

稻米原料品种对年糕制品品质的影响研究

陈山乔^{1,2}, 孙志栋¹

(1.宁波市农业科学研究院, 浙江 宁波 315040;

2.宁波市特色农产品质量安全检测与控制重点实验室, 浙江 宁波 315040)

摘要: **目的** 阐述不同品种的稻米作为加工原料对年糕的外观口感等品质的影响。**方法** 选用不同品种稻米(宁84、宁88、甬优12、甬优15和甬优1540)作为原料,加工成年糕后测定其淀粉组成、质构特性、耐水煮性和色差,用以表征其口感和外观品质。**结果** 根据相关性分析结果显示,年糕的直链淀粉含量和直链-支链淀粉比例与其硬度和内聚性分别呈正相关性和负相关性(相关系数的绝对值均大于0.8)、支链淀粉含量和回复性呈正相关,相关系数为0.71。宁84品种回复性、内聚性和硬度指标在所测样品中最为优秀且呈现极显著差异,代表着口感软糯而富有嚼劲,但其色泽偏黄偏暗。甬优1540品种有最佳的耐水煮性和较好的色泽。**结论** 各个稻米品种作为年糕原料存在着优缺点,一方面,这意味着选育年糕专用水稻品种存在必要性;另一方面也表明了年糕产品需要根据目标市场和消费者喜好侧重进行原料选择和后续的研发。本文报道并揭示了稻米品种对年糕品质的影响,为相关产业的技术发展提供了理论指导。

关键词: 稻米; 淀粉; 年糕; 质构分析

中图分类号: TS213.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)13-0151-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.13.018

Effect of Rice Material Varieties on Characteristics of Rice Cakes

CHEN Shan-qiao^{1,2}, SUN Zhi-dong¹

(1. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Zhejiang Ningbo 315040, China; 2. Ningbo Key Laboratory of Testing and Control for Characteristic Agro-product Quality and Safety, Zhejiang Ningbo 315040, China)

ABSTRACT: The work aims to demonstrate the effect of different varieties of rice as processing raw materials on the quality of rice cakes in terms of appearance and texture. 'Ning 84', 'Ning 88', 'Yong You 12', 'Yong You 15' and 'Yong You 1540' were selected as raw materials, and their starch composition, textural characteristics, boiling tolerance and chromatic aberration were measured after being processed into rice cakes to characterize their texture and appearance quality. According to results of the correlation analysis, the amylose content and amylose to amylopectin ratio of rice cakes showed positive and negative correlations with their hardness and cohesiveness, respectively (the absolute values of correlation coefficients were greater than 0.8), while the amylopectin content and resilience showed positive correlation with a correlation coefficient of 0.71. The resilience, cohesiveness and hardness indexes of 'Ning 84' variety were the most excellent among the samples tested and showed significant differences, representing a soft and chewy texture, but its color was yellowish and dark. The 'Yong You 1540' variety had the best boiling tolerance and color. The pros and cons of vari-

收稿日期: 2022-10-11

基金项目: 宁波市公益性计划(202002N3089)

作者简介: 陈山乔(1987—),男,博士,工程师,主要研究方向为农产品保鲜与加工。

通信作者: 孙志栋(1962—),男,教授级高级工程师,主要研究方向为果蔬保鲜与加工。

ous rice varieties as raw materials for rice cakes imply the need to select and breed special rice varieties for rice cakes on the one hand, and the need to focus on raw material selection and subsequent development of rice cake products according to target markets and consumer preferences on the other hand. This paper reports and reveals the effect of rice varieties on characteristics of rice cakes, providing a theoretical guide for the technological development of related industries.

KEY WORDS: rice; starch; rice cake; texture analysis

水磨年糕是我国南方有名的民间传统特产,一般以粳米为原料^[1],要求外观洁白如玉,口感柔糯滑爽,且久煮不糊,深受消费者喜爱。目前,行业内年糕生产上,对原料的选择和监管较为粗放,鲜有生产企业对稻米原料的品种进行要求。稻米品种^[2]、稻米的淀粉组成(包括直链、支链淀粉含量及其比例)^[3]对米饭食味有着决定性的影响,但加工成年糕后这种影响目前尚未有研究。以稻米品种对米饭影响进行推论,不同原料造成年糕中淀粉组成同样会影响其口感,因此适宜的原料会有效提高年糕的口感和质量,或者通过控制和选择原料的品种,能够生产出针对不同细分化市场需求的年糕产品,反之不适宜或不受控的原料品种将影响年糕的品质稳定性与市场竞争力。相较于稻米的种植和贮藏条件,稻米的品种是最外化也是最容易控制的指标,因此本研究以此为切入点,从传统年糕特色产地——宁波市江北区收集了 5 种用以供应年糕加工企业的稻米品种。对稻米加工后的年糕进行包括淀粉组成、质构分析、耐水煮性和色差的测试。首次阐述年糕原料的品种差异对其口感、烹调适用性和外观色泽的影响,初探年糕的淀粉组成与其质构性质的相关性,试图为年糕的加工和品质检测提供科学依据。

1 实验

1.1 材料与设备

主要材料:稻米产自宁波市江北区,品种分别为宁 84(粳型常规稻)^[4]、宁 88(粳型常规稻)^[5]、甬优 12(籼粳交三系杂交稻)^[6]、甬优 15(籼粳交偏籼型三系杂交稻)^[7]、甬优 1540(籼粳交偏籼型三系杂交稻)^[8]。每个品种分别在 2019 年 11 月收自 1 个农户、2020 年 11 月收自 2 个不同农户、2021 年 11 月收自 2 个不同农户,其中宁 88 为当地某知名年糕生产企业当时所选用的原料。

主要试剂:所使用的化学试剂购自国药集团化学试剂有限公司(上海);实验用水为自制超纯水;支链淀粉含量测定试剂盒(A152-2-1),南京建成生物工程研究所(南京,江苏)。

主要仪器:紫外/可见分光光度计型号 DU800 由 Beckman Coulter(California, United States)生产,质构分析仪型号 TA.Xt plus 由 Stable Micro Systems(London, UK)生产;色差计型号 CR-400,由 Konica

Minolta(Tokyo, Japan)生产;脂肪测定仪型号 Soxtec8000,由 FOSS(Hillerød, Denmark)生产;凯氏定氮仪型号 Kjelttec8400,由 FOSS(Hillerød, Denmark)生产。

1.2 方法

1.2.1 年糕加工

年糕的制作包括以下步骤:清洗,以符合饮用标准清水清洗去灰尘和杂志颗粒;浸泡,将清洗后的稻米,以 4 倍质量的饮用水浸泡 12 h;磨粉,将浸泡后的稻米送入电动石磨机磨成米浆,石磨转速为 1 400 r/min;过滤脱水,使用厢式压滤机对米浆进行脱水,至米浆成为水分含量 35%的米粉块;散粉,使用米粉专用散粉机将米粉块打散为米粉;蒸煮,使用蒸汽蒸煮米粉 20 min;挤压,使用单螺杆挤压机将煮熟的米粉挤压过模具并切割成为年糕,经冷却定形;包装杀菌,使用真空包装机对年糕进行包装,之后以 80~85 °C 水浴巴氏灭菌 20 min。

1.2.2 直链、支链淀粉测定

直链淀粉的测定引用 GB/T 15683—2008《大米直链淀粉含量的测定》^[9]所描述的方法,并略作修改。其主要步骤:将年糕切碎后在 60 °C 下烘干,之后用粉碎机粉碎后过 80 目筛,粉样以体积分数为 85% 甲醇进行 6 h 回流脱脂,晾干后在浓度为 1.0 mol/L 的氢氧化钠溶液中水解,之后以碘试剂显色并测量其 720 nm 处吸光度,以外标定量。

支链淀粉的测定按照试剂盒说明书进行,其主要步骤:以测定直链淀粉相同的方法制备粉样,在体积分数为 80% 的乙醇中 80 °C 提取 30 min 后离心弃上清,之后用石油醚脱脂,烘干后在 90 °C 下水解 10 min。水解液加入显色剂后测定 550 nm 和 743 nm 处的吸光度,外标法定量。

1.2.3 脂肪和蛋白质的测定

脂肪测定以 1.2.2 节中所述过筛后粉末为样品,分别使用脂肪测定仪和凯氏定氮仪的内建快速方法进行测定。

1.2.4 质构测定

将年糕切割成 2 cm×2 cm×1 cm 的小块,经真空包装在沸水中水煮 10 min 后冷却至室温去包装待测。质构仪配备 TA/1S 探头,以 TPA 模式进行测定,具体参数:测试前速度为 1.0 mm/s、测试速度为 5 mm/s、

测试后速度为 5 mm/s、测试距离为 5 mm、时间为 5 s、触发力为 5.0g。

1.2.5 耐水煮性测定

将年糕切成 2 cm×2 cm×0.2 cm 的薄片 30 片。在 1 L 水煮沸状态下放入年糕片, 每隔 10 s 取一次水样, 60 s 后每隔 15 s 取一次水样, 总计 330 s。水样在波长为 600 nm 下, 测定光密度值 (OD) 衡量水的浑浊度。

1.2.6 色差测定

将年糕用解刨刀切断, 保证切口断面平滑, 在断面上以色差计读取其 *L*、*a*、*b* 值。

1.2.7 数据处理与统计分析

实验中数据处理基于 *R*^[10] 进行, 差异显著性分析由单因素方差分析 (Oneway ANOVA)–图奇事后检验 (Tukey HSD) 进行计算。基于 ggplot2 软件包进行绘图^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同原料年糕的淀粉组成特性

年糕的淀粉组成特性如表 1 所示。5 种原料的年糕其直链淀粉、蛋白质、脂肪含量在 *P*<0.01 水平下没有统计学显著差异, 而宁 84 为原料和甬优 15 为原料的年糕的支链淀粉含量则在此水平下表现出显著差异。其中宁 84 的直链–支链淀粉比值 (后文简称直–支比) 最低。比较原料的类型可见, 籼粳杂交稻作为原料, 所加工的年糕的直链淀粉含量表现出

高于常规粳稻的趋势, 而杂交稻为原料的年糕之间进行比较时, 偏粳型的直链淀粉含量呈现较高的趋势。支链淀粉含量并未表现出明显的原料种类 (粳稻与杂交稻) 间的差异, 但是宁 84 品种的含量则较其他品种的更高。对稻米来说, 粳米的质地较紧密, 淀粉中含支链淀粉较多, 米饭胀性小而黏性强; 籼稻米质较疏松, 淀粉中含直链淀粉较多, 米饭胀性大而黏性差^[12]。从结果来看, 由于淀粉在常温下不溶于水^[13], 因此大部分会以淀粉颗粒的形式在挤压过滤中被截留, 因此稻米加工成年糕后, 也基本符合这种模式。同一品种不同批次稻米加工成年糕后, 其淀粉组成特性的波动性较大, 具体表现为其直链淀粉的标准偏差已经大于品种登记信息中稻米品种间差异^[4-8]。查阅品种审定相关资料^[4-8]可发现稻米原料本身的淀粉组成特性受到产地和每年的气候, 以及种植时的水肥条件^[14]影响较大, 而年糕在加工的浸泡、挤压过程中会伴随着可溶性多糖、蛋白质等成分的流失, 并且如表 1 所示含量波动较大 (相对标准偏差大于 30%), 将会进一步放大这个差异^[15]。

2.2 不同原料年糕的质构特性

不同原料年糕的质构特性如表 2 所示。如表 2 所示, 甬优 12 和甬优 15 品种所加工的年糕, 其弹性显著高于甬优 1540; 宁 88、甬优 1540 所加工的年糕其回复性显著低于宁 84; 宁 84 和甬优 12 品种所加工的年糕, 内聚性极显著高于甬优 1540; 而甬优 1540 年糕的硬度极显著高于甬优 15 的, 并且这两者极显著高于其他品种作为原料的年糕的硬度值, 而相似的模式在黏性指标上也有体现。

表 1 不同原料年糕的直链、支链淀粉、蛋白质、脂肪含量及直链–支链比值
Tab.1 Amylose, amylopectin, protein, fat content and amylose-amylopectin ratio of rice cakes with different raw materials

原料	直链淀粉含量/ (mg·g ⁻¹)	支链淀粉含量/ (mg·g ⁻¹)	直链–支链淀粉含量比值	蛋白质含量/ (mg·g ⁻¹)	脂肪含量/ (mg·g ⁻¹)
宁 84	141.66±20.83 ^a	838.63±102.20 ^b	0.17±0.04	2.72±2.03 ^a	1.89±0.84 ^a
宁 88	169.94±16.80 ^a	775.25±39.09 ^{ab}	0.22±0.02	5.15±2.51 ^a	2.01±1.15 ^a
甬优 12	150.94±17.49 ^a	776.30±34.45 ^{ab}	0.19±0.02	3.66±2.9 ^a	1.41±0.53 ^a
甬优 15	178.97±19.17 ^a	780.26±17.50 ^a	0.23±0.03	4.7±1.28 ^a	1.34±1.23 ^a
甬优 1540	176.99±19.41 ^a	758.71±79.09 ^{ab}	0.23±0.05	3.18±2.87 ^a	1.32±0.65 ^a

注: 字母差异代表 *P*<0.01 水平差异显著性。

表 2 不同原料年糕的质构特性
Tab.2 Textural properties of rice cakes with different raw materials

品种	弹性/%	回复性/%	内聚性/%	硬度/g	黏性/(g·s)
宁 84	85.03±6.70 ^{ab}	39.90±5.10 ^b	73.72±13.14 ^a	1.55±0.31 ^b	-14.13±1.01 ^{ab}
宁 88	87.60±11.46 ^{ab}	31.18±1.99 ^a	70.08±8.72 ^{ab}	1.78±0.21 ^{ab}	-17.61±2.99 ^{ab}
甬优 12	97.73±15.41 ^a	37.51±5.50 ^{ab}	73.47±8.04 ^a	1.51±0.24 ^b	-20.55±3.78 ^b
甬优 15	93.01±13.31 ^a	38.28±6.32 ^{ab}	60.42±9.14 ^{ab}	2.10±0.34 ^a	-11.29±2.73 ^a
甬优 1540	75.20±7.34 ^b	31.74±6.09 ^a	59.05±6.92 ^b	2.62±0.22 ^c	-41.27±8.54 ^c

注: 字母差异代表 *P*<0.01 水平差异显著性。

年糕的淀粉组成特性和各个质构特性的相关性分析如表3所示。如表3所示,对于内聚性,直链淀粉含量与直-支比表现出较强的负相关性,其中内聚性与直链淀粉含量差异显著(显著水平 $P<0.5$),与直-支比在 $P<0.1$ 下差异显著。对于硬度,直链淀粉含量与直-支比表现出较强的正相关性,其中硬度与直链淀粉在 $P<0.1$ 水平下显著。此外支链淀粉含量与其回复性有着一定的正相关性($P<0.71$)。

表3 年糕淀粉组成和质构特性的相关性分析

Tab.3 Correlation analysis of starch composition and textural properties of rice cake

淀粉种类	弹性	回复性	内聚性	硬度	黏性
直链淀粉	-0.27	-0.59	-0.89**	0.81*	-0.33
支链淀粉	0.07	0.71	0.59	-0.60	0.56
直链-支链淀粉含量比值	-0.25	-0.66	-0.86*	0.80	-0.42

注: *、**、***分别代表 $P<0.1$ 、 $P<0.5$ 、 $P<0.01$ 水平差异显著性。

TPA 质构测试,即质构曲线解析法,能够从 TPA 质构曲线中提供与人的感官评价相关的质构特性参数。其中弹性是用第2次压缩中所检测到的样品恢复高度和第1次的压缩变形量之比来表示,其代表的是年糕在模拟咀嚼过程中第1次被牙齿压缩后能够再恢复的程度^[16],与弹牙感有着关联性^[17]。从结果可见,甬优1540作为原料年糕的弹性相较于同样是籼粳杂交稻制成的甬优12和甬优15显著更低。从相关性分析结果来看,年糕的淀粉组成特性与弹性之间几乎没有相关性,因此弹性质构可能与年糕中残存的蛋白质等因素有关^[18]。虽然表1中的蛋白质含量并未显示出显著差异,但是需要考虑蛋白质的具体性质,如亲水性、相对分子质量等对年糕的凝胶性质造成的影响。回复性表示样品在第1次压缩过程中回弹的能力,是第1次压缩和返回时作用于探头的功(探头行程对力的积分)的比值^[16]。在年糕上,低回复率表现为口感更“糊”^[17]。从质构特性和相关性分析结果来看,以宁84等高支链淀粉含量的粳、籼米品种作为原料,能够显著提升年糕的回复性,使年糕的口感更加紧致细腻,减少“糊口”感。内聚性表示年糕经过第1次压缩变形后所表现出来的第2次压缩的相对抵抗能力,表现为2次压缩所做正功之比^[16]。高内聚性是年糕独特口感的一个显著特征,其与咀嚼行为中感受到的食物口感高度相关,同时也会影响咀嚼行为本身^[17,19]。内聚性的本质是食物的内部结构在抵抗咀嚼过程中,发生崩溃的难易度^[19],在年糕中的表现为内聚性越强,其嚼劲也越强。从结果看,内聚性数值与直链淀粉含量、淀粉直-支比有着较强的负相关,而宁84表现出最强的内聚性,次之是粳米原料宁88和非偏籼杂交稻甬优12。粳米原料带来的高内聚性

即更好的嚼劲,这可能是传统年糕加工倾向于选用粳米作为原料^[1]的重要原因。硬度是通过计算自探头第1次压缩年糕时受力的峰值^[16]所得,蒸煮后的年糕由于年糕具有糯性,通常其受力峰值发生在最大变形处,被测试的所有样品均遵循这个特点,并且在峰值之前无受力峰出现,即未测得脆度信息,说明所选原料加工的年糕均未出现压缩破裂。根据结果可见,以偏籼的杂交水稻作为原料,年糕硬度值更高,并且相关性分析表明硬度与直链淀粉含量和直-支比呈正相关,这与稻米食味与淀粉组成的规律相一致^[20]。黏性代表探头在上升过程中克服年糕黏着而做的功^[16],黏性质构非常直观地反映了年糕的黏牙程度^[17],低黏性的年糕能够带来更多爽口顺滑的口感,从结果来看,甬优15作为原料的表现最佳。

综合各质构特性可见,宁84品种在各个方面的表现都比较理想,质构特性没有明显的短板,且回复性、内聚性和硬度指标在所测样品中最为优秀,代表着口感软糯而富有嚼劲,其品质优于现用于生产的宁88品种。

2.3 不同原料年糕的耐水煮性

如图1所示,随着水煮的过程,水的浑浊度(以 OD_{600} 值表征)逐渐增加。在所选样品中,甬优1540作为原料的年糕其水煮过程中汤变糊的程度最低,说明此品种加工的年糕更耐煮糊,在沸水中年糕结构更不容易崩溃。从烹调实用性考虑,即烹调时火候的掌握要求,以偏籼型杂交水稻甬优1540作为年糕原料有着一定的优势,并且大幅优于宁88作为年糕原料。

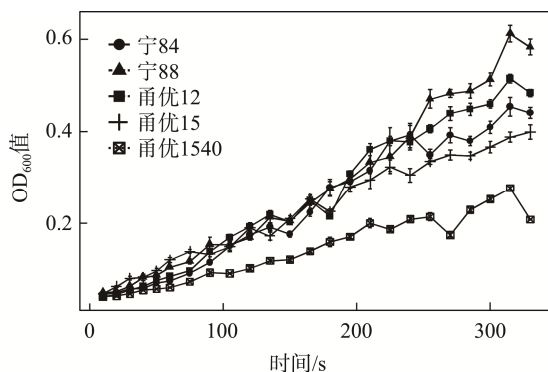


图1 不同原料年糕水煮过程的浑浊度曲线

Fig.1 Turbidity curves for boiling process of rice cakes with different raw materials

2.4 不同原料年糕的色差特性

各不同品种稻米加工成年糕后,其色差属性如表4所示。由表4可知,甬优15、甬优1540所加工的年糕的 L 值更高,相较于宁84的有极显著水平。各个样品的 a 值没有统计学差异。宁84和宁88作为原料的年糕较于其他样品作为原料的年糕的 b 值更高,

并且表现出极显著差异。 L 值即明度, 可以表征年糕颜色的白亮程度。从结果可见, 甬优 15 和甬优 1540 这 2 种偏粳杂交稻的明度更高, 年糕更加白亮。色度 b 值表示黄蓝, 值越大表示越偏黄, 越小表示越偏蓝。从数据可知, 宁 84 和宁 88 这 2 种粳米所制成的年糕在色泽上更加偏黄。市场上对于纯米原料的年糕, 更偏爱颜色白亮的产品^[21], 甚至有为年糕研发增白护色剂的研究^[22]。使年糕成品的色泽更受消费者喜爱, 是加工原料选择的重要考虑因素。在加工原料品种的选择上解决了年糕色泽问题, 从而避免增白剂的使用, 能够有效降低年糕产品的食品安全风险。

表 4 不同原料年糕的色差
Tab.4 Chromatic aberration of rice cakes with different ingredients

品种	L	a	b
宁 84	53.04±3.02 ^b	-1.03±1.01 ^a	4.07±0.58 ^a
宁 88	58.53±2.68 ^{ab}	-1.62±1.3 ^a	3.42±0.67 ^a
甬优 12	56.91±3.15 ^{ab}	-1.68±0.97 ^a	1.85±0.48 ^b
甬优 15	59.1±3.02 ^a	-2.14±1.3 ^a	1.72±0.55 ^b
甬优 1540	59.63±3.68 ^a	-0.95±1.25 ^a	2.41±0.57 ^b

注: 字母差异代表 $P<0.01$ 水平差异显著性; 色度 a 表示红绿, +表示偏红, -表示偏绿; b 表示黄蓝, +表示偏黄, -表示偏蓝。

3 结语

本研究对 5 种不同品种稻米原料所制作的年糕进行了淀粉组成、质构、耐水煮性和色差进行了测试, 初探了稻米原料品种的不同对年糕口感和外观品质的影响模式。通过相关性分析发现年糕中直链淀粉含量和直-支比与年糕硬度和内聚性分别有着正相关和负相关性。对候选的稻米原料作为年糕原料的适用性进行了初步评价。结果显示宁 84 品种制作的年糕在口感上软糯有嚼劲, 各项指标较为均衡, 但是其耐水煮性并不突出, 对食用前的烹调要求更高, 其年糕成品在色泽上偏暗偏黄; 甬优 1540 品种则具有优秀的耐水煮性和较佳的色泽。由此可见, 各个稻米品种作为年糕原料存在着优缺点, 这一方面意味着选育年糕专用稻米品种存在必要性, 另一方面也表明了年糕产品需要根据目标市场和消费者喜好侧重进行原料选择和后续研发。

参考文献:

[1] 孙志栋, 陈国, 潘巨忠, 等. 茶年糕加工技术初步研究及茶叶功能成分分析[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(3): 127-128.
SUN Zhi-dong, CHEN Guo, PAN Ju-zhong, et al. Pre-

liminary Study on Tea-Rice Cake Processing Technique and Analysis on Function Ingredient of Tea[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2007, 13(3): 127-128.

[2] 黄幸福, 孙柳青, 支文杰, 等. 优质食味梗稻新品种引进比较试验[J]. 现代农业科技, 2020(7): 42-43.
HUANG Xing-fu, SUN Liu-qing, ZHI Wen-jie, et al. Comparative Test of Introduced New Varieties of Japonica Rice with Good Taste Quality[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2020(7): 42-43.

[3] 卢毅, 路兴花, 张青峰, 等. 稻米直链淀粉与米饭物性及食味品质的关联特征研究[J]. 食品科技, 2018, 43(10): 219-223.
LU Yi, LU Xing-hua, ZHANG Qing-feng, et al. Correlation of Rice Amylose with Physical Properties and Taste Quality of Rice[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(10): 219-223.

[4] 中国水稻研究所科技信息中心. 宁 84(宁 10-84) [M]. 浙江: 国家水稻数据中心, 2015.
Rice Science and Technology Information Center of China National Rice Research Institute. Ning84 (Ning 10-84) [M]. Zhejiang; China Rice Data Center. 2015.

[5] 中国水稻研究所科技信息中心. 宁 88(宁 03-88) [M]. 浙江: 国家水稻数据中心, 2008.
Rice Science and Technology Information Center of China National Rice Research Institute. Ning88 (Ning 03-88) [M]. Zhejiang; China Rice Data Center. 2008.

[6] 中国水稻研究所科技信息中心. 甬优 12 号(05-G364) [M]. 浙江: 国家水稻数据中心. 2014.
Rice Science and Technology Information Center of China National Rice Research Institute. Yong You 12 (05-G364) [M]. Zhejiang; China Rice Data Center, 2014.

[7] 中国水稻研究所科技信息中心. 甬优 15 号(06G370) [M]. 浙江: 国家水稻数据中心. 2013.
Rice Science and Technology Information Center of China National Rice Research Institute. Yong You 15 (06G370) [M]. Zhejiang; China Rice Data Center, 2013.

[8] 中国水稻研究所科技信息中心. 甬优 1540 [M]. 浙江: 国家水稻数据中心, 2021.
Rice Science and Technology Information Center of China National Rice Research Institute. Yong You 1540 [M]. Zhejiang; China Rice Data Center, 2021.

[9] 国家质量监督检验检疫总局. 大米 直链淀粉含量的测定 [M]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Rice-Determination of Amylose Content [M]. Beijing:

- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2008.
- [10] TEAM R C. Foundation for Statistical Computing[M]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013.
- [11] WICKHAM H. Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis[M]. New York: Springer, 2009.
- [12] 睢平勤, 张心玲. 粳米 籼米 糯米有啥不同[J]. 河南农业, 2002, 2(2): 35.
- HUI Ping-qin, ZHANG Xin-ling. What is the Difference Between Japonica Rice, Indica Rice and Glutinous Rice[J]. Henan Agriculture, 2002, 2(2): 35.
- [13] CROCHET P, BEAUXIS-LAGRAVE T, NOEL T R, et al. Starch Crystal Solubility and Starch Granule Gelatinisation[J]. Carbohydrate Research, 2005, 340(1): 107-113.
- [14] ZHOU Tian-yang, ZHOU Qun, LI En-peng, et al. Effects of Nitrogen Fertilizer on Structure and Physicochemical Properties of 'Super' Rice Starch[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 239: 116237.
- [15] FABIAN C, JU Y H. A Review on Rice Bran Protein: Its Properties and Extraction Methods[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2011, 51(9): 816-827.
- [16] NISHINARI K, KOHYAMA K, KUMAGAI H, et al. Parameters of Texture Profile Analysis[J]. Food Science and Technology Research, 2013, 19(3): 519-521.
- [17] WEE M S M, GOH A T, STIEGER M, et al. Correlation of Instrumental Texture Properties from Textural Profile Analysis (TPA) with Eating Behaviours and Macronutrient Composition for a Wide Range of Solid Foods[J]. Food & Function, 2018, 9(10): 5301-5312.
- [18] 陆丹丹, 叶苗, 张祖建. 稻米蛋白质及其组分研究概况及其对稻米品质的影响[J]. 作物杂志, 2022, 38(2): 28-34.
- LU Dan-dan, YE Miao, ZHANG Zu-jian. Research Progress on Rice Protein and Its Components and Their Effects on Rice Quality[J]. Crops, 2022, 38(2): 28-34.
- [19] ROSENTHAL A J, THOMPSON P. What is Cohesiveness? -a Linguistic Exploration of the Food Texture Testing Literature[J]. Journal of Texture Studies, 2021, 52(3): 294-302.
- [20] LI H, GILBERT R G. Starch Molecular Structure: The Basis for an Improved Understanding of Cooked Rice Texture[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 1959: 17.
- [21] 张希, 何逸波, 杜鹃, 等. 真空包装年糕保鲜剂研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2013, 39(2): 209-214.
- ZHANG Xi, HE Yi-bo, DU Juan, et al. Study on Preservatives of Vacuum-Packed Chinese New Year Rice Cake[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), 2013, 39(2): 209-214.
- [22] 孟天宇. 缓释型二氧化氯食品保鲜剂的研发与应用研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2020.
- MENG Tian-yu. Development and Application of Slow-Release Chlorine Dioxide Food Preservative[D]. Ningbo: Ningbo University, 2020.

责任编辑: 曾钰婵