,2003,19(1):68-71.
- [5] 金丽晨. 稻米淀粉理化特性及分子结构与食味品质的关系[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- [6] 万映秀. 水稻淀粉生物合成途径中关键酶基因分子标记的开发

及应用[D]. 雅安:四川农业大学,2006.

- [7] 贺晓鹏,朱昌兰,刘玲珑,等. 不同水稻品种支链淀粉结构的差异及其与淀粉理化特性的关系[J]. 作物学报,2010,36(2):276-284.
- [8] Dai Y, Yu Z H, Zhan J B, et al. Determination of starch gelatinization temperatures by an automated headspace gas chromatography [J]. Journal of Chromatography A,2019,1602:419-424.
- [9] Wang H, Zhu S S, Dang X J, et al. Favorable alleles mining for gelatinization temperature, gel consistency and amylose content in *Oryza sativa* by association mapping [J]. BMC Genetics,2019,20(1):1-18.
- [10] 贾良,丁雪云,王平荣,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征及其与理化品质性状相关性的研究[J]. 作物学报,2008,34(5):790-794.
- [11] 李刚,邓其明,李双成,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状的相关性[J]. 中国水稻科学,2009,23(1):99-102.
- [12] 张春红,李金州,张亚东,等. 食味仪测定与感官评价相结合鉴定优质粳稻食味特性[J]. 江苏农业学报,2009,25(5):20-27.
- [13] 朱智伟,陈能,王丹英,等. 不同类型水稻品质性状变异特性及差异性分析[J]. 中国水稻科学,2004,18(4):315-320.
- [14] 罗玉坤,朱智伟,陈能,等. 中国主要稻米的粒型及其品质特性[J]. 中国水稻科学,2004,18(2):135-139.
- [15] 徐正进,韩勇,邵国军,等. 东北三省水稻品质性状比较研究[J]. 中国水稻科学,2010,24(5):531-534.
- [16] 郑英杰,于亚辉,李振宇,等. 北方两系杂交粳稻淀粉 RVA 谱特征与食味品质的关系[J]. 中国稻米,2018,24(3):49-54.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 大米直链淀粉含量的测定:GB/T 15683—2008 [S].
- [18] 全国粮油标准化技术委员会. 粮油检验大米胶稠度的测定:GB/T 22294—2008 [S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [19] 江晓东,华梦飞,胡凝,等. 抽穗期灌溉缓解水稻高温热害的微气象学分析[J]. 节水灌溉,2019(6):1-5.
- [20] 李海波,侯守贵,于广星,等. 孕穗抽穗期低温对水稻植株、产量性状及脯氨酸含量的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(1):63-68.
- [21] 朱海霞,王秋京,闫平,等. 孕穗抽穗期低温处理对黑龙江省主栽水稻品种结实率的影响[J]. 中国农业气象,2012,33(2):304-309.
- [22] 尹思慧,徐蒋来,朱利群. 近 30 年江苏省水稻抽穗灌浆期低温冷害时空变化及对水稻产量的影响[J]. 江西农业学报,2016,28(5):7-13.
- [23] 龚红兵,曾生元,李闯,等. 环境条件对江苏粳稻食味品质的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):55-57.
- [24] Cao Z Z, Zhao Q, Pan G, et al. Comprehensive expression of various genes involved in storage protein synthesis in filling rice grain as affected by high temperature [J]. Plant Growth Regulation,2016,81(3):1-12.
- [25] 朱满山,顾铭洪,汤述翥. 不同粳稻品种和 DH 群体稻米淀粉 RVA 谱特征与蒸煮理化指标及相关分析[J]. 作物学报,2007,

陈玉胜,陈全战.一种功能性酸奶的研制及其抗氧化活性[J].江苏农业科学,2020,48(14):221-226.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.042

一种功能性酸奶的研制及其抗氧化活性

陈玉胜,陈全战

(南京晓庄学院食品科学学院,江苏南京 211171)

摘要:以鼠曲草水提物(GAE)和鲜牛奶为主要原料,与保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的混合菌种共发酵来研制一种功能性酸奶,并研究其品质和抗氧化活性。以 GAE 添加量、蔗糖添加量、接种量、发酵时间为因素,采用单因素和正交试验设计,根据感官评价和酸度来确定最佳配方和工艺参数,并进一步通过昆明小鼠体内和体外试验来评价其抗氧化活性。结果表明,GAE 酸奶的最佳工艺配方为 1.0% GAE、5% 蔗糖、4% 接种量,在 42 ℃ 条件下发酵 4 h 时酸奶的口感最佳;该酸奶具有显著的清除 ABTS、DPPH 以及超氧化物和羟基自由基的能力,显著提高昆明小鼠血清超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,显著降低血清丙二醛含量。通过最佳工艺发酵而成的高品质 GAE 酸奶具有显著的抗氧化能力,以及在食品工业中用作一种新型功能性食品的潜能。

关键词:功能性酸奶;鼠曲草水提物;共发酵;最佳工艺;抗氧化;昆明小鼠

中图分类号: TS201.3;TS252.54 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)14-0221-06

鼠曲草是菊科鼠曲草属 2 年生草本,别称鼠麴草、清明菜,是营养价值极高的一种野菜,广泛用于多种食品生产的原料。鼠曲草还用于治疗肿胀、腰痛、炎症,及呼吸道和心血管疾病^[1-2]。鼠曲草多酚含量高,在清除自由基、抑制脂质氧化和保护细胞免受氧化损伤等方面显示了明显的抗氧化活性^[3]。

酸奶是全球范围内普遍消耗的食品,富含蛋白质、脂肪酸、维生素和矿质元素等有益于人体健康的成分^[4-5]。近 10 年来,虽然人们已经发现并应用了一些加工技术,如添加合成化合物来改善酸奶的感官品质和功能特性,但它们对人体的潜在毒性和对酸奶营养价值的负面影响正受到人们的担忧和考虑。因此,人们努力从自然来源寻找新型和安全的添加剂^[6-9]。

在传统的生产工艺中,像蔬菜汁、水果颗粒之类添加剂是在发酵过程结束后加入酸奶中的。因此,这些植物成分不参与发酵。这意味着含有植物成分的商业酸奶实际上是酸奶和植物成分的混合物。最近,相关研究报道,植物成分有益于人类健康(如抗氧化、抗病毒、抗菌和益生效果)与这些植物活性成分在人的肠道内和微生物共同发酵的结果密切相关。这意味着在酸奶发酵过程中微生物的代谢作用增强了植物成分的生物活性^[10-12]。此外,还有一些相关研究报道,某些蔬菜和水果被认为是益生菌,可以作为乳制品的功能成分,有效改善乳制品的口感和质地等感官特性^[13-14]。利用共发酵技术来提高酸奶中添加的蔬菜及水果对人的健康功效就成为可能。本研究目的是制备一种与鼠曲草水提物共发酵的酸奶,并观察共发酵工艺对酸奶质量的影响,通过该新型酸奶的体内外抗氧化能力的测定,为其在功能性食品工业中的潜在应用提供相关依据。

收稿日期:2019-07-07

基金项目:南京市重点学科项目(编号:NJZDXK201407)。

作者简介:陈玉胜(1968—),男,江苏盐城人,博士,高级实验师,主要从事营养学及药理学研究。E-mail:cys8691@163.com。

33(3):411-418.

[26] 吴殿星,舒庆尧,夏英武. RVA 分析辅助选择食用优质早籼稻的研究[J]. 作物学报,2001,27(2):165-172.

[27] 吴殿星,舒庆尧,夏英武. 利用 RVA 谱快速鉴别不同表观直链淀粉含量早籼稻的淀粉黏滞特性[J]. 中国水稻科学,2001,15(1):57-59.

[28] 张巧凤. 粳稻食味品质性状的相关性及 QTL 定位[D]. 南京:南京农业大学,2007.

[29] 何颖,吴玲. 水稻淀粉合成酶基因来源与稻米蒸煮和食味品质的相关性分析[J]. 科技创新导报,2008(22):6.

[30] 李苏红,李缓,董墨思,等. 大米食味品质仪器分析与感官评价的相关性[J]. 粮食与油脂,2018,31(12):36-39.