

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.05.013

罗霜霜, 张星灿, 杨健, 等. 高抗性淀粉大米对方便米饭品质及 GI 值的影响研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(5): 99-106.

LUO S S, ZHANG X C, YANG J, et al. Research on the effects of high-resistant starch rice to the quality and GI of instant rice products[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(5): 99-106.

高抗性淀粉大米对方便米饭品质及 GI 值的影响研究

罗霜霜¹, 张星灿^{1,2}✉, 杨健¹, 周泽林^{1,2}, 刘建¹(1. 四川东方主食产业技术研究院, 四川 成都 611130;
2. 四川省食品发酵工业研究设计院, 四川 成都 611130)

摘要: 以高 RS 大米和市场普通大米为原料, 研究不同添加量的高 RS 大米对方便米饭质构特性、感官评分、GI 值的影响。通过质构特征分析和差示扫描量热仪测定在不同贮存时下, 不同添加量的高 RS 大米对方便米饭淀粉抗回生效果的影响。结果显示, 高 RS 大米添加量的增加, 提高了方便米饭硬度、粘性和咀嚼性, 增加了方便米饭的直链淀粉和抗性淀粉含量, 同时降低了方便米饭的感官评分和 GI 值。此外, 随着贮存时间的增加, 高 RS 大米的添加量越高, 方便米饭的硬度、相对结晶度、回生焓也越高。为方便米饭产品开发与大米精深加工提供依据。

关键词: 方便米饭; 高抗性淀粉; 低血糖生成指数; 抗老化

中图分类号: TS201.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2021)05-0099-08

Research on the Effects of High-resistant Starch Rice to the Quality and GI of Instant Rice Products

LUO Shuang-shuang¹, ZHANG Xing-can^{1,2}✉, YANG Jian¹, ZHOU Ze-lin^{1,2}, LIU Jian¹(1. Sichuan Oriental Staple Food Industry Technology Research Institute, Chengdu, Sichuan 611130, China;
2. Sichuan Food and Fermentation Industry Research & Design Institute, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract: The study takes the high RS (resistant starch) rice and common rice as raw materials to produce instant rice products, so as to study the effects of high RS rice content in instant rice products on their texture features, flavor scores and GI. By analyzing the texture features and differential scanning calorimeter of instant rice products, the effects of high RS rice content in instant rice products on returning raw with different storage time are also studied. The results show higher proportion of high RS rice in products increase the hardness, viscosity, chewiness of instant rice products, as well as the amylose and resistant starch. However, the flavor evaluation and GI decreases. In addition, as the storage time increases, the higher the amount of high-RS rice added, the higher the hardness, relative crystallinity, and enthalpy of recovery of the instant rice products. This paper hopes to provide theoretical support for the development of instant rice

收稿日期: 2021-02-03

基金项目: 四川省重点研发项目(2019YFN0171)

Supported by: The Key Research and Development Projects of Sichuan Province (No.2019YFN0171)

作者简介: 罗霜霜, 女, 1993 年出生, 硕士, 工程师, 研究方向为粮油加工技术。E-mail: 2438487027@qq.com.

通讯作者: 张星灿, 男, 1990 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为食品加工及设计。E-mail: 772892913@qq.com.

products and deep processing of rice.

Key words: instant rice products; highly resistant starch rice; hypoglycemia index; anti-aging

随着现代社会生活节奏的加快和消费者生活水平的提高,方便米饭以方便营养、适口性广泛、符合大部分中国人饮食习惯而深受消费者的喜爱。调查显示,2019 我国方便米饭市场零售规模为 7.92 亿元,按照 2019 年方便米饭市场规模的同比增长率 18.93%,2020 年中国方便米饭的市场规模预计可达 9.42 亿元,可见中国方便米饭市场容量巨大^[1]。

在消费者生活方式变化的同时,我国糖尿病的患病人也急剧增加,2019 年我国糖尿病患者人数高达 1.16 亿,位居全球第一,糖尿病已成为危害现代人类健康的一大杀手^[2]。研究表明,饮食干预是防治糖尿病的一种可行有效的手段,糖尿病患者食用低血糖生成指数(GI)食物可有效控制餐后血糖,辅助糖尿病患者管控病情^[3]。GI 是描述食物生理学参数的指标,反映了不同食物能够引起人体血糖升高的能力^[4]。GI 值小于 55 的食品为低 GI 食品,GI 值大于 70 则为高 GI 食品,GI 值位于两者之间的食品则为中 GI 食品。低 GI 食物可以缓慢吸收、持续释放能量,有助于维持血糖稳态,预防糖尿病^[4]。然而,市面常见方便米饭的 GI 值高达 83,不适宜 II 型糖尿病人群长期食用^[5]。

研究表明,抗性淀粉含量高的食物有着较低的血糖生成指数^[6]。抗性淀粉(RS)是指在人体小肠中不能被消化,但可在结肠中被微生物菌群发酵分解的淀粉,具有稳定餐后血糖、控制糖尿病、降低血液胆固醇含量、减少肥胖和结石的发病率等生理功能^[7-12]。已有试验证实高 RS 大米为低 GI 食物,与普通大米相比较,具有低升糖、高饱腹、缓消化的特点,能较好地平稳 II 型糖尿病患者的餐后血糖和血脂水平,适合糖尿病患者长期食用^[13]。中国超过三分之二的人口以大米为主食,而米饭中 RS 含量很低,一般不超过 2.1%^[14]。

目前,国内外对方便米饭的研究主要集中在生产工艺和品质改良等方面^[15-19],但关于方便米饭降低血糖生成指数的研究处于空白,同时方便

米饭还存在感官品质欠佳、货架期易回生等问题,使得方便米饭与现有市场上的主流方便食品相比竞争力较弱,造成方便米饭市场发展滞缓。此外,高 RS 大米精深加工食品的研发已成为食品领域的新热点,国内高 RS 大米加工食品已有速食粥、饼干、馒头等多种主食产品^[20-21],但利用高 RS 大米加工方便米饭相关研究还未见报道。基于此,利用高 RS 大米对方便米饭品质及 GI 值的影响进行研究。

本试验以高 RS 大米和市场普通大米为原料,研究不同添加量的高 RS 大米对方便米饭质构特性、感官评分、GI 值的影响。通过质构特征分析和差示扫描量热仪,以米饭硬度、相对结晶、回生焓为指标,研究不同添加量的高 RS 大米对不同贮存时间下的方便米饭老化回生状况的影响。本试验为低 GI 方便米饭产品开发与大米精深加工提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

高 RS 大米(粳米):成都天健君农业科技有限公司;秋溢大米(粳米):黑龙江江秋然米业有限公司。

1.2 仪器与设备

PP 米饭托盒和高阻隔盖膜:青岛日之容塑料制品有限公司;反压高温蒸煮锅:博远涂装设备有限公司;方便米饭充填封口机:温州齐力机械有限公司;电子天平:福州华志科学仪器有限公司;质构仪:上海腾拔仪器科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 加工工艺

原料大米→清洗→浸泡→定量充填→封口→高温高压杀菌→冷却→成品

在前期研究的基础上^[22],方便米饭具体制作工艺如下所示:将高 RS 大米和普通大米分别用流动水反复冲洗,在水中浸泡大米 60 min 后,放入两级筛去除多余的流动水。将高 RS 大米与普

通大米按试验设计的质量比混合,按照米水比 1 : 0.9 (即大米原料和饮用水质量比),将原料放入 PP 米饭托盒拌匀分装,封口机封口。再将密封好的米饭样品置于反压高温蒸煮锅,进行高温高压灭菌后取出,擦干产品盒外表面水分,组合包装形成方便米饭成品,储藏于常温条件下。

1.3.2 原料大米特性指标分析

水分含量按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》测定:直接干燥法;

脂肪含量按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》测定:索氏抽提法;

灰分含量测定按照 GB/T 5009.4—2016《食品中灰分的测定》测定;

蛋白质含量按照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》测定:凯氏定氮法;

淀粉含量按照 GB/T 5009.9—2016《食品安全国家标准食品中淀粉的测定》:酸水解法;

直链淀粉含量按照 GB/T 15683—2008《大米直链淀粉含量的测定》测定;

抗性淀粉含量按照 NY/T 2638—2014《稻米及制品中抗性淀粉的测定》测定;

本试验原料大米特性指标分析均以干基计。

1.3.3 方便米饭的质构分析

在黄思雨等方法进行改进^[23],随机选择三颗蒸煮后不同储存的时间(0、1、7、14 d 及 7、14 d 加热后)下完整饱满的饭粒,以放射线状平放于质构仪载物台上,采用 TPA 模式。质构仪参数的设定:P/36R 探头,测前速率 5 mm/s,测定速率 0.5 mm/s,测后速率 5 mm/s,触发力 5 g,2 次压缩间隔时间 5 s,压缩程度 50%。每次取三粒米饭,平行测试 5 次,去掉最大值和最小值,取平均值作为结果^[24]。

1.3.4 方便米饭的感官评分方法

评定标准依据夏青等研究得出的感官评分标准进行修改后对米饭进行赋分^[25]。将方便米饭样品用加热包加热 8 min,随机选取 10 名专业人员对样品的色泽、气味、外观结构、粘性、弹性、硬度、滋味和分层 7 个指标进行综合评分^[19],具体评分规则如表 1 所示。

1.3.5 方便米饭的相对结晶度测定

在不同储存时间下分别取出一定量的方便米

表 1 鲜湿方便米饭感官评分标准

Table 1 Flavor evaluation criteria for fresh and wet instant rice

指标	评分标准	分数
色泽	色泽偏亮,有光泽	10~15
	(15) 色泽不均匀,无光泽	5~9
	色泽偏暗,光泽较差	0~4
气味	米饭具有天然香气	10~15
	(15) 米饭无香味也无异味	5~9
	米饭有异味	0~4
形态	饭粒完整,结构紧密	10~15
	(15) 大部分饭粒结构完整	5~9
	饭粒不完整,出现爆花	0~4
粘性	有粘性,不粘牙	10~15
	(15) 有粘性,基本不粘牙	5~9
	粘性过大或无粘性	0~4
弹性	弹性好,有嚼劲	10~15
	(15) 弹性较好,较有嚼劲	5~9
	米饭疏松、发硬,弹性差	0~4
软硬度	软硬适中,不软烂,不过硬	10~15
	(15) 较软或较硬	5~9
	太软或太硬	0~4
滋味	咀嚼时,有较浓郁的清香和甜味	5~10
	(10) 咀嚼时,有淡淡的清香和甜味	0~4

饭,按 1 : 3 比例加入无水乙醇,浸泡 12 h 后,在恒温鼓风干燥箱中 37 °C 干燥 12 h,粉碎 100 目筛。测定前在具有一定湿度的干燥器中平衡过夜。取适量样品放入带凹槽的玻璃片中,测试时电压为 40 kV,靶型为 Cu/K α ,放射波长为 0.154 nm,扫描范围为 5~40 °(2 θ),扫描速率约为 3 °/min^[23]。

1.3.6 方便米饭的回生焓测定

米饭样品制备同 1.3.6,用标准钢对仪器进行校正,在不同储存时间下称取米饭样品 10 mg 放入液体坩埚,以 10 °C/min 的速度从 30 °C 加热到 100 °C 保温 5 min,以空坩埚作参比,载气为氮气,流速 10 mL/min。记录淀粉晶体熔化热流变化,并根据峰面积计算回生焓值^[19]。平行测试 5 次,去掉最大值和最小值,取平均值作为结果。

1.3.7 方便米饭的 GI 值测定

受试者为健康成年人,平均年龄在(25.67±5.21)岁,男女各半,非孕妇及乳母,共计 14 人;体质指数(body mass index; BMI)在正常范围内(20.83±1.98)kg/m;无糖尿病史(或糖耐量受损),无其他代谢性疾病、消化系统疾病、内分泌系统

疾病及相关家族史；所有研究对象年龄、性别、BMI 差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$ ）。受试者在试验前均签署知情同意书^[26]。

方法：GI 测定按照 WS/T 652—2019《食物血糖生成指数测定方法》：Wolever 法。

1.4 数据分析

采用 SPSS 13.0 和 Origin Pro 9.0 软件进行相关数据分析及统计。以上每组试验均独立重复三次。

2 结果与分析

2.1 原料大米的特性指标分析

原料大米品种的理化指标不同，方便米饭的品质也随之不同。大米含水量过高容易变质，大米水分含量应该控制在 14.00% 以下。大米中脂肪

含量范围在 0.33%~0.80% 之间，在大米成分中占比较少，对米饭的光泽、滋味和口感等有一定程度的影响^[23]。一般来说，大米蛋白质含量高于 9.00%，蒸煮时吸水率高，体积膨胀率大，米饭口感较硬^[27-28]。大米中的 RS 含量很低，米饭中 RS 含量范围在 1.0%~2.10%。本试验所用原料大米的特征指标分析由表 2 所示，普通大米和高 RS 大米含水量低于 14.00%，分别为 12.65% 和 11.12%。两种原料大米的脂肪含量、蛋白质含量差别不显著。高 RS 大米的直链淀粉和抗性淀粉显著高于普通大米，高 RS 大米的直链淀粉含量为 28.12%，是普通大米直链淀粉含量的 1.76 倍，抗性淀粉含量高达 7.12%，是普通大米抗性淀粉含量的 6.19 倍。

表 2 原料大米的特性指标分析
 Table 2 Analysis of physical and chemical indicators of rice

大米品种	含水量	脂肪	灰分	蛋白质	总淀粉	直链淀粉	RS
普通大米	12.65±0.24	0.51±0.09	0.57±0.03	8.64±0.12	89.21±0.23	15.98±0.21	0.54±0.14
高 RS 大米	11.12±0.16	0.53±0.04	0.61±0.01	8.76±0.08	89.35±0.33	28.12±0.12	7.12±0.08

2.2 高 RS 大米对原料特征指标的影响

不同高 RS 大米添加量对方便米饭原料特征指标的影响如表 3 所示。高 RS 大米对米饭中脂肪和蛋白质的含量影响不显著，对总淀粉、直链淀粉和抗性淀粉含量的影响显著。随着高 RS 大

米含量的增加，方便米饭的抗性淀粉和直链淀粉的含量也相应增加，总淀粉的含量相应减少。此外，对比表 2 和表 3 发现，蒸熟后高 RS 米饭的抗性淀粉和直链淀粉（26.73% 和 7.12%）比高 RS 大米（29.77% 和 7.87%）有所增加。

表 3 高 RS 大米添加量对鲜湿方便米饭理化指标的影响
 Table 3 Effects of high RS rice on the physical and chemical indexes of fresh and wet instant rice

高 RS 大米	脂肪	蛋白质	灰分	总淀粉	直链淀粉	RS
0	0.51±0.09a	8.64±0.12a	0.57±0.03a	89.21±0.23a	15.98±0.21a	0.54±0.14a
20	0.43±0.02a	8.43±0.13b	0.58±0.02a	90.13±0.21ab	19.45±0.19a	2.71±0.12b
40	0.44±0.04a	8.45±0.11c	0.55±0.01a	90.21±0.19abc	23.14±0.26b	4.01±0.06bc
60	0.46±0.03a	8.54±0.14d	0.57±0.02a	89.45±0.25bc	25.76±0.23b	5.37±0.11c
80	0.47±0.07a	8.62±0.09e	0.59±0.02a	89.46±0.31c	28.48±0.37b	6.48±0.04d
100	0.53±0.04a	8.76±0.08e	0.61±0.01a	89.35±0.33d	28.12±0.12b	7.12±0.08d

注：同一列中标有不同字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ），相同字母表示差异不显著（ $P > 0.05$ ）。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$), and the same letters indicate insignificant differences ($P > 0.05$).

2.3 高 RS 大米对方便米饭品质和 GI 值的影响

不同添加比例的高 RS 大米对方便米饭质构、感官评分与 GI 值的影响分别如表 4 和表 5 所示，随着高 RS 大米添加量的增加，方便米饭的硬度和咀嚼性呈现显著变化，弹性和回复性变化不显

著。当方便米饭中高 RS 大米添加量为 100% 时，对比高 RS 大米添加量 0%，方便米饭硬度增加了 1.49 倍，咀嚼性增加了 82.74%。随着高 RS 大米增加，方便米饭感官评分和 GI 值随之降低。可能由于原料中 RS 与直链淀粉含量影响了方便米饭

表 4 高 RS 大米添加量对方便米饭质构的影响

Table 4 Effects of high RS rice addition on the texture of instant rice

高 RS 大米/%	质构分析				
	硬度/g	粘性/(g/s)	弹性	咀嚼性	回复性
0	325.09±46.94a	4.63±0.45a	0.59±0.04a	176.43±10.33a	0.64±0.09a
20	447.19±42.14b	3.46±0.62ab	0.66±0.01a	214.83±17.11b	0.59±0.12a
40	549.52±37.41c	3.29±0.96abc	0.66±0.02b	237.81±14.37bc	0.61±0.13a
60	665.72±67.11d	4.23±0.41bc	0.58±0.02b	246.59±18.31d	0.55±0.07a
80	775.09±74.32e	4.48±0.28d	0.66±0.01b	343.17±15.74e	0.56±0.19a
100	808.53±56.25e	6.51±0.68e	0.64±0.01b	322.41±14.14e	0.53±0.17a

注：同一列中标有不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)，相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$), and the same letters indicate insignificant differences ($P>0.05$).

表 5 高 RS 大米对方便米饭感官评分与 GI 值的影响

Table 5 Effect of high RS rice on the flavor score and gi value of instant rice

高 RS 大米/%	葡萄糖	0	20	40	60	80	100
GI 值	100.00	89.91±1.21a	84.72±0.98b	81.24±1.37c	75.43±1.42d	68.95±1.23e	63.41±1.57f
感官评分/分	-	93.41±1.51a	91.23±1.33b	88.54±2.01b	87.61±1.83bc	86.78±1.65cd	82.32±1.53d

注：同一列中标有不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)，相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$), and the same letters indicate insignificant differences ($P>0.05$).

的 GI 值和感官评分。RS 与膳食纤维发挥类似的生理功效，不能被健康人体小肠所消化吸收^[29]。因此方便米饭中直链淀粉与 RS 含量越高，淀粉的消化速度越缓慢，餐后血糖和胰岛素浓度越低，方便米饭的 GI 值也就越低，这与本研究的结论基本相符。

2.4 高 RS 大米对方便米饭抗老化效果的影响

2.4.1 高 RS 大米对方便米饭硬度的影响

米饭贮藏过程中容易老化发生变硬现象，影响米饭的食味品质。高 RS 方便米饭在贮藏 0、1、7、14 d、7 d-加热后、14 d-加热后的硬度变化，如表 5 和图 1 所示。随着贮藏时间的增加，方便米饭的硬度逐渐增加，高 RS 大米添加量越多，米饭的硬度越快。贮藏 14 d 后，随着高 RS 大米添加量的增多，方便米饭样品硬度的平缓增加，硬度分别增加了 19.38%、23.00%、31.00%，当高 RS 大米添加量大于 60% 时，硬度增速越来越快，硬度分别增加了 56.79%、81.26%。对贮藏 7 d-加热后、14 d-加热后的方便米饭复热，对比相同贮藏时间（7 d、14 d）未加热的方便米饭，其硬度降低。

2.4.2 高 RS 大米对方便米饭相对结晶度的影响

在贮藏过程中，米饭发生回生现象，即淀粉

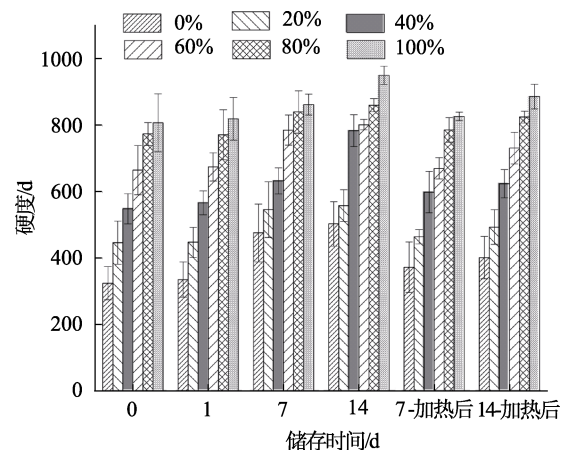


图 1 高 RS 方便米饭在贮藏过程中的硬度变化

Fig.1 Hardness change of high RS instant rice during storage

分子相互聚集不断形成结晶体。在贮藏期间，不同品种的大米回生程度不同，相对结晶度不同。不同高 RS 大米添加量的方便米饭在贮藏 0、1、7 和 14 d 后的相对结晶度，如图 2 所示。贮存时间为 0 d 时，方便米饭结晶度（高 RS 大米添加量为 100%）>方便米饭结晶度（高 RS 大米添加量为 80%）>方便米饭结晶度（高 RS 大米添加量为 60%）>方便米饭结晶度（高 RS 大米添加量为 40%）>方便米饭结晶度（高 RS 大米添加量为 20%）>方便米饭结晶度（高 RS 大米添加量为 0%）。随着贮存时间的增加，方便米饭的结晶度

有所增加。方便米饭贮存 7 d 后, 高 RS 大米添加量越多, 方便米饭的结晶度越高。未加高 RS 大米的方便米饭的结晶度增速低于其它加入高 RS 大米的方便米饭增速。贮存 14 d 后, 高 RS 大米添加量为 100% 的方便米饭结晶度增速最快, 结晶度最高。

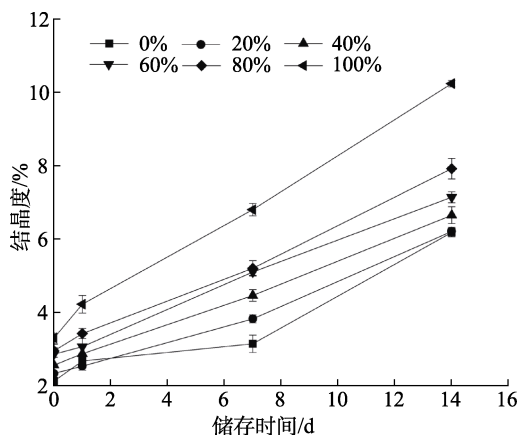


图 2 高 RS 方便米饭在贮藏过程中的结晶度变化
Fig.2 Crystallinity change of high RS instant rice during storage

2.4.3 高 RS 大米对方便米饭回生焓的影响

试验研究了在 0、1、7、14 d 不同的储存天数下, 高 RS 大米添加量 (0%、20%、40%、60%、80%、100%) 对方便米饭回生焓的影响, 如图 3 所示。在新鲜米饭中未测出回生焓。贮藏 1 d 后, 不同高 RS 大米添加量的方便米饭的回生焓没有明显差异。随着储存天数的增加, 不同高 RS 大米添加量的方便米饭的回生焓表现出一致的高回生焓。在同样贮存条件下, 高 RS 大米添加量越高的方便米饭的回生焓相应越高。

结合米饭硬度、相对结晶度和回生焓三方面

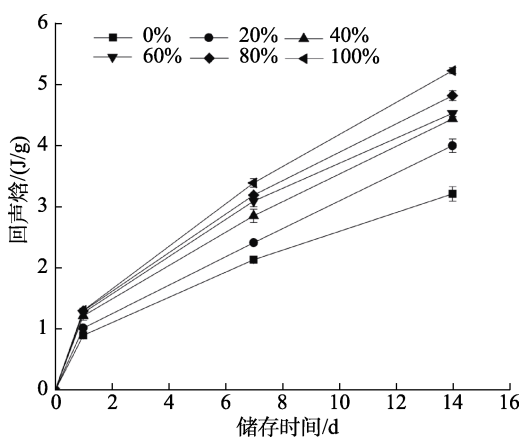


图 3 高 RS 方便米饭在贮藏过程中的回生焓变化
Fig.3 The retrogradation enthalpy change of high RS instant rice during storage

的分析来看, 不同添加量的高 RS 大米在贮藏过程中对方便米饭老化程度具有明显的影响, 高 RS 大米添加量越高, 方便米饭在贮藏过程中的硬度和老化程度越高。


3 结论

本试验以高 RS 大米和市场普通大米为原料, 研究不同添加量的高 RS 大米对方便米饭质构特性、感官评分、GI 值的影响。通过质构特征分析和差示扫描量热仪测定在不同贮存时间 0、1、7、14 d 下, 不同添加量的高 RS 大米对方便米饭淀粉抗回生效果的影响。结果显示, 高 RS 的添加提高了方便米饭硬度和粘性, 降低了方便米饭的感官评分值, 说明高 RS 大米中直链淀粉含量高影响方便米饭的品质。高 RS 大米的添加, 方便米饭的直链淀粉和抗性淀粉含量增加, 表明高 RS 大米直链淀粉高导致淀粉分子链之间的氢键作用增强, 米饭容易老化回生, 口感变硬。随着高 RS 大米的添加, 提高了方便米饭中 RS 的含量, 从而降低产品的 GI 值, 说明米饭中 RS 含量高能降低其 GI 值。随着贮存时间的增加, 高 RS 大米的添加量增加, 方便米饭的, 硬度、相对结晶度、回生焓相应增加。

参考文献:

- [1] 吕呈蔚, 岳玉兰, 王政, 等. 糙米营养价值及加工技术研究进展[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(6): 140-144.
LV C W, YUE Y L, WANG Z, et al. Research progress in the nutritional value and processing technology of brown rice[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(6): 140-144.
- [2] 黎建良, 张国慧, 陈晓婷, 等. 糖尿病患者血糖控制现状及其影响因素分析[J]. 中国医学创新, 2020, 17(32): 70-74.
LI J L, ZHANG G H, CHEN X T, et al. Analysis of the current status of blood glucose control in diabetic patients and its influencing factors[J]. Chinese Medical Innovation, 2020, 17(32): 70-74.
- [3] 朱小花. 香蕉粉对 II 型糖尿病胰岛素抵抗的改善作用及其机制研究[D]. 华南农业大学, 2016.
ZHU X H. Study on the effect of banana powder on insulin resistance in type 2 diabetes and its mechanism [D]. South China Agricultural University, 2016.
- [4] JENKINS D J A, WOLEVER T M S, TAYLOR R H, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1981, 34: 362-366.

- [5] 崔亚楠, 张晖, 马毓, 等. 低血糖指数冲调配方和加工工艺研究[J]. 食品科学技术学报, 2017(6): 25-31.
CUI Y N, ZHANG H, MA Y, et al. Study on the formulation and processing technology of low-glycemic index prepared powder[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017(6): 25-31.
- [6] 周世瓜, 刘国琴, 李化. 抗性淀粉的制备与应用研究进展[J]. 粮油食品科技, 2009(2): 51-56.
ZHOU S G, LIU G Q, LI H. Research progress on the preparation and application of resistant starch [J]. Science and Technology of Grain, Oil and Foods, 2009 (2): 51-56.
- [7] 谷豪, 夏毅伟, 韦莉萍, 等. 桃胶多糖、抗性淀粉和低聚果糖对正常大鼠肠道益生菌生长的比较研究[J]. 安徽中医学院学报, 2013, 32(2): 68-70.
GU H, XIA Y W, WEI L P, et al. Comparative study of peach gum polysaccharides, resistant starch and oligofructose on the growth of probiotics in the intestinal tract of normal rats[J]. Journal of Anhui College of Traditional Chinese Medicine, 2013, 32(2): 68-70.
- [8] 王竹, 杨月欣, 周瑞华. 抗性淀粉的代谢以及对血糖的调节作用[J]. 营养学报, 2003, 25(2): 190-194.
WANG Z, YANG Y X, ZHOU R H. Metabolism of resistant starch and its effect on blood sugar regulation [J]. Chinese Journal of Nutrition, 2003, 25(2): 190-194.
- [9] 包辰. 薏苡仁抗性淀粉结构特性及其对肠道菌群调节机制的研究[D]. 福建农林大学, 2017.
BAO C. Study on the structural characteristics of coix seed resistant starch and its regulation mechanism on intestinal flora [D]. Fujian Agriculture and Forestry University, 2017.
- [10] 冯铄涵. 抗消化淀粉种类对实验大鼠肠道影响的研究[D]. 西南大学, 2012.
FENG S H. The effect of anti-digestible starch on the intestines of experimental rats[D]. Southwest University, 2012.
- [11] 王志凡, 陈巧盛, 张银霞, 等. 抗性淀粉对饮食诱导肥胖大鼠肠道发酵状况的改善作用[J]. 吉林大学学报(医学版), 2013, 39(1): 42-46.
WANG Z F, CHEN Q S, ZHANG Y X, et al. Resistant starch improves the intestinal fermentation status of obese rats induced by diet [J]. Journal of Jilin University (Medicine Edition), 2013, 39(1): 42-46.
- [12] 朱翠兰, 赵新淮. 粗玉米抗性淀粉的模拟肠道发酵产酸与外源乳酸菌关联性[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(2): 27-32.
ZHU C L, ZHAO X H. Correlation between the acid production of crude corn resistant starch by simulated intestinal fermentation and exogenous lactic acid bacteria[J]. Food and Fermentation Industry, 2012, 38(2): 27-32.
- [13] 白建江, 朱辉明, 李丁鲁, 等. 高抗性淀粉稻米对 GK 糖尿病大鼠的血糖和血脂代谢的影响[J]. 中国食品学报, 2012, 12(9): 16-20.
BAI J J, ZHU H M, LI D L, et al. Effects of highly resistant starch rice on blood glucose and lipid metabolism in GK diabetes rats[J]. Chinese Journal of Food Science, 2012, 12(9): 16-20.
- [14] 王蕾蕾, 何芳, 樊慧茹, 等. 高抗性淀粉大米血糖生成指数测定及对糖尿病患者血糖调控的干预研究[J]. 营养学报, 2017, 39(2): 197-199.
WANG L L, HE F, FAN H R, et al. Determination of glycemic index of highly resistant starch rice and intervention study on blood glucose regulation in diabetic patients[J]. Chinese Journal of Nutrition, 2017, 39(2): 197-199.
- [15] 李新华, 洪玲, 吕文彦. 不同软米品系对方便米饭品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(4): 145-148.
LI X H, HONG L, LU W Y. The effect of different soft rice strains on the quality of instant rice[J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(4): 145-148.
- [16] 陈艺焯, 张颖. 方便米饭抗老化发展现状[J]. 北京农业, 2013(18): 119.
CHEN Y X, ZHANG Y. Development status of anti-aging instant rice[J]. Beijing Agriculture, 2013(18): 119.
- [17] CHUNG S I, RICO C W, LEE S C, et al. Instant rice made from white and pigmented giant embryonic rice reduces lipid levels and body weight in high fat diet-fed mice[J]. Obesity Research & Clinical Practice, 2016: S1871403X16000077.
- [18] 郑轶恒. 方便米饭的生产工艺研究与设计[D]. 华南理工大学, 2012.
ZHENG Y H. Research and design of the production process of instant rice[D]. South China University of Technology, 2012.
- [19] 王龙平, 程祖铨, 修茹燕, 等. 响应面优化高抗性淀粉速食粥加工工艺[J]. 食品科技, 2014, 39(7): 141-146.
WANG L P, CHENG Z X, XIU R Y, et al. Response surface methodology to optimize the processing technology of high-resistant starch instant porridge[J]. Food Science and Technology, 2014, 39(7): 141-146.
- [20] 高慧颖, 王琦, 赖呈纯, 等. 添加抗性淀粉对饼干质构特性和体外血糖生成指数的影响[J]. 福建农业科技, 2019(10): 27-30.
GAO H Y, WANG Q, LAI C C, et al. The effect of adding resistant starch on biscuit texture properties and in vitro glycemic index[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2019(10): 27-30.
- [21] 景悦, 王文星, 杨留枝, 等. 抗性淀粉和聚葡萄糖对馒头品质的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 76-81.
JING Y, WANG W X, YANG L Z, et al. The effect of resistant starch and polydextrose on the quality of steamed bread[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(7): 76-81.
- [22] 罗霜霜, 张星灿, 杨健, 等. 方便米饭制备工艺[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(3).
LUO S S, ZHANG X C, YANG J S, et al. Preparation technology of instant rice[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(3).
- [23] 黄思雨. 单兵自热米饭的配米抗回生及膳食纤维提升研究[D]. 江南大学, 2020.
HUANG S Y. Research on the anti-regeneration and dietary fiber enhancement of self-heated rice for individual soldiers [D]. Jiangnan University, 2020.

- [24] 龙杰, 吴凤凤, 金征宇, 等. 预处理和干燥方式对方便米饭品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(9): 1-6+12.
 LONG J, WU F F, JIN Z Y, et al. Effects of pretreatment and drying methods on the quality of instant rice[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(9): 1-6+12.
- [25] 夏青, 曹磊, 宋玉, 等. 不同抗老化剂对方便米饭回生及品质影响的研究[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 28-31.
 XIA Q, CAO L, SONG Y, et al. Study on the effects of different anti-aging agents on the retrogradation and quality of instant rice[J]. Food Industry, 2018, 39(7): 28-31.
- [26] 食物血糖生成指数测定方法: WS/T 652—2019 [S]. 中华人民共和国卫生行业标准, 2019.
 Method for the determination of food glycemic index: WS/T 652—2019 [S]. Standards of the People's Republic of China on Hygiene Industry, 2019.
- [27] 江谷驰弘, 雷小波, 兰艳, 等. 粳稻脂肪含量对稻米品质的影响[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(6): 98-104.
 ETANI C H, LEI X B, LAN Y, et al. The effect of fat content of japonica rice on rice quality[J]. Journal of South China Agricultural University, 2016, 37(6): 98-104.
- [28] 李霞辉. 东北地区优质食味粳米开发的思考[J]. 粮油加工, 2006(5): 25-28+24.
 LI X H. Thoughts on the development of high-quality edible japonica rice in Northeast China[J]. Cereals and Oils Processing, 2006(5): 25-28+24.
- [29] 路凯, 赵庆勇, 周丽慧, 等. 稻米蛋白质含量与食味品质的关系及其影响因素研究进展[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(5): 1305-1311.
 LU K, ZHAO Q Y, ZHOU L H, et al. Research progress on the relationship between rice protein content and eating quality and its influencing factors[J]. Journal of Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 36(5): 1305-1311. 

· 公益宣传 ·

欢迎订阅《粮食与食品工业》

- CNKI 中国期刊全文数据库收录期刊
- 万方数据中国数字化期刊群收录期刊
- 中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊
- 中文科技期刊数据库收录期刊

《粮食与食品工业》杂志是集粮油基础理论、实际应用于一体的综合科技期刊, 已成为米、面、油、食品、淀粉及深加工、仓储、检化验等行业发布新技术、新产品、新成果信息的良好载体, 工程技术人员交流技术、切磋技艺的合适平台, 是中国粮油学会食品分会、油脂分会和发酵面食分会会刊。主要设置专题综述、粮油工程、食品科技、生物工程、粮食流通技术、粮油建筑工程、粮油装备与自动控制、粮油市场、发酵面食、标准与检测、信息传递等栏目。国内外公开发行, 双月 15 日出版, 大 16K 本。

订阅方法:

- 邮发代号: 28-197, 全国各邮局(所)均可订阅, 每期定价 8 元, 全年定价 48 元。
- 现金订阅: 直接通过邮局汇款至《粮食与食品工业》编辑部订阅, 全年定价 60 元(包括平邮邮费), 本处常年办理订阅业务。
- 银行汇款:
 帐户: 无锡中粮工程科技有限公司
 开户行: 江苏银行无锡城郊支行
 帐号: 88101018890000277

联系方式:

地址: 无锡市惠河路 186 号 《粮食与食品工业》编辑部
 邮编: 214035 电话: 0510-85867384, 85867515-660
 传真: 0510-85867384 E-mail: lsyspgy@126.com

欢迎订阅 敬请赐稿 欢迎刊登广告