

不同烹煮方式对米饭食味品质的影响

周小理, 王 惠, 周一鸣*, 张 欢, 胡业芹

(上海应用技术大学香料香精技术与工程学院, 上海 201418)

摘 要: 以4种市售大米为研究对象, 利用质构仪、气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)及感官评价等检测和评价手段, 对不同烹煮方式的米饭进行基本蒸煮品质、质构特性以及风味物质等食味品质的评价, 并探究其与感官评价的相关性。旨在探究不同大米品种(粳米和籼米), 以及不同蒸煮工艺(高压烹煮、电饭锅烹煮、微波烹煮和电蒸锅烹煮)对米饭食味品质的影响, 寻找一种能够综合评价米饭食味品质的方法, 为米饭的制作及米饭食味品质的改善提供理论参考。结果表明: 经高压烹煮后的米饭吸水率、膨胀率、碘蓝值均高于其他方式, 且米饭硬度小, 弹性和黏性较大, 感官品质评价最优, 而微波烹煮米饭食味品质最差。米饭膨胀率与感官评价中米饭的滋味和形态呈显著正相关($P < 0.05$, $P < 0.01$), 硬度与口感呈极显著负相关($P < 0.01$), 弹性与米饭形态呈极显著正相关($P < 0.01$)。此外, 米饭风味物质分析表明经高压烹煮和电饭锅烹煮的米饭, 醛、醇、酮等主要的米饭风味物质含量和种类均高于其他烹煮方式, 且因品种不同大米的香气有所差异。

关键词: 米饭; 烹煮方式; 食味品质; 风味物质

Influence of Different Cooking Methods on Eating Quality of Rice

ZHOU Xiaoli, WANG Hui, ZHOU Yiming*, ZHANG Huan, HU Yeqin

(School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China)

Abstract: In this research, four kinds of commercially available rice were cooked by four different cooking methods: steaming, high pressure cooking, microwave heating and cooker heating, and a texture analyzer, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and sensory evaluation were used to evaluate the physicochemical properties, textural properties, aroma and sensory quality of cooked rice. In addition, the relationship between eating quality and sensory evaluation was discussed. The purpose was to explore the effects of different rice varieties (japonica rice and indica rice), and different cooking techniques on the eating quality of rice, and therefore to offer a theoretical basis for comprehensive evaluation of the eating quality of rice. The results showed that water absorption rate, expansion rate and iodine blue value, adhesiveness and springiness of high pressure cooked rice were larger than those of cooked rice obtained by three other cooking methods, while hardness showed the opposite result. In sensory evaluation, high pressure cooked rice scored highest among the cooking methods, while the eating quality of microwave cooked rice was the worst. There was a significantly positive correlation between rice expansion rate and flavor, shape ($P < 0.05$, $P < 0.01$). Hardness was extremely negatively correlated with sensory evaluation scores and taste ($P < 0.01$). Springiness was extremely significantly positively correlated with rice shape and color ($P < 0.01$). In addition, the major flavor components (such as aldehydes, ketone, and alcohol) of rice cooked by high pressure and cooker heating were more abundant and diverse than those of other cooking processes, and the species and contents of flavor components in different rice varieties were significantly different.

Key words: rice; processing methods; eating quality; flavor compounds

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201711013

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2017)11-0075-06

引文格式:

周小理, 王惠, 周一鸣, 等. 不同烹煮方式对米饭食味品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(11): 75-80. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201711013. <http://www.spkx.net.cn>

ZHOU Xiaoli, WANG Hui, ZHOU Yiming, et al. Influence of different cooking methods on eating quality of rice[J]. Food Science, 2017, 38(11): 75-80. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201711013. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-08-10

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31371761); 上海市化学工程与技术(香料香精技术与工程)“高原学科资助”项目; “十三五”国家重点研发计划重点专项(2017YFD0400100)

作者简介: 周小理(1957—), 女, 教授, 学士, 研究方向为食品新资源深度开发与利用。E-mail: zhouxl@sit.edu.cn

*通信作者: 周一鸣(1981—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为功能食品开发, 食品加工与工艺。E-mail: zhouymsit@163.com

在我国,米饭是人们食用量最多的主食之一。随着人们生活水平的不断提高,对米饭的品质要求也在不断提高。由于我国大米品种多且产地分布广,不同品种大米的蒸煮品质、香气、口感及质构特性均存在较大差异。同时,不同的烹煮方式下,由于热量的产生机理、升温速率和蒸煮时间等差异,对米饭的感官品质、理化特性、营养特性也会产生很大影响。目前常用的米饭烹煮方式主要有:传统蒸煮、微波加热、电饭锅蒸煮、压力蒸煮等。

不同的烹煮方式对米饭的食味品质也会产生较大影响^[1]。大米的食味品质主要指大米的色、香、味,目前主要通过对其外观、香气、味道、适口性、硬度、黏性等进行大米的食味品质综合评价^[2]。其中,感官评价是大米食味品质评价的最基本方法,樊奇良等^[2]采用10分评分制,分别从香气、外观、味道、适口性、综合评价5个方面对大米品质进行评价。感官评价法虽能直接反映出消费者对某种米饭的喜好程度,但由于人的感官状态常常会受到环境因素的影响,人为误差较大,且难以对大量样品进行快速有效的食味鉴定^[3]。指标评价法能将大米的食味品质评价数据化,能更快更准确地进行大米品质的鉴定,指标评价主要包括大米的理化性质、蒸煮品质、物理状态、质构特性以及香气成分等。郭亚丽^[4]、战旭梅^[5]、周显青^[6]等通过测定大米直链淀粉、蛋白质含量,大米吸水率、米汤碘蓝值等指标评价大米的食味品质,并且利用质构仪对米饭的硬度、黏性、弹性和咀嚼性进行测定。米饭的风味是指蒸煮米饭后所带来的味觉、嗅觉等综合感觉,是人们评判米饭食味品质的最直观的方法,风味物质的测定方法很多,其中最为常用的是顶空固相微萃取(head space solid phase micro-extraction, HS-SPME)与气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用^[7-10]检测挥发性风味物质。目前对于米饭风味物质的研究并不多见,尤其针对不同烹煮方式对米饭香气影响的研究更鲜有报道。

本实验选择不同烹煮方式对目前市售代表性的粳米、籼米进行评价,利用质构仪、GC-MS联用仪等手段对其食味品质(包括蒸煮品质、质构特性、风味物质)进行研究和评价,并在感官评价法的基础上进行相关性分析,以寻求最佳的米饭烹煮方式。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验所用大米品种及产地见表1,均为市售。

碘、碘化钾、盐酸(均为分析纯) 中国医药(集团)上海化学试剂公司。

碘试剂配制方法:称取2 g碘化钾,加适量水以形成饱和溶液,加入0.2 g碘,待全部溶解后,将溶液定量移至100 mL容量瓶中,加水至刻度,摇匀。保存于棕色溶剂瓶中待用。

表1 供试大米品种名称及类型
Table 1 The names and types of the raw materials

编号	品种名称	品种类型	产地
1	长粒香米	粳米	黑龙江
2	稻花香米	粳米	黑龙江
3	桃花香米	籼米	湖南
4	京山桥米	籼米	湖北

注:实验所用米均为标一米。

1.2 仪器与设备

TQ8040 GC-MS联用仪(配有电子轰击离子源及GC-MS solution数据处理系统) 岛津管理(中国)有限公司;TA.XT.Plus物性测试仪(P/36R探头) 英国Stable Micro System 公司;759S紫外-可见分光光度计(配有专用石英比色皿) 上海菁华科技仪器有限公司;CFXB30-10电饭锅 奥克斯集团有限公司;EM-L3207BX微波炉 日本三洋电器集团;JYY-50YJ7高压锅 九阳股份有限公司;WSYH26A电蒸锅 美的集团股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 米饭的烹煮工艺

大米的加水量、浸泡温度和时间以及蒸煮方式都是影响米饭食味品质的重要因素。由于籼米和粳米直链淀粉含量不同^[11],所以粳米的加水量为大米的1.2倍、籼米1.3倍。加热方式不同,米水比例也有所差异。微波加热的糊化速率远高于热传导方式^[12],导致微波烹煮米饭吸水率低,所以微波烹煮的加水量要高于其他方式。粳米的加水量为大米的1.3倍、籼米1.5倍。

分别称取4种大米各100 g置于容器中,用蒸馏水淘洗3遍,加200 mL温水于40℃恒温水浴锅中保温浸泡30 min后沥干。随后分别按照如下步骤对其进行烹煮:微波烹煮米饭的工艺:米水混合物→专用饭煲微波加热7 min(600 W)→焖饭10 min→米饭成品;高压烹煮米饭的工艺:米水混合物→高压70 kPa加热5 min→降压恒温加热10 min→焖饭10 min→米饭成品;电蒸锅烹煮米饭的工艺:米水混合物→饭盒隔水加热25 min→焖饭10 min→米饭成品;电饭锅烹煮米饭的工艺:米水混合物→电饭锅加热20 min→焖饭10 min→米饭成品。

1.3.2 米饭蒸煮品质的测定

1.3.2.1 米饭吸水率的测定

称取原料米的质量 m_0 ,在一定条件下蒸煮,称取米饭质量 m_1 ,则吸水率计算见式(1)。

$$\text{吸水率}/\% = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

1.3.2.2 米饭膨胀率的测定

将一定质量的原料米做成米饭(总质量 m),从中取50 g米饭装入100 mL量筒内,注入50 mL水后立即测定体积(V_1),则50 g米饭体积(V_2)按式(2)计算。

$$V_2 = \frac{(V_1 - 50) \times 50}{m} \quad (2)$$

按同样方法测定50 g原料米的体积(V_0),从而按式(3)计算出米饭膨胀率。

$$\text{米饭膨胀率}/\% = \frac{V_2 - V_0}{V_0} \times 100 \quad (3)$$

1.3.2.3 米饭碘蓝值的测定

取米饭3 g于50 mL比色管中,加水至25 mL,40 ℃水浴并不断振荡60 min,用水定容至50 mL,摇匀,再3 000 r/min离心分离15 min,取上清液5 mL,加入0.5 mL KI-I₂溶液、0.5 mL 0.1 mol/L盐酸,加蒸馏水并定容至50 mL静置15 min后于620 nm波长处比色,读取吸光度。以0.5 mL 0.1 mol/L盐酸和0.5 mL碘试剂,加蒸馏水定容至50 mL作空白。以吸光度表示碘蓝值。

1.3.3 米饭质构特性的测定

参考米饭质构特性^[13-15]的测定方法,用物性测试仪测定不同烹煮方式的米饭样品。具体方法如下:米饭烹煮容器内圆形米饭层分成两个直径为2:1的同心圆。在含外层圆圈靠近皿壁的2个对称位置、内层圆的2个对称位置、圆心位置在内的5个位置,取15 g米饭(约60 ℃)分别装入预压组件的5个底座内,并用压头对底座内米饭下压3 mm保持2 min后进行测试,每次实验进行3次平行测定。质构仪参数的设定:采用P/36R探头,测试模式为TPA全质构模式,测前速率:60 mm/min,测试速率:60 mm/min,测后速率:120 mm/min,压缩比例为75%。测定参数指标包括硬度、黏性、弹性。

1.3.4 米饭风味物质的测定

参考刘美艳^[16]、Zeng Zhi^[17-18]、Zeng Maomao^[19]等对大米风味物质的测定方法,选择30/50 μm DVB/CAR/PDMS 2 cm的萃取纤维头,对米饭挥发性成分进行萃取和富集。每种米饭烹煮容器内圆形米饭层水平分为3层,取中间层米饭10 g置于40 mL顶空瓶中,封口,于80 ℃水浴平衡10 min,SPME针顶空吸附30 min后拔出萃取针,在温度为250 ℃的GC-MS进样口中解吸5 min,进行GC-MS分析。GC-MS条件如下:采用Rtx-Wax石英毛细柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm),载气为氦气(99.999%),流量为1 mL/min,分流比设为20:1,升温程序:40 ℃保持2 min,以5 ℃/min升至240 ℃,保持3 min。质谱条件:电子轰击离子源,离子源温度为250 ℃,质荷比 m/z 为30~300。GC-MS数据理由岛津软件系统完成,未知化合物经计算机检索同时与NIST 14和NIST 14s谱库相匹配,匹配度大于80%的成

分作为鉴定结果,化合物含量按峰面积归一法由谱库自动检索分析并计算。

1.3.5 米饭的感官评定

依据GB/T 15682—2008《粮油检验 稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法》^[20]要求,10名品评人员鉴定米饭的气味、外观、形态、适口性(包括黏性、弹性、软硬度)、滋味等,评价结果以品评人员的综合评分的平均值表示,采用综合评价法对米饭样品进行感官评价。

1.4 数据处理

采用Excel软件对实验数据进行统计和分析,并采用SPSS.20统计分析软件中的ANOVA方法对实验数据进行显著性差异分析,以 $P < 0.05$ 为相差显著,数据均表示为 $\bar{x} \pm s$ 。并对米饭样品的物性测定及风味物质测定结果与感官评价相关性及其差异性进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同烹煮方式对大米主要蒸煮品质及质构特性的影响

表2 不同烹煮方式对米饭蒸煮品质的影响
Table 2 Cooking quality of rice under different cooking processes

大米种类	烹煮方式	蒸煮品质		
		膨胀率/%	吸水率/%	碘蓝值/BV
长粒香米 (粳米)	电蒸锅	215.30±5.00 ^b	142.40±1.15 ^b	0.53±0.02 ^a
	电饭锅	164.51±2.02 ^a	102.96±1.00 ^a	0.42±0.03
	微波炉	143.11±1.58 ^a	91.33±1.15 ^a	0.43±0.02 ^b
	高压锅	196.33±1.37 ^b	137.67±3.06 ^b	0.57±0.01 ^{ab}
稻花香米 (粳米)	电蒸锅	285.93±5.03 ^c	143.03±1.15 ^c	0.61±0.03 ^a
	电饭锅	176.50±2.02 ^a	109.15±0.01 ^b	0.40±0.02 ^b
	微波炉	155.51±4.75 ^a	81.00±1.73 ^a	0.41±0.03 ^b
	高压锅	225.83±2.42 ^c	151.00±1.00 ^c	0.69±0.03 ^a
桃花香米 (籼米)	电蒸锅	199.00±2.65 ^b	136.33±2.52 ^c	0.63±0.04 ^a
	电饭锅	164.00±3.51 ^a	109.11±4.04 ^b	0.46±0.02 ^{ab}
	微波炉	145.00±15.62 ^a	90.67±3.00 ^a	0.36±0.02 ^{ab}
	高压锅	185.83±0.90 ^b	126.33±4.73 ^c	0.77±0.01 ^b
京山桥米 (籼米)	电蒸锅	182.00±1.00 ^b	127.00±2.52 ^b	0.63±0.06 ^b
	电饭锅	138.78±1.51 ^a	98.60±4.51 ^a	0.61±0.03 ^a
	微波炉	126.56±2.25 ^a	96.67±4.16 ^a	0.39±0.04 ^{bc}
	高压锅	161.71±1.01 ^b	129.00±3.61 ^b	0.70±0.06 ^c

注:同列肩标小写字母不同表示同种大米不同烹煮方式下各指标差异显著($P < 0.05$)。下同。

米饭质构特性包括硬度、黏性、弹性^[21-22],粳米和籼米经不同烹煮方式制得米饭的主要蒸煮品质见表2。采用相同烹煮方式时粳米的吸水率和膨胀率均高于籼米,而电蒸锅烹煮米饭的吸水率和膨胀率比其他方式高,高压烹煮和电饭锅烹煮次之,微波烹煮米饭最低,这主要是由于在加水量一致的情况下,采用电蒸锅烹煮,蒸汽加热过程中有水分补充,而微波烹煮加热速率快,水分被迅速蒸发,大米本身吸收水分少,米饭吸水率和膨胀率较低。

碘蓝值表示米汤中直链淀粉的溶解含量，是鉴定大米蒸煮品质的简易快速方法^[23]。通过碘蓝值检测结果可以看出籼米比粳米碘蓝值高，这可能是由于籼米中的直链淀粉含量比粳米的直链淀粉含量高^[24]。高压烹煮米饭的碘蓝值最高，这主要是由于高压环境使得大米中水溶性物质更容易渗出^[25]，电蒸锅烹煮和电饭锅烹煮次之，微波具有穿透性，使极性分子和基团随微波高频振荡产生热量，其淀粉糊化速率远高于热传导方式，因此碘蓝值较低^[26]。这与吸水率和膨胀率的结论基本一致。

表3 不同烹煮方式对米饭质构品质的影响

Table 3 Textural characteristics of rice under different cooking processes

大米种类	烹煮方式	质构特性		
		硬度/g	黏性/(g·s)	弹性
长粒香米 (粳米)	电蒸锅	7 009.66±300.05 ^a	-3 015.23±73.79 ^b	0.94±0.08
	电饭锅	6 545.00±301.12 ^b	-1 913.12±22.47 ^a	0.57±0.11
	微波炉	7 909.17±400.04 ^a	-2 893.45±292.89 ^{ab}	0.71±0.10
	高压锅	6 491.29±350.81 ^b	-1 333.40±327.29 ^a	0.91±0.03
稻花香米 (粳米)	电蒸锅	6 623.29±352.55 ^a	-5 131.53±363.01 ^a	0.98±0.02
	电饭锅	6 108.62±252.28 ^a	-5 899.57±57.61 ^a	0.93±0.01
	微波炉	8 041.16±102.79 ^b	-5 242.98±150.05 ^a	0.85±0.05
	高压锅	6 023.58±205.37 ^a	-6 765.94±138.17 ^b	0.94±0.04
桃花香米 (籼米)	电蒸锅	7 613.26±259.01 ^{ab}	-2 479.19±181.05 ^a	0.75±0.01
	电饭锅	7 530.47±302.67 ^{ab}	-2 145.46±105.65 ^{ab}	0.62±0.01
	微波炉	8 935.29±50.72 ^a	-1 750.72±104.2 ^b	0.74±0.01
	高压锅	6 603.83±100.02 ^b	-3 347.70±36.4 ^a	0.94±0.01
京山桥米 (籼米)	电蒸锅	8 668.42±107.52 ^{ab}	-2 830.34±92.87 ^a	0.75±0.05
	电饭锅	8 101.78±100.01 ^{ab}	-2 609.71±66.62 ^a	0.74±0.02
	微波炉	9 378.05±260.70 ^a	-2 494.81±120.30 ^a	0.68±0.04
	高压锅	6 881.50±168.12 ^b	-3 061.66±111.75 ^b	0.82±0.03

米饭的质构特性也是评价大米食味品质的一个重要方面^[4]。由表3可知，籼米的硬度大于粳米，而粳米的黏性和弹性均大于籼米。从烹煮方式来看，微波烹煮的米饭硬度最大，电蒸锅烹煮次之，电饭锅烹煮和高压烹煮的米饭硬度最小，而弹性和黏性特性与之相反，高压烹煮米饭的黏性和弹性最大，微波烹煮最小。这是由于米饭烹煮过程主要经过浸泡、加热升温、保沸期和焖饭期4个阶段，微波加热在保沸期不能使米粒吸收充足的水分，导致测得的结果中硬度最大。而高压烹煮由于有压力的维持，米粒少量爆裂，使米饭更加松软富有黏性。

2.2 不同烹煮方式对米饭主要风味物质变化的影响

表4和表5为经SPME-GC-MS法分析不同烹煮方式米饭的风味物质分析结果。长粒香米和稻花香米2种粳米中分别检测出风味物质39种和45种，桃花香米和京山桥米2种籼米中分别检测到风味物质18种和20种。具体的风味物质种类见表4。同时，长粒香米和稻花香米作为粳米的代表，含有果香和花香的物质较多（壬醛、辛醛、3-辛烯-2-酮等），因此粳米香气更加浓郁香甜。桃花香米和京山桥米为代表的籼米，含有清香气味的物质较多

（吲哚、庚醛、1-辛烯-3-醇等），因此籼米香气与粳米相比偏向于清香型。

表4 不同烹煮方式下4种大米风味物质的组成

Table 4 Flavor components of four rice cultivars under different cooking processes

大米品种	烹煮方式	种数			
		醛类	酮类	醇类	其他
长粒香米	电蒸锅	10	2	6	2
	电饭煲	14	1	5	5
	微波炉	3	1	3	
	高压锅	7	2	2	3
稻花香米	电蒸锅	15	3	9	1
	电饭煲	14	2	6	7
	微波炉	6	1	2	4
	高压锅	6	2	6	2
桃花香米	电蒸锅	3	1	3	3
	电饭煲	4	2	2	4
	微波炉	3	1	2	2
	高压锅	3	3	2	2
京山桥米	电蒸锅	5	1	3	5
	电饭煲	5	1	2	7
	微波炉	4	2	2	3
	高压锅	5	1	3	5

表5 不同品种大米主要风味物质相对含量及特征香气

Table 5 The contents and characteristic aroma of major flavor components in different rice varieties

物质	香气	相对含量/%			
		长粒香米	稻花香米	桃花香米	京山桥米
2-戊基呋喃	豆香果香 ^[29]	10.95	9.45	0.57	—
壬醛	花香气香 ^[29,30]	23.09	27.37	15.03	8.59
1-辛烯-3-醇	青香 ^[30]	—	—	1.43	0.78
庚醛	清香草香 ^[29,30]	0.36	3.08	2.13	1.52
辛醛	花香 ^[29,30]	2.36	3.12	0.41	—
癸醛	柑橘香 ^[29,30]	4.07	11.60	0.25	1.53
2-乙酰基吡咯啉	爆米花香	1.43	2.11	—	—
反式-2-辛烯醛	坚果香 ^[29]	0.89	1.44	—	—
3-辛烯-2-酮	花香 ^[29]	1.22	0.72	—	—
2,4-癸二烯醛	脂香 ^[30]	0.98	2.00	—	1.44
反式-2-庚烯醛	黄瓜香 ^[30]	—	1.34	—	—
己醛	草香果香 ^[29,30]	17.74	14.30	10.82	3.67
苯甲醛	坚果香 ^[29,30]	1.22	1.41	—	—
吲哚	兰花香（微量）	—	—	32.55	32.50

注：— 未检出。

由表4和表5还可以看出，采用不同的烹煮方式，能够检测到的米饭的风味物质也有所不同，其中电饭锅烹煮测得的风味物质最多，其中含量最多的是壬醛、己醛、2-戊基呋喃等共有的香气成分。这主要是由于电饭锅烹煮具有自动温控装置，所以能够更好地控制和掌握锅内温度和加热时间，能使大米充分散发香气，且风味物质不易流失。电蒸锅烹煮和高压烹煮米饭测得的风味物质次之，微波烹煮米饭风味物质最少。高压烹煮在降压阶段香气散失严重，导致测得米饭的风味物质较少^[27]。

而微波烹煮米饭由于加热时会形成较大的内外蒸汽压力,导致较多的挥发性物质随水蒸汽溢出,从而降低米饭中风味物质的种类和含量^[28]。

2.3 感官评价分析大米食味品质

表6 感官评价得分

Table 6 Sensory scores of cooked rice

大米种类	烹煮方式	气味 (25分)	色泽 (10分)	形态 (10分)	口感 (30分)	滋味 (25分)	总分 (100分)
长粒香米	电蒸锅	20.50±3.00 ^b	7.00±1.53 ^a	9.50±1.02 ^c	24.45±1.15 ^b	24.40±2.08 ^b	85.85
	电饭锅	24.30±2.52 ^a	8.50±1.52 ^b	8.80±1.14 ^b	23.00±2.08 ^b	22.50±4.04 ^b	87.10
	微波炉	15.05±1.15 ^c	6.50±1.73 ^a	6.40±1.15 ^c	18.90±2.65 ^a	15.45±1.01 ^a	62.30
	高压锅	23.00±1.15 ^c	9.35±1.15 ^b	8.70±1.09 ^b	25.50±3.79 ^c	23.30±1.51 ^c	89.85
稻花香米	电蒸锅	19.00±5.13 ^b	9.10±2.08 ^b	9.60±1.04 ^a	21.90±0.58 ^b	22.20±2.65 ^c	81.80
	电饭锅	20.00±3.61 ^b	8.60±2.06 ^a	8.00±1.00 ^b	22.40±3.51 ^c	18.00±2.08 ^b	77.00
	微波炉	15.50±2.08 ^c	8.45±0.58 ^b	7.00±0.58 ^b	18.40±1.15 ^a	12.00±8.66 ^a	61.35
	高压锅	23.70±2.52 ^a	9.55±1.00 ^b	9.40±1.73 ^c	23.30±1.53 ^d	23.50±2.00 ^c	89.45
桃花香米	电蒸锅	18.45±2.65 ^b	6.35±0.58 ^b	6.00±1.01 ^a	22.80±2.65 ^c	20.30±0.57 ^b	73.90
	电饭锅	20.00±3.51 ^b	7.00±1.00 ^b	7.50±1.53 ^b	21.90±5.57 ^b	22.50±0.58 ^b	78.90
	微波炉	16.35±1.53 ^c	7.50±0.58 ^b	7.80±1.00 ^b	16.80±4.73 ^a	19.30±1.53 ^a	67.75
	高压锅	22.70±2.08 ^c	9.55±1.73 ^c	9.70±1.15 ^c	23.90±1.15 ^d	19.40±1.23 ^a	85.25
京山桥米	电蒸锅	17.50±2.00 ^c	6.00±1.15 ^a	6.70±1.53 ^a	20.00±1.00 ^b	18.20±2.65	68.40
	电饭锅	20.60±2.52 ^a	7.90±0.58 ^b	7.45±1.34 ^b	19.30±3.05 ^a	17.30±2.05	72.55
	微波炉	18.05±1.53 ^c	8.55±1.53 ^b	6.00±0.58 ^b	14.70±1.53 ^a	16.40±1.00	63.70
	高压锅	22.30±1.53 ^c	9.45±1.00 ^b	8.70±1.15 ^c	21.60±1.15 ^b	19.40±1.73	81.45

感官评价法是评价大米食味品质最直接的方式。由表6可以看出,高压烹煮米饭的得分最高,电饭锅烹煮和电蒸锅烹煮次之,微波烹煮米饭的评分较低。高压烹煮是现在人们比较青睐的一种烹煮方法,其方便快捷,米饭食味品质较好,深受人们喜爱。电饭锅烹煮的米饭主要在气味和滋味上更胜一筹,这与前面香气的测定结果一致。电蒸锅烹煮米饭的硬度和黏性适中,在口感上更受大家欢迎。虽然微波烹煮米饭比较快速,但米饭硬度大,香气种类少,不容易被大家接受。此外,烹煮后籼米饭表现为干、散,而粳米饭则表现出湿润、有黏性。从口感上看,粳米比籼米更软,黏性更大。从气味来看,粳米香气得分比籼米高,香气更浓郁,这与前面分析检测结果一致。

2.4 大米食味指标与感官评价的相关性分析

米饭食味品质的评定,主要通过感官评价法和指标评价法,两种方法之间具有一定的相关性^[31]。从表7相关性分析可以看出,碘蓝值与吸水率和膨胀率呈极显著正相关($P<0.01$),且三者均与口感、滋味呈显著正相关($P<0.05$, $P<0.01$),膨胀率还与米饭弹性及形态呈极显著正相关($P<0.01$),即米饭的膨胀率大、饭粒外观完整性高、弹性大、受损颗粒比例少、口感好。质构仪所测米饭硬度与感官评价指标均呈负相关,即米饭硬度越大,口感越差,米饭颗粒外部形态越差,米饭的弹性与米饭口感呈正相关,弹性与米饭形态和色泽呈显著正相关

($P<0.01$, $P<0.05$)。米饭的形态、口感与米饭的气味和滋味呈显著正相关($P<0.05$, $P<0.01$),由此可见,米饭香气也是米饭食味品质的一个重要评价指标。

表7 不同烹煮方式下米饭食味品质指标与感官评价的相关性

Table 7 Correlation analysis between textural and physicochemical properties and sensory evaluation of rice under different cooking processes

指标	膨胀率	吸水率	碘蓝值	弹性	硬度	黏性	香气	气味	色泽	形态	口感	滋味
膨胀率	1.00											
吸水率	0.81**	1.00										
碘蓝值	0.48**	0.73**	1.00									
弹性	0.68**	0.58*	0.46	1.00								
硬度	-0.60	-0.58	-0.40	-0.54	1.00							
黏性	-0.49	-0.40	-0.20	0.73	0.58*	1.00						
香气	0.18	0.06	0.10	0.48	0.39	0.34	1.00					
气味	0.29	0.54*	0.46	0.17	-0.73	-0.27	0.82	1.00				
色泽	0.35	0.32	0.31	0.53*	-0.59	-0.60	0.51	0.63**	1.00			
形态	0.64**	0.56*	0.40	0.68**	-0.80**	-0.47	0.54	0.67**	0.74**	1.00		
口感	0.60*	0.72**	0.52*	0.44	-0.86**	-0.43	0.46	0.72**	0.32	0.66**	1.00	
滋味	0.63**	0.75**	0.33	0.22	-0.57	-0.15	0.60	0.69**	0.26	0.60*	0.72**	1.00

注: **. 在 0.01 水平(双侧)上极显著相关; *. 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

3 结论

高压烹煮用时短,蒸煮品质和质构特性最优,感官评价总分最高,风味物质也较多。电饭锅烹煮米饭的风味物质成分最多,香气浓郁,口感适中,电蒸锅烹煮因为吸水率最高,大米充分糊化,所以米饭更松软,微波烹煮虽然速度快,但是水分蒸发量多,所以导致米饭硬度大,且风味物质最少。不同品种的大米采用同种烹煮方式处理后,可以明显看出籼米的硬度大于粳米。粳米的黏性和弹性高于籼米。经过米饭风味物质成分提取和鉴定,也可以看出粳米香气更浓郁。粳米的感官评价总分高于籼米。从相关性分析来看,米饭膨胀率与感官评价中米饭的滋味、口感和形态均呈显著正相关($P<0.05$, $P<0.01$),硬度与口感呈极显著负相关($P<0.01$),弹性与米饭形态呈极显著正相关($P<0.01$)。通过测定米饭的蒸煮品质、质构特性、风味物质及感官评价,将仪器指标与直接感官相结合,可以更加全面准确地对米饭食味品质进行综合评定。

参考文献:

- [1] 王思远. 基于电导率的米饭蒸煮特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012: 4. DOI:10.7666/d.Y2161888.
- [2] 樊奇良, 章烜. 不同米水比例对蒸煮米饭食味品质影响的研究[J]. 粮食科技与经济, 2015, 40(6): 29-33. DOI:10.16465/j.gste.cn431252ts.20150610.
- [3] 武妍妍, 马梦璐, 李茂. 浅谈大米食味品质的评价方法[J]. 农村实用科技信息, 2015(4): 51. DOI:10.3969/j.issn.1674-0653.2015.04.049.
- [4] 郭亚丽, 李芳, 洪媛, 等. 大米理化成分与米饭品质的相关性研究[J]. 武汉轻工大学学报, 2015(3): 1-6. DOI:10.3969/j.issn.2095-7386.2015.03.001.

- [5] 战旭梅, 郑铁松, 陶锦鸿. 质构仪在大米品质评价中的应用研究[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 62-65. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2007.09.008.
- [6] 周显青, 任洪玲, 张玉军, 等. 大米主要品质指标与米饭质构的相关性分析[J]. 河南工业大学学报, 2012, 33(5): 21-24. DOI:10.16433/j.cnki.issn1673-2383.2012.05.016.
- [7] CHUMPOLSRI W, WIJIT N, BOONTAKHAM P, et al. Variation of terpenoid flavor odorants in bran of some black and white rice varieties analyzed by GC×GC-MS[J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2015, 3(2): 114-120. DOI:10.12691/jfnr-3-2-7.
- [8] MARAVAL I, MESTRSE C, PEMIN K, et al. Odor-active compounds in cooked rice cultivars from camargue (france) analyzed by GC-O and GC-MS[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(13): 5291-5298. DOI:10.12691/jfnr-3-2-7.
- [9] 杨洁, 熊光权, 程薇, 等. 顶空固相微萃取与气质联用法分析香米中的挥发性成分[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(11): 2898-2902. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2010.11.035.
- [10] 苗菁, 苏慧敏, 张敏. 米饭中关键风味化合物的分析[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 82-86. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602014.
- [11] 王肇慈. 粮油食品品质分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 78.
- [12] 刘杰, 陈玉麒, 舒在习, 等. 微波处理大米品质指标检测[J]. 粮油食品科技, 2013, 21(5): 52-55. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2013.05.002.
- [13] 吴伟都, 王雅琼, 朱慧, 等. 质构仪大米挤压法评价米饭的口感[J]. 中国食品添加剂, 2015(9): 181-184. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2015.09.024.
- [14] 王鹏跃, 路兴花, 庞林江. 影响米饭质构特性和感官的关键理化因素分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(2): 119-124. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.02.015.
- [15] BOUASLA A, WOJTOWICZ A, ZIDOUNE M N. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: physical properties, texture, sensory attributes and microstructure[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 75: 569-577. DOI:10.1016/j.lwt.2016.10.005.
- [16] 刘美艳, 张子沛, 赵国华. 酶法方便米饭香气成分的SPME/GC-MS分析[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 234-237. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201306053.
- [17] ZENG Zhi, ZHANG Han, CHEN Yujie, et al. Flavor volatiles of rice during cooking analyzed by modified headspace SPME/GC-MS[J]. Cereal Chemistry, 2008, 85(2): 140-145. DOI:10.1094/CCHEM-85-2-0140.
- [18] ZENG Zhi, ZHANG Han, ZHANG Tao, et al. Screening for γ -nonalactone in the headspace of freshly cooked non-scented rice using SPME/GC-O and SPME/GC-MS[J]. Molecules, 2009, 14(8): 2927-2934. DOI:10.3390/molecules14082927.
- [19] ZENG Maomao, ZHANG Lianxiao, HE Zhiyong, et al. Determination of flavor components of rice bran by GC-MS and chemometrics[J]. Analytical Methods, 2015, 4(2): 539-545. DOI:10.1039/c2ay05671b.
- [20] 质量监督检验检疫总局, 标准化管理委员. 粮油检测稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法: GB/T 15682—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [21] 张玉荣, 刘敬婉, 周显青, 等. CO₂气调解除后大米蒸煮特性、质构特性及食味品质的变化研究[J]. 粮食与饲料工业, 2015(9): 12-16. DOI:10.7633/j.issn.1003-6202.2015.09.005.
- [22] 周显青, 王云光, 王学锋, 等. 质构仪对米饭适口性的评价研究[J]. 粮油科技学报, 2015, 21(5): 47-51. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2013.05.019.
- [23] 朱晓倩, 范志红, 王淑颖, 等. 家用压力锅烹调对米饭品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(21): 55-59. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201321012.
- [24] 刘青, 刘丽华, 张宝林, 等. 有机和常规大米品质与安全性分析[J]. 南昌航空大学学报(自然科学版), 2014, 28(4): 72-75. DOI:10.3969/j.issn.1001-4926.2014.04.014.
- [25] 赖爱萍, 陆国权. 蒸煮加工对甘薯渣膳食纤维特性的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 107-110. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.21.014.
- [26] 马文睿, 范大明, 王丽云, 等. 微波蒸煮对米粉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(21): 49-52. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.21.068.
- [27] 刘敬科, 郑理, 赵思明, 等. 蒸煮方法对米饭挥发性成分的影响[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(5): 12-15. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.06.063.
- [28] 蔺芳. 微波技术在食品加工中的应用研究[J]. 中国调味品, 2014(7): 138-140. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2014.07.035.
- [29] CHO S, KAVS S J. Aroma-active compounds of wild rice[J]. Food Research International, 2013, 54(2): 1463-1470. DOI:10.1016/j.foodres.2013.09.042.
- [30] MAHATTANATAWEE K, ROUSEFF R L. Comparison of aroma active and sulfur volatiles in three fragrant rice cultivars using GC-olfactometry and GC-PFPD[J]. Food Chemistry, 2014, 154(2): 1-6. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.12.105.
- [31] 周晓晴, 付桂明, 刘成梅, 等. 大米食味品质预测评价模型的建立及应用[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 94-96. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.02.040.