

文章编号:1673-2383(2018)02-0001-08

网络出版网址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1378.N.20180419.0857.016.html

网络出版时间:2018-4-19 8:58:07

# 中晚籼稻谷的品质分析及其米饭加工适应性

周显青<sup>1</sup>, 李建飞<sup>1</sup>, 张玉荣<sup>1\*</sup>, 孟欢<sup>1</sup>, 熊宁<sup>2</sup>

(1. 河南工业大学 粮油食品学院, 河南 郑州 450001;

2. 湖北省粮油食品质量监督检测中心, 湖北 武汉 430061)

**摘要:** 确定适宜米饭加工用中晚籼稻谷的关联性指标及其阈值区间, 进而为米饭主食工业化加工用中晚籼稻的筛选提供参考。以湖北省产 115 份中晚籼稻谷为研究对象, 对其理化特性(长宽比、垩白粒率和垩白度、蛋白质和直链淀粉含量、米汤固形物和碘蓝值及胶稠度)、糊化特性, 以及米饭的食味特性进行测定与分析。描述性分析结果显示: 在 15 项稻谷品质指标中, 80% 的指标的变异系数高于 10%, 表明所选样品处于不同的品质水平。稻谷理化及糊化特性指标间相关性分析结果表明: 长宽比、直链淀粉含量、蛋白质含量、碘蓝值与多数 RVA 糊化特性指标间均显著相关, 而其余 4 项理化特性指标(垩白粒率、垩白度、固形物、胶稠度)与 RVA 糊化特性指标间相关性则明显较弱, 说明与稻谷理化特性指标中的其他品质指标相比, 长宽比、直链淀粉含量、蛋白质、碘蓝值与 RVA 糊化特性指标间的关系更为密切。米饭食味与稻谷品质指标间相关性分析结果表明: 相对于稻谷的其他品质指标, 稻米的直链淀粉含量及 RVA 糊化特性指标与米饭食味的相关性更强, 因而更能反映出米饭的食味品质。利用稻谷品质指标与米饭食味特性指标相关系数的绝对值求和法, 以及逐步回归分析法, 筛选出适应米饭加工的关联性指标为直链淀粉含量及衰减值。采用快速聚类分析法将米饭食味特性分为 3 个等级, 同时依据感官总评分的聚类分析, 筛选出适宜米饭加工的稻谷样品, 并确定出关联性指标的阈值区间为直链淀粉含量 < 21%, 衰减值  $\geq 1\ 450\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

**关键词:** 大米; 籼稻; 品质分析; 米饭; 加工适应性

**中图分类号:** TS202.1

**文献标志码:** B

## 0 引言

我国是产稻及大米消费大国, 从南到北、从东到西均有稻作, 呈现南方主产籼稻, 北方主产粳稻的格局<sup>[1]</sup>。籼稻按种植季节分早籼稻和中晚籼稻, 其中, 中晚籼稻产量最高, 约占国内稻米产量的 50%, 其主要用途是作为居民口粮。据统计资料<sup>[2]</sup>显示, 2014 年我国中晚籼稻产量达 10 225 万 t, 其中湖南、四川、湖北、江西 4 省中晚籼稻产量合计占全国的 55%。另外, 随着我国主食工业化生产的不断发展, 消费者的膳食方式日趋现代化, 米饭工

业化成为我国主食品发展的主要方向<sup>[3]</sup>。同时, 随着经济的全面快速发展, 人们对米饭的食味品质要求也越来越高<sup>[4]</sup>。因而, 在米饭工业化生产中, 如何保障米饭的食味品质及稳定性问题日益突出。而籼米作为米饭工业化生产的物料基础, 原料的选取至关重要。

籼米食味品质受遗传基因、种植环境、栽培技术、收获干燥及储藏加工技术等诸多因素的影响<sup>[5]</sup>, 加之不同地域消费者对于米饭的食味要求有所不同, 使得适宜米饭加工的籼米原料选择更为复杂。目前, 国内外有关籼米品质及其米饭加工适应性的文献报道主要集中在本土籼米的品质研究上。其中, 日本与韩国以粳型籼米为主。且日本国内普遍认同蛋白质含量较低、水分含量较高的大米食味较好<sup>[6]</sup>。Chaeun 等<sup>[7]</sup>在韩国商品大米的研究中得出相同结论。此外, 日本另有学者研究发现籽粒厚度与大米食味正向相关<sup>[8]</sup>。印度则以籼型籼米为主,

收稿日期:2017-07-10

基金项目:粮食公益性行业科研专项(201313006)

作者简介:周显青(1964—),男,江西吉水人,教授,研究方向为谷物科学及产后加工与利用。

\* 通信作者:张玉荣,教授, E-mail:yurongzh@163.com

且文献[9]指出糊化温度、胶稠度、直链淀粉和支链淀粉与大米的蒸煮及质构品质显著相关。国内研究则涵盖籼米、粳米两大类型,其中在籼米研究方面,陈能等<sup>[10]</sup>、周少川等<sup>[11]</sup>均指出粒型、垩白因子及直链淀粉含量是影响我国籼米食味的关键因素。且国内外学者普遍认同 RVA 糊化特性与大米食味关系密切,可通过糊化特性指标值对大米食味进行优劣区分。有关中晚籼稻的品质分析及其加工与米饭的适应性未见报道,而在馒头用小麦粉的品质指标及阈值范围<sup>[12]</sup>、燕麦片用燕麦品种的筛选<sup>[13]</sup>、油用花生加工适宜性评价方法的建立<sup>[14]</sup>等研究上已有一些报道,其方法与思路可为本研究开展提供有益支持。

本研究就中晚籼稻样品的理化特性、糊化特性进行测定与分析,同时将其制备成米饭进行感官评价。对稻米样品进行等级划分,筛选出适宜米饭加工用的样品及其原料特性关联性指标和阈值区间,旨在为米饭加工用中晚籼稻的筛选提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

湖北省 2014 年产中晚籼稻样品 115 个,涉及湖北省 16 个市(州),具体信息见表 1。

表 1 样品信息

Table 1 The samples information

产地	品种(样品编号)	产地	品种(样品编号)
荆州市	黄华占(1)、红粮优(2)、D 优 33(3)、贝香 6 号(4)、皖稻 125(5、14、15)、金优 277(6、7)、皖稻 121(16)、华优 18(17、70)、丰两优 4 号(58)、丰两优 1 号(68、69)	襄阳市	川香优 2 号(55)、Y 优(64)、广两优 1128(65)、民生福稻(87)、Y 两优(88)、Y 两优 763(89)、两优 603(90)、冈优 188(111、112)
黄石市	金优 432(27)、籼优 63(28)、金优 83(29)、黄华占(30-33)、金优 928(34)、两优 937(93)、两优 608(94)	孝感市	冈优 140(53)、冈优 99(51、60)、金优 277(61)、冈优 728(62)、冈优 188(52、54、63)、两优香黏(75)、丰两优(78)、金优(84)
荆门市	瑞丰 788(67)、皖稻 147(77)、鉴真 2 号(36-38、96、97)、鄂中 5 号(39-45、98、99)	十堰市	川香 6 号(57)、川香(59)、籼优(26、91)、香优(92)
黄冈市	黄华占(8-12、50、109)、农丰优 909(100)、扬两优 6 号(110)、金优 527(113)、常籼福(114)、明优 98(115)	随州市	Y 两优 2 号(101)、Y 两优 1 号(102)、冈优 9018(103、104)、容优 9 号(105)、国优 1998(46、47、106)、广两优 746(107)
武汉市	金优 302(19)、中谷优 1361(20)、黄华占(21)、金优 38(22)、金优 207(23)	咸宁市	黄华占(24、56)、金优 1998(25)、冈优(79)、两优龙占(80)、红良优(81)、D 优 33(82)、贝香 6 号(83)
仙桃市	中谷优 1361(18、71)、广两优 15(72)、香优 28(73)、广两优 210(74)	鄂州市	黄华占(48、49)、双两优 6 号(108)
宜昌市	Y 两优 1928(76)	天门市	丰优(85、86)
恩施州	兆优 245(35、95)	潜江市	红粮优(13、66)

### 1.2 试验设备

THU35C 型砉谷机、TMO5C 型碾米机、JMWT12 型大米颗粒判定仪:佐竹机械(苏州)有限公司;3100 型锤式实验粉碎机、RVA-TecMaster 快速黏度分析仪:瑞典波通公司;HG-9075A 型电热恒温鼓风干燥箱:上海圣新科学仪器有限公司;PROXIMA 型连续流动分析仪:ALLIANCE INSTRUMENTS 有限公司;K-360 型自动凯氏定氮仪:瑞士步琪有限公司;MB-YN161 型电饭锅:广东美的生活电器制造有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 理化及糊化特性指标

(1)外观品质。将稻谷加工成精度为国家标准三级大米。采用大米颗粒判定仪测定稻米的粒长、

粒宽、垩白粒率、垩白度:将 1 000 粒精米(约 20 g)放入样品槽,扫描 40 s,得到测定结果。每组样品做 4 次平行试验,求其平均值作为最终测定结果。

(2)化学特性。蛋白质含量:按照 GB 5009.5—2010 的仪器测定法进行测定;直链淀粉含量:按照 GB/T 15683—2008 的方法进行测定。

(3)蒸煮特性与胶稠度。蒸煮特性用米汤固形物含量和碘蓝值来表示,按照文献[15]的方法测定;胶稠度:按照 GB/T 22294—2008 的方法进行测定。

(4)糊化特性。按照 GB/T 24852—2010 的方法进行测定。

#### 1.3.2 米饭制作及其食味感官评价

按照 GB/T 15682—2008 的方法进行。

## 1.4 数据统计与分析

采用 Excel 软件进行数据统计,SPSS 20.0 软件进行描述性分析、相关性分析、逐步回归分析及  $k$ -均值聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 描述性分析

#### 2.1.1 稻米理化及糊化特性

稻米理化特性及糊化特性指标的描述性分析结果见表 2。

由表 2 可知,长宽比在 2.1~3.6,均值为 2.8,可见样品的粒型是以中粒型为主,细粒型为辅<sup>[16]</sup>;由于遗传的制约及栽培措施调控的影响<sup>[17]</sup>,致使垩白粒率、垩白度的测定值变幅较大(3%~100%、0.8%~70.3%),且变异系数相对较高(62.07%、

82.24%),其测定值稳定性最差<sup>[18]</sup>。蛋白质含量在 5.62%~9.56%,变异系数为 10.98%,其测定值稳定性较强;直链淀粉含量在 11.3%~29.0%,变异系数为 21.02%,其样品间差异主要受遗传因素<sup>[19]</sup>、环境、光照、栽培农艺等因素<sup>[20]</sup>的影响;碘蓝值变异系数较高(>25%),数据分布离散,其测定值稳定性差;固形物及胶稠度的变异系数则居中(10%~25%),其测定值稳定性较强。糊化特性指标中衰减值的变异系数最大(21.26%),然后依次是回生值、最低黏度、最终黏度、峰值黏度,而其余 2 项指标的变异系数相对较小。其中,衰减值反映淀粉热糊的稳定性<sup>[21]</sup>;回生值反映淀粉冷糊的稳定性及老化特性<sup>[22]</sup>。由此可见样品间糊化特性的差异主要源于淀粉糊的稳定性及老化特性。以上分析得出 15 项稻谷品质指标中,80%的指标的变异系数高于 10%,表明本研究收集的 115 份稻谷样品处于不同的品质水平。

表 2 稻米理化及糊化特性指标的描述性分析( $n=115$ )

项目	最小值	最大值	标准差	均值	变异系数/%
长宽比	2.1	3.6	0.34	2.80	12.14
垩白粒率/%	3.0	100.0	27.00	43.50	62.07
垩白度/%	0.8	70.3	13.24	16.10	82.24
蛋白质(干基)/%	5.62	9.56	0.83	7.56	10.98
直链淀粉含量/%	11.3	29.0	4.24	20.17	21.02
碘蓝值	0.219	0.916	0.13	0.45	28.89
固形物/( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	100.5	264.0	30.65	165.22	18.55
胶稠度/mm	45.0	105.0	13.71	81.77	16.77
峰值黏度/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	2 646	3 988	255.07	3 419.48	7.46
最低黏度/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	1425	2 553	249.62	1 882.06	13.26
衰减值/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	712	2 360	326.82	1 537.42	21.26
最终黏度/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	2 427	4 073	418.68	3 161.11	13.24
回生值/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	833	1 678	218.74	1 279.05	17.10
峰值时间/min	5.73	6.40	0.13	6.11	2.13
糊化温度/ $^{\circ}\text{C}$	72.7	87.0	3.06	77.55	3.95

#### 2.1.2 米饭食味特性

米饭食味评分值的描述性分析结果见表 3。

由表 3 可知,适口性的变异系数最高(12.9%),气味和滋味的较小(6.9%、8.9%),其余

依次是外观、冷饭质地、总评分(均在 10%左右)。不同样品制成米饭食味特性的差异,除了受到稻谷原料自身品质影响外,品评人员的食味嗜好、米饭的制作及评价方法等因素也会对其产生影响<sup>[4]</sup>。

表 3 米饭食味特性指标的描述性分析( $n=115$ )

项目	分值	最小值	最大值	标准差	均值	变异系数/%
气味	20	12.7	17.8	1.1	16.1	6.9
外观	20	10.2	16.8	1.7	14.1	11.9
适口性	30	13.5	25.5	2.6	20.4	12.9
滋味	25	14.2	21.7	1.6	18.5	8.9
冷饭质地	5	3.0	4.5	0.4	3.8	10.3
总评分	100	54.8	82.6	6.8	72.7	9.4

## 2.2 相关性分析

### 2.2.1 稻米理化及糊化特性指标间的相关性

稻米理化及糊化特性指标间的相关性分析结果见表 4。

由表 4 可知,长宽比与垩白粒率、垩白度、直链淀粉含量及碘蓝值均呈极显著负相关;与除峰值黏度外的糊化特性指标呈显著相关,其中与衰减值呈极显著正相关,与最低黏度、最终黏度、回生值呈极显著负相关,与峰值时间、糊化温度呈显著负相关,这与其他学者的相关研究结果有较大不同,其中,隋炯明等<sup>[23]</sup>和李刚等<sup>[24]</sup>对不同类型稻米(籼稻、粳稻、糯稻)研究得出长宽比仅与糊化温度呈显著正相关,杨博文等<sup>[25]</sup>对糯稻研究得出长宽比与糊化特性无显著相关性,这可能是稻米类型的差异所致。垩白粒率与垩白度呈极显著正相关,且相关系数较高,垩白度与衰减值呈显著负相关。

蛋白质含量与峰值黏度、最低黏度、最终黏度呈极显著负相关,与回生值呈显著负相关,与峰值时间呈显著正相关。文献<sup>[26]</sup>报道淀粉粒结合蛋白可能是影响籼米糊化特性的重要因素。而直链淀粉含量与碘蓝值呈极显著正相关,与糊化特性指标均呈显著相关,其中与峰值黏度、衰减值呈极显著负相关,与糊化温度呈显著正相关,与其余 4 项指标呈极显著正相关。

碘蓝值与固形物、最低黏度、最终黏度、回生值呈极显著正相关,与衰减值呈极显著负相关,与

糊化温度呈显著正相关;固形物与最低黏度呈显著正相关。胶稠度仅与峰值黏度呈显著正相关,与峰值时间呈极显著负相关,而与其余指标无显著相关性,与前人研究结果不同。胡培松等<sup>[27]</sup>对不同类型稻米(粳稻、籼稻)研究得出胶稠度与除峰值时间、糊化温度之外的糊化特性指标均呈极显著相关;周丽洁等<sup>[28]</sup>对杂交中晚籼稻研究得出胶稠度与垩白粒率、垩白度、直链淀粉含量呈极显著负相关;况浩池等<sup>[29]</sup>研究得出长粒型的中籼稻的胶稠度与垩白度呈显著负相关,而短、中粒型的中籼稻的胶稠度与长宽比、垩白粒率、垩白度、直链淀粉含量没有显著相关性。

峰值黏度与衰减值呈极显著正相关,与回生值、峰值时间呈极显著负相关;最低黏度、最终黏度与衰减值呈极显著负相关,与回生值、峰值时间、糊化温度呈极显著正相关;衰减值与除峰值黏度外的其余糊化特性指标呈极显著负相关;回生值与除峰值黏度、衰减值外的其余糊化特性指标呈极显著正相关。此外,最低黏度、衰减值、回生值与最终黏度,以及回生值与衰减值的相关系数均在 0.8 以上。

综上所述,与稻谷理化特性指标中的垩白粒率、垩白度、固形物、胶稠度相比,长宽比、直链淀粉含量、蛋白质含量、碘蓝值与 RVA 糊化特性指标间的相关性更强,因而反映其关系更为密切。

表 4 稻米理化及糊化特性指标间的相关性分析

Table 4 Correlation analysis among the indexes of rice physicochemical characteristics and pasting properties

指标	长宽比	垩白粒率	垩白度	蛋白质含量	直链淀粉含量	碘蓝值	固形物	胶稠度	峰值黏度	最低黏度	衰减值	最终黏度	回生值	峰值时间	糊化温度
长宽比	1														
垩白粒率	-0.606**	1													
垩白度	-0.605**	0.860**	1												
蛋白质含量	0.097	0.129	0.083	1											
直链淀粉含量	-0.392**	0.035	0.155	-0.120	1										
碘蓝值	-0.350**	0.146	0.138	-0.112	0.419**	1									
固形物	-0.071	-0.122	-0.108	-0.023	0.087	0.435**	1								
胶稠度	0.010	-0.003	0.000	-0.170	-0.036	0.009	-0.083	1							
峰值黏度	0.028	-0.042	-0.088	-0.257**	-0.374**	-0.083	0.022	0.219*	1						
最低黏度	-0.536**	0.039	0.165	-0.256**	0.549**	0.302**	0.204*	0.050	0.161	1					
衰减值	0.432**	-0.063	-0.195*	-0.006	-0.712**	-0.296**	-0.138	0.133	0.657**	-0.638**	1				
最终黏度	-0.519**	0.005	0.174	-0.249**	0.691**	0.372**	0.173	0.034	-0.143	0.908**	-0.805**	1			
回生值	-0.382**	-0.036	0.145	-0.184*	0.695**	0.368**	0.098	0.008	-0.458**	0.596**	-0.813**	0.878**	1		
峰值时间	-0.202*	0.047	0.108	0.188*	0.291**	0.032	0.063	-0.240**	-0.283**	0.444**	-0.560**	0.382**	0.224*	1	
糊化温度	-0.231*	-0.007	0.081	-0.081	0.236*	0.238*	0.183	-0.012	-0.028	0.362**	-0.298**	0.459**	0.466**	-0.098	1

注:\*,在 0.05 水平上显著相关;\*\*在 0.01 水平上显著相关。下同。

### 2.2.2 米饭食味特性与稻米理化及糊化特性间的相关性

米饭食味特性与稻米理化及糊化特性指标间的相关性分析结果见表 5。

由表 5 可知,长宽比与米饭滋味呈显著正相关,与其他指标均呈极显著正相关,垩白度与气味及外观呈显著负相关。直链淀粉含量与各食味特性指标均呈极显著负相关,与感官总评分的相关系数达到最大( $r=-0.708$ )。碘蓝值与米饭滋味呈显著负相关,与其他指标均呈极显著负相关,固形物与气味呈极显著负相关。峰值黏度与米饭的气味、

外观、适口性、总评分呈极显著正相关,与滋味呈显著正相关;最低黏度、最终黏度、回生值与食味特性各指标呈极显著负相关,而衰减值则与之相反;峰值时间与除冷饭质地外的其他指标呈极显著负相关;糊化温度与米饭的外观、冷饭质地、总评分呈显著负相关。另外,衰减值、最终黏度与感官总评分的相关系数较大( $r>0.6$ )。由此可见,相对于稻谷的其他品质指标,稻米的直链淀粉含量及 RVA 糊化特性指标与米饭食味的相关性更强,因而更能反映出米饭的食味品质。

表 5 米饭食味特性与稻米理化及糊化特性的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between the taste characteristics of cooked rice and physicochemical, pasting properties of rice

指标	气味	外观	适口性	滋味	冷饭质地	总评分
长宽比	0.331**	0.292**	0.247**	0.171*	0.351**	0.307**
垩白粒率	-0.101	-0.043	-0.047	0.068	-0.023	-0.013
垩白度	-0.182*	-0.161*	-0.131	-0.067	-0.092	-0.132
蛋白质含量	-0.082	-0.117	-0.097	-0.105	0.131	-0.097
直链淀粉含量	-0.580**	-0.610**	-0.658**	-0.583**	-0.504**	-0.708**
碘蓝值	-0.381**	-0.302**	-0.327**	-0.179*	-0.312**	-0.363**
固形物	-0.247**	-0.162	-0.103	-0.072	-0.150	-0.156
胶稠度	0.025	-0.013	0.093	-0.01	-0.136	0.011
峰值黏度	0.299**	0.274**	0.318**	0.206*	0.097	0.304**
最低黏度	-0.426**	-0.522**	-0.451**	-0.425**	-0.528**	-0.553**
衰减值	0.558**	0.612**	0.592**	0.485**	0.479**	0.659**
最终黏度	-0.492**	-0.599**	-0.547**	-0.494**	-0.573**	-0.636**
回生值	-0.456**	-0.552**	-0.534**	-0.460**	-0.494**	-0.586**
峰值时间	-0.249**	-0.292**	-0.314**	-0.344**	-0.180	-0.358**
糊化温度	-0.145	-0.238*	-0.136	-0.141	-0.190*	-0.192*

### 2.3 米饭食味特性关联性指标的筛选

依据相关性分析结果(表 5),将稻米理化及糊化特性指标与米饭食味特性指标的相关系数绝对值求和,定义为 $\Sigma$ ,结果如图 1 所示。

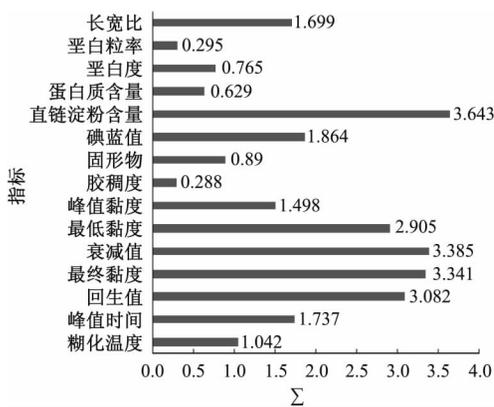


图 1  $\Sigma$  值条形图

Fig.1 Bar chart of  $\Sigma$  values

由图 1 可知,外观品质、化学特性、蒸煮与凝胶特性上, $\Sigma$  值较高的指标分别为长宽比(1.699)、直链淀粉含量(3.643)、碘蓝值(1.864);糊化特性上, $\Sigma$  值较高的指标为最低黏度、衰减值、最终黏度(均在 2.9 以上),其中衰减值和最终黏度的 $\Sigma$  值最高(均在 3.3 以上)。因此,可从稻米理化及糊化特性指标中初步筛选出长宽比、直链淀粉含量、碘蓝值、衰减值、最终黏度,作为米饭食味特性关联性指标。

以米饭食味特性的各项指标得分为因变量,稻谷品质指标中除水分外的理化及糊化特性指标为自变量,建立逐步回归方程,并筛选出最佳的回归方程,结果如下:

$$\text{气味得分} = 17.695 - 0.098X_{\text{直链淀粉含量}} + 0.001X_{\text{衰减值}} \quad (R^2 = 0.410)$$

$$\text{外观得分} = 26.359 - 0.537X_{\text{衰减值}} - 0.139X_{\text{直链淀粉含量}} - 0.002X_{\text{最终黏度}} \quad (R^2 = 0.498)$$

$$\begin{aligned} \text{适口性得分} &= 37.073 - 0.319X_{\text{直链淀粉含量}} - \\ &0.002X_{\text{最终黏度}} \quad (R^2=0.495) \\ \text{滋味得分} &= 37.601 - 2.458X_{\text{直链淀粉含量}} \quad (R^2=0.373) \\ \text{冷饭质地得分} &= 5.454 - 0.001X_{\text{最终黏度}} \quad (R^2=0.328) \\ \text{总评分} &= 109.546 - 0.795X_{\text{直链淀粉含量}} + 0.01X_{\text{衰减}} \\ &\quad (R^2=0.604) \end{aligned}$$

由回归方程可知,与米饭食味特性关联性较强的指标有直链淀粉含量、衰减、最终黏度。

对比两种分析方法,同时筛出 3 项指标:直链淀粉含量、衰减、最终黏度。其中,衰减、最终黏度均为糊化特性指标,由于 2 项指标间相关性较强(-0.805\*\*),且衰减与直链淀粉含量同时进入了总评分的回归方程中,其对米饭的整体食味

品质影响较大,因而将最终黏度剔除,从而最终筛选出直链淀粉含量、衰减 2 项指标作为评价米饭加工适应性的关联性指标。由此证明直链淀粉与 RVA 谱特征值相结合能更有效推测与评价稻米食味<sup>[30]</sup>。

## 2.4 米饭食味特性的等级划分及关联性指标阈值区间的确定

### 2.4.1 米饭食味特性的等级划分

采用  $k$ -均值聚类分析法,将米饭的食味特性各指标得分划分为 3 类,结果见表 6。

由表 6 可知,3 类米饭的感官总评分界限明显,分别为 73.6~82.6、65.8~73.5、54.8~65.0,其他食味特性指标得分在所分 3 类中分布虽有一定交叉,但各自平均值间都有显著性差异。

表 6 米饭食味特性聚类结果( $n=115$ )

Table 6 Cluster of the taste characteristics of cooked rice

类别		气味	外观	适口性	滋味	冷饭质地	总评分
第 1 类	均值±标准差	16.6±0.5a	15.2±0.9a	22.2±1.1a	19.3±1.2a	4.0±0.2a	77.3±2.3a
	最大值	17.8	16.8	25.5	21.7	4.5	82.6
	最小值	15.2	13.0	19.5	17.0	3.2	73.6
第 2 类	均值±标准差	15.9±0.8b	13.2±1.1b	19.0±1.2b	17.8±0.8b	3.7±0.4b	69.5±2.3b
	最大值	17.0	15.3	21.2	19.8	4.0	73.5
	最小值	14.0	11.3	16.8	16.0	3.0	65.8
第 3 类	均值±标准差	14.3±1.0c	11.7±0.9c	16.4±1.4c	16.2±1.2c	3.3±0.4c	60.8±3.1c
	最大值	16.2	13.3	19.2	18.0	4.0	65.0
	最小值	12.7	10.2	13.5	14.2	3.0	54.8

注:同一栏不同小写字母表示有显著性差异( $P<0.05$ )。

依据总评分的聚类结果,将米饭划分为适宜、较适宜、不适宜 3 个等级。不同等级米饭的感官总评分区间的划分,可根据各等级米饭感官总评分的最大值、最小值来确定,结果见表 7。

由表 7 可知,依据感官总评分筛选出适宜米饭加工用的稻谷样品有 57 个(占比 49.6%),较适宜的有 38 个(占比 33.0%),不适宜的有 20 个(占比 17.4%)。

表 7 米饭食味特性的等级划分( $n=115$ )

Table 7 The grades of the taste characteristics of cooked rice

等级	总评分	样品个数	样品编号
适宜	>75	57	3、4、5、7、10、11、12、13、16、18、19、20、22、23、24、29、30、31、32、33、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、47、58、66、68、69、70、71、74、80、81、82、84、85、86、88、92、93、94、95、96、97、98、99、100、106、108
较适宜	65~75	38	1、2、6、8、14、15、17、21、25、26、27、28、34、46、48、49、50、51、55、56、67、72、73、75、76、77、78、83、90、101、102、103、104、107、109、110、111、113
不适宜	<65	20	9、52、53、54、57、59、60、61、62、63、64、65、79、87、89、91、105、112、114、115

### 2.4.2 关联性指标阈值区间的确定

对不同食味等级米饭的关联性指标值进行描

述性分析,计算其均值及标准差,结果见表 8。

由表 8 可知,随着直链淀粉含量的升高及衰

表 8 米饭食味特性关联性指标的性状

Table 8 Characters of the indexes associated with the taste characteristics of cooked rice

项目	直链淀粉含量/%	衰减/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	总评分
适宜	17.9±3.0	1 695.7±228.9	>75
较适宜	20.7±3.6	1 535.1±239.4	65~75
不适宜	25.6±3.0	1 090.8±299.6	<65

减值的降低,米饭食味品质则由好变差。再经统计得出,在适宜米饭加工用的 57 个样品中,50 个(占比 87.7%)样品的直链淀粉含量 $<21\%$ ,49 个(占比 86.0%)样品的衰减 $\geq 1\ 450\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ ;较适宜加工为米饭的 38 个样品中,20 个(占比 52.6%)样品的直链淀粉含量 $<21\%$ ,25 个(占比 65.8%)样品的衰减 $\geq 1\ 450\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ ;不适宜的 20 个样品中,1 个(占比 5%)样品的直链淀粉含量 $<21\%$ ,3 个(占比 15%)样品的衰减 $\geq 1\ 450\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ 。其中,在优质食味籼稻的直链淀粉含量研究方面,周少川等<sup>[11]</sup>对华南籼稻晚造稻米的研究得出直链淀粉含量为 16%~20%。而有关评价稻米品质的糊化特性指标值,前人研究则各有不同定论,例如,隋炯明等<sup>[23]</sup>对江苏地区的籼稻研究表明,优质食味籼稻的衰减 $>960\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ ;舒庆尧等<sup>[31]</sup>对浙江地区的籼稻研究表明:多数食味较好的籼稻的衰减 $>1\ 200\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ ;贾良等<sup>[32]</sup>对四川地区的籼稻研究表明,优质籼稻的衰减在 960  $\text{mPa}\cdot\text{s}$  左右。其主要原因是除品种差异外,环境条件对稻米品质会有显著影响,且各地区的米质划分标准也不完全一致<sup>[32]</sup>。

综上所述,将关联性指标的阈值区间确定为:直链淀粉含量 $<21\%$ ,衰减 $\geq 1\ 450\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

### 3 结论

(1) 在 15 项稻谷品质指标中,80%的指标变异系数高于 10%,表明本研究收集的稻谷样品处于不同的品质水平,且具有较好代表性。

(2) 与稻谷理化特性指标中的其他 4 项品质指标(垩白粒率、垩白度、固形物、胶稠度)相比,长宽比、直链淀粉含量、蛋白质含量、碘蓝值与 RVA 糊化特性指标间的关系更为密切,且稻米的直链淀粉含量及 RVA 糊化特性指标更能反映出米饭的食味品质。

(3) 筛选出评价米饭加工适应性的关联性指标及其阈值区间为直链淀粉含量 $<21\%$ ,衰减 $\geq 1\ 450\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

#### 参考文献:

- [1] 周显青. 稻谷精深加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] 庞乾林, 徐春春, 林海, 等. 我国稻米价格的历史变化及影响与今后调控对策的探讨[J]. 中国稻米, 2016(1): 48-54.
- [3] 刘玉德, 刘洋, 石文天, 等. 我国主食工业化的现状及发展趋势[J]. 农业机械, 2013(6): 64-69.
- [4] 张玉荣, 周显青, 杨兰兰. 大米食味品质评价方法的研究现状与展望[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(8): 155-160.
- [5] 王忠, 顾蕴洁, 陈刚, 等. 稻米的品质和影响因素[J]. 分子植物育种, 2003, 1(2): 231-241.
- [6] 三上隆司, 河野元信. 日本大米食味评价方法及相关仪器应用现状[J]. 北方水稻, 2007(5): 10-12.
- [7] CHAE EUN K, KANG M Y, MIHYUN K. Comparison of properties affecting the palatability of 33 commercial brands of rice [J]. Korean Journal of Crop Science, 2012, 57(3): 301-309.
- [8] MATSUE Y, SATO H, UCHIMURA Y. The palatability and physicochemical properties of milled rice for each grain-thickness group[J]. Plant Production Science, 2008, 4(1): 71-76.
- [9] BHAT F M, RIAR C S. Physicochemical, cooking, and textural characteristics of grains of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of temperate region of India and their interrelationships [J]. Journal of Texture Studies, 2017, 48(2): 160-170.
- [10] 陈能, 罗玉坤, 朱智伟, 等. 优质食用稻米品质的理化指标与食味的相关性研究[J]. 中国水稻科学, 1997, 11(2): 70-76.
- [11] 周少川, 李宏, 王家生, 等. 华南籼稻晚造稻米蒸煮、外观和碾米品质与食味品质的相关性研究[J]. 作物学报, 2002, 17(2): 397-400.
- [12] 袁建, 鞠兴荣, 汪海峰, 等. 小麦粉品质与馒头加工质量的相关性研究[J]. 食品科学, 2005, 26(12): 57-61.
- [13] 顾军强, 钟葵, 王立, 等. 不同燕麦品种用于加工燕麦片的适宜性评价[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(3): 18-24.
- [14] 王丽, 刘红芝, 刘丽, 等. 油用花生品质评价模型的建立及其加工适宜性研究[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(1): 21-27.
- [15] 张玉荣. 粮油品质检验与分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.
- [16] 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.
- [17] 董明辉, 桑大志, 王朋, 等. 水稻穗上不同部

- 位籽粒垩白性状的差异 [J]. 作物学报, 2006, 32(1): 103-111.
- [18] 闵捷, 张伯平, 朱智伟, 等. 籼型杂交水稻米质指标测定值的差异分析 [J]. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 107-110.
- [19] YANO M, OKUNO K, SATOH H, et al. Chromosomal location of genes conditioning low amylose content of endosperm starches in rice, *Oryza sativa* L. [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1988, 76(2): 183-189.
- [20] 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.
- [21] 艾志录, 孙茜茜, 潘治利, 等. 不同来源淀粉特性对水晶皮品质构品质的影响 [J]. 农业工程学报, 2016, 32(1): 318-324.
- [22] 郑学玲, 张玉玉, 张杰. 青稞淀粉和小麦淀粉的理化性质比较研究 [J]. 中国粮油学报, 2010, 25(10): 52-56.
- [23] 隋炯明, 李欣, 严松, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状相关性研究 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 657-663.
- [24] 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.
- [25] 杨博文, 向珣朝, 许顺菊, 等. 不同糯稻品种的稻米品质特性和遗传差异 [J]. 分子植物育种, 2016, 14(3): 712-717.
- [26] 易翠平, 杨有望, 高文明. 蛋白组分对籼米粉糊化特性的影响机理探讨 [J]. 现代食品科技, 2016(7): 97-102.
- [27] 胡培松, 翟虎渠, 唐绍清, 等. 利用 RVA 快速鉴定稻米蒸煮及食味品质的研究 [J]. 作物学报, 2004, 30(6): 519-524.
- [28] 周丽洁, 盛文涛, 吴俊, 等. 国审杂交籼稻组合的稻米品质分析 [J]. 杂交水稻, 2015, 30(3): 76-80.
- [29] 况浩池, 罗俊涛, 曾正明, 等. 不同粒型中籼杂交稻组合稻米品质及相关性分析 [J]. 中国稻米, 2016, 22(2): 15-20.
- [30] 李欣, 张蓉, 隋炯明, 等. 稻米淀粉黏滞性谱特征的表现及其遗传 [J]. 中国水稻科学, 2004, 18(5): 384-390.
- [31] 舒庆尧, 吴殿星, 夏英武, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系 [J]. 中国农业科学, 1998, 31(3): 25-29.
- [32] 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.

## QUALITY ANALYSIS AND COOKED RICE MAKING ADAPTABILITY OF LATE INDICA RICE

ZHOU Xianqing<sup>1</sup>, LI Jianfei<sup>1</sup>, ZHANG Yurong<sup>1</sup>, MENG Huan<sup>1</sup>, XIONG Ning<sup>2</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2. Cereals, Oils and Foodstuff Quality Monitoring Station of Hubei Province, Wuhan 430061, China)

**Abstract:** In order to identify the correlation indexes of late indica rice suited for the processing of cooked rice, as well as the threshold interval, and then to provide the reference for selecting of late indica rice suited for the processing of staple food industrialization of cooked rice. The 115 late indica rice in Hubei province were taken and physicochemical characteristics (aspect ratio, chalky kernel percentage and chalkiness degree, protein and amylose content, the solids content and iodine blue value of cooking water, gel consistency), pasting properties of rice and taste characteristics of cooked rice were analyzed. The results of descriptive analysis showed that the coefficients of variation of 80% quality indexes were greater than 10% among the 15 rice quality indexes, which indicated that the rice samples were at different quality levels. The results of correlation analysis between physicochemical characteristics and pasting properties of rice showed that the aspect ratio, amylose content, protein content and iodine blue value were significantly correlated with most RVA pasting property indexes, while the correlations between other physicochemical characteristics (chalky kernel percentage, chalkiness

(下转第 14 页)

- 466-473.
- [15] 刘文丽, 邢少华, 车长远, 等. 变温条件下大黄鱼品质变化动力学模型的建立与评价 [J]. 食品科学, 2015, 36(24): 286-289.
- [16] RUHIL A P, SINGH R R B, PATEL A A, et al. A comparative study of kinetic and connectionist modeling for shelf-life prediction of Basundi mix [J]. Journal of Food Science and Technology, 2011, 48(2): 204-210.
- [17] DEROSI A, PILLI T D, FIORE A G. Vitamin C kinetic degradation of strawberry juice stored under non-isothermal conditions [J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(4): 590-595.
- [18] 胡位歆. 新鲜水果货架期预测模型的构建 [D]. 杭州: 浙江大学, 2016.

## STUDY OF THE DEGRADATION KINETIC OF HARDNESS AND THE ESTIMATED SHELF-LIFE OF SWEET CHERRY UNDER NON-ISOTHERMAL CONDITIONS

JIN Zhengyang, XIN Ying, CHEN Fusheng, ZHANG Yuanwei

(School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** In order to predict the shelf life of different treated sweet cherry (*P. avium* L.) under non-isothermal conditions, the degradation first class kinetic model of the hardness in sweet cherry stored at 0、5、10、25 °C was established. And the accuracy of the kinetic model was verified by simulating "broken chain" and "temperature fluctuation" phenomenon in the cold chain process. The result showed that the coefficients of determination ( $R^2$ ) of the kinetic model of hardness under non-isothermal conditions were greater than 0.97 and the root-mean-square error ( $RMSE$ ) was close to zero. The model was proved to accurately predict the shelf life of sweet cherry under different non-isothermal conditions. The shelf life of sweet cherry coated with chitosan was extended 6.1 d compared with the that of control, indicating that the chitosan coating could significantly inhibit the softening of sweet cherry under non-isothermal conditions. Therefore, it could provide a basis for accurate prediction of quality changes of sweet cherry during cold chain.

**Key words:** non-isothermal; sweet cherry; chitosan; hardness; kinetic model

(上接第 8 页)

degree, solids content, gel consistency) and RVA pasting property indexes were significantly weaker, which indicated that the relationship between the aspect ratio, amylose content, protein content and iodine blue value and RVA pasting property indexes was closer than other quality indexes in rice physicochemical characteristics. By using the method of summing up the absolute value of the correlation coefficients between rice quality and taste characteristics of cooked rice, as well as the stepwise regression analysis, amylose content and breakdown were selected out for suitability of cooked rice processing. The taste characteristics of cooked rice were classified 3 grades using the method of cluster analysis. Meanwhile, according to the cluster analysis of sensory total score, the rice samples were selected out which were suited for the processing of cooked rice, and the threshold interval of amylose content (<21%), breakdown ( $\geq 1450$  mPa·s) were identified.

**Key words:** rice; indica rice; quality analysis; cooked rice; processing adaptability