

不同基因型稻米混配及蒸煮对抗性淀粉含量的影响

杨树明^{1,2}, 杨涛¹, 王进进³, 曾亚文^{1,2*}, 杜娟¹, 普晓英¹, 谢勇武¹

(1.云南省农业科学院 生物技术与种质资源研究所, 云南 昆明 650205; 2.云南省农业生物技术重点实验室, 云南 昆明 650223; 3.云南中医学院 临床医学院, 云南 昆明 650011)

摘 要: 采用 $L_4(2^3)$ 正交试验法, 以抗性淀粉含量高品系功米3号的精米为主要材料, 研究其与不同基因型籼稻、粳稻和糯稻混配及蒸煮对抗性淀粉含量的影响。结果表明, (1) 不同基因型稻米的抗性淀粉含量差异较大, 其抗性淀粉含量受加工方式和蒸煮条件的影响, 糙米高于精米, 熟米饭高于生米; (2) 稻米混配比例、蒸煮米水比和蒸煮次数显著影响混配米抗性淀粉含量, 其影响主次因稻米基因型和加工类型而异, 且其获得高抗性淀粉含量的参数优化条件不同, 功米3号与精米混配, 抗性淀粉含量优于糙米, 混配籼稻、粳稻优于糯稻。

关 键 词: 水稻; 功米3号; 抗性淀粉; 混配; 蒸煮条件

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)06-0605-04

Effects of resistant starch content on mixture and cooking among different genotypes rice

YANG Shu-ming^{1,2}, YANG Tao¹, WANG Jin-jin³, ZENG Ya-wen^{1,2*}, DU Juan¹, PU Xiao-ying¹, XIE Yong-wu¹

(1.Biotechnology and Genetic Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; 2.Agricultural Biotechnology Key Laboratory of Yunnan Province, Kunming 650223, China; 3.Dinical College of Medicine, Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, Kunming 655031, China)

Abstract: Through orthogonal experiment designs $L_4(2^3)$, the content changes of resistant starch on mixture and cooking among three different kinds of genotypes rice, *indica* rice, *japonica* rice and glutinous rice were studied with cultivar Gongmi3 in high resistant starch content as the material. It provides a theoretical and practical basis for producing main food of diabetes. The results showed: 1) The contents of resistant starch of different genotypes rice were significantly different, which was effected by processing and cooking condition. It was higher than polished rice and the contents of resistant starch of cooked rice were higher than those of raw rice. 2) The effects of resistant starch content of the all factors were also obvious among the mixture ratio of different genotypes rice as well as the ratio of water between the rice of cook and the cook times. The influence of resistant starch was significantly varied from genotypes to process. There existed highly significant differences in producing the resistant starch with cooking optimum parameters. The contents of resistant starch in polished rice were higher than that in brown rice while the contents of resistant starch of indica and japonica rice were higher than that in glutinous rice.

Key words: rice; Gongmi3; resistant starch; mixture; cooked condition

抗性淀粉(RS)是指在人体小肠中不能被淀粉酶消化吸收, 但可以在大肠中被微生物菌丛发酵或部分发酵具有类似膳食纤维功能特性的淀粉^[1]。摄食抗性淀粉含量高的食品可控制糖尿病患者餐后血

糖。抗性淀粉还具有降血脂、耐饥饿和控制体重, 预防便秘、肠炎、痔疮、结肠癌和有利于肠道健康, 降低患胆结石频率, 降低食物热效应和促进锌、钙、镁离子的吸收等重要生理功能^[2], 因此, 抗性淀粉

收稿日期: 2010-03-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31060186); 云南省自然科学基金项目(2010CD006); 云南省重点新产品开发计划项目(2010BB001)

作者简介: 杨树明(1973—), 男, 云南武定人, 副研究员, 主要从事功能性作物种质资源、遗传育种及其生态环境研究, yangshuming126@126.com; *通讯作者, zengyw1967@126.com

已逐渐成为健康饮食中消费最多的一类物质。据统计,美国居民人均日摄入抗性淀粉25~30 g,澳大利亚为20~25 g,中国为5~8 g^[2],研究开发抗性淀粉含量高的稻米具有很好的市场前景。

近年来,培育抗性淀粉含量高的稻米新品种已成为稻作遗传育种研究的新兴领域。杨朝柱等^[3]通过航天搭载诱变,获得富含抗性淀粉的突变体RS111,其熟米饭中RS的含量是普通稻米的3~5倍。沈伟桥等^[4]选育出抗性淀粉含量为3.6%的品系浙辐201。焦桂爱等^[5]用Kinmaze经过化学诱变剂N-methyl-N-nitrosourea处理获得1份ae突变体,运用该突变体与IR36杂交育成AE,其精米抗性淀粉含量高达8.25%。曾亚文等^[6]从云南稻种及其初级核心种质资源“新平早粳”群体中系统选育出精米抗性淀粉含量为8.0%~8.5%的品系功米3号,其熟米饭抗性淀粉含量达10%~12%,且富含谷氨酸和生物碱,但其熟米饭食味淡,米饭偏硬,黏着性和口感差,直接影响其推广食用,为此,笔者以功米3号精米为主要材料,配之营养结构合理、适口性好的其他稻米,研究不同基因型稻米混配及蒸煮对抗性淀粉含量的影响,以期为研制和开发新型富含营养、抗性淀粉含量高,且口感好的复配米产品提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

功米1号(粳稻,椭圆形红米)、功米2号(粳稻,椭圆形黑米)、银光(粳稻,椭圆形)、滇屯502(籼稻,中长形香软米)、普通糯米(粳稻,椭圆形)和意大利糯米(籼稻,阔卵形)的糙米和精米,以及功米3号(籼稻,椭圆形)精米由云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所提供;泰国糯米(籼稻,中长形)和泰国香米(籼稻,中长形)精米购于家乐福超市。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计

以功米3号精米与不同基因型稻米混合比例A(质量比,设水平1为3:1,水平2为1:1)、煮饭米水比例B(质量比,设水平1为1:2.5,水平2为1:3.0)、蒸煮次数C(设水平1为煮1次,水平2为蒸第2次)为因素,进行三因素二水平 $L_4(2^3)$ 正交设计(表1),共进行相同试验14组,获得56个混配样品,其中糙米混配样24份,精米32份。15个混配原料按常规方法蒸煮。

表1 功米3号精米与不同基因型稻米混合比例及蒸煮正交试验设计
Table 1 Orthogonal test designs $L_4(2^3)$ for mixturing ratio and cook between different genotypes of rice

基因型	试验号		因素			基因型	试验号		因素			基因型	精米试验号	因素		
	糙米	精米	A	B	C		糙米	精米	A	B	C			A	B	C
功米1号	1	25	1	1	1	滇屯502	13	37	1	1	1	泰国糯米	49	1	1	1
	2	26	1	2	2		14	38	1	2	2		50	1	2	2
	3	27	2	1	2		15	39	2	1	2		51	2	1	2
	4	28	2	2	1		16	40	2	2	1		52	2	2	1
功米2号	5	29	1	1	1	普通糯米	17	41	1	1	1	泰国香米	53	1	1	1
	6	30	1	2	2		18	42	1	2	2		54	1	2	2
	7	31	2	1	2		19	43	2	1	2		55	2	1	2
	8	32	2	2	1		20	44	2	2	1		56	2	2	1
银光	9	33	1	1	1	意大利糯米	21	45	1	1	1					
	10	34	1	2	2		22	46	1	2	2					
	11	35	2	1	2		23	47	2	1	2					
	12	36	2	2	1		24	48	2	2	1					

1.2.2 样品的制备

根据试验设计(表1)的稻米比例和米水比,浸泡30 min后,用普通电饭煲煮至自然断电后,焖15 min,制成煮第1次熟米饭样品。将第1次冷样品蒸20 min获得第2次蒸样品。所有样品经自然晾晒风干、粉碎后过孔径0.106 mm筛,用于测定抗性淀粉含量。

1.2.3 抗性淀粉含量的测定

在云南省农业生物技术重点实验室,按Goni法^[7]进行抗性淀粉含量测定。

1.2.4 数据处理

利用Excel和Spss11.5进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同基因型稻米蒸煮前后抗性淀粉含量

由表 2 可知，不同基因型稻米的抗性淀粉含量差异较大，抗性淀粉含量受加工方式和蒸煮的影响，呈现糙米高于精米、熟米饭高于生米、功米 3 号和功米 1 号显著高于其他品种(系)的情形。蒸煮前后均以功米 3 号、功米 1 号抗性淀粉含量最高，其次是功米 2 号；银光、滇屯 502、普通糯米、意大利糯米、泰国糯米和泰国香米蒸煮前后抗性淀粉

含量变化不大，均小于 1%，且不同基因型稻米间以及糙米和精米间差异不明显，说明蒸煮可提高稻米的抗性淀粉含量。

2.2 功米 3 号与不同基因型稻米混配及其蒸煮优化

由表 3 可知，功米 3 号混配稻米抗性淀粉含量与其混配稻米的基因型、加工方式和蒸煮条件密切相关，总趋势是与籼稻和粳稻混配高于与糯稻混配，精米高于糙米；蒸煮优化条件因混配稻米基因型而异。从不同基因型糙米混配看，以功米 3 号与功米 1 号混配，在稻米配比为 1:1、米水比 1:3、煮 1 次的最佳条件下，获得抗性淀粉含量最高，为 9.86%，而功米 3 号与意大利糯米混配 RS 含量最低，为 9.27%。就与不同基因型精米混配而言，以功米 3 号与功米 1 号混配，在稻米配比为 1:1、米水比 1:3、煮 1 次的最佳条件下，获得抗性淀粉含量最高，为 13.3%；而功米 3 号与滇屯 502 混配，在稻米配比为 3:1、米水比 1:2.5、煮 1 次的最佳条件下，抗性淀粉含量最低，为 9.00%。

表 2 稻米蒸煮前后抗性淀粉含量
Table 2 Comparion of resistant starch between cooked and uncooked from different genotypes rice %

基因型	生米抗性淀粉含量		煮后抗性淀粉含量	
	糙米	精米	糙米	精米
功米 3 号	9.12	8.64	12.7	12.3
功米 1 号	1.86	1.56	2.08	1.87
功米 2 号	0.90	0.67	0.95	0.71
银光	0.68	0.48	0.72	0.66
滇屯 502	0.67	0.18	0.86	0.63
普通糯米	0.81	0.65	0.86	0.75
意大利糯米	0.69	0.74	0.79	0.77
泰国糯米		0.80		0.82
泰国香米		0.74		0.85

表 3 不同基因型稻米混配比例及蒸煮正交试验优化和评价结果

Table 3 Optimization and evaluation result of orthogonal test for mixturing ratio and cook between different genotypes of rice															
基因型		A	B	C	影响因 素大小	最优组合	RS 含量 /%	基因型		A	B	C	影响因 素大小	最优组合	RS 含量 /%
功米 1 号 糙米	K ₁	17.01	16.52	18.06				功米 1 号 精米	K ₁	17.68	16.28	21.30			
	K ₂	18.18	18.67	17.13			K ₂		21.58	22.98	17.96				
	R	0.59	1.08	0.47	B>A>C	A ₂ B ₂ C ₁	9.86	R	1.95	3.35	1.67	B>A>C	A ₂ B ₂ C ₁	13.3	
功米 2 号 糙米	K ₁	18.74	16.09	17.28				功米 2 号 精米	K ₁	22.65	21.24	19.41			
	K ₂	15.35	18.00	16.81			K ₂		17.63	19.04	20.87				
	R	1.70	0.96	0.24	A>B>C	A ₁ B ₂ C ₂	9.73	R	2.51	1.10	0.73	A>B>C	A ₁ B ₁ C ₁	11.51	
银光糙米	K ₁	15.10	17.05	16.28				银光精米	K ₁	16.09	17.29	15.03			
	K ₂	17.57	15.62	16.39			K ₂		16.48	15.28	17.54				
	R	1.24	0.72	0.06	A>B>C	A ₂ B ₁ C ₂	9.17	R	0.20	1.00	1.26	C>B>A	A ₂ B ₁ C ₂	9.37	
滇屯 502 糙米	K ₁	14.67	14.54	15.20				滇屯 502 精米	K ₁	15.39	15.84	16.06			
	K ₂	14.74	14.87	14.21			K ₂		13.90	13.45	13.23				
	R	0.04	0.17	0.50	C>B>A	A ₂ B ₂ C ₁	7.70	R	0.75	1.20	1.42	C>B>A	A ₁ B ₁ C ₁	9.00	
普通糯米 糙米	K ₁	16.33	15.30	14.48				普通糯米 精米	K ₁	18.00	18.04	17.61			
	K ₂	16.36	17.39	18.21			K ₂		17.59	17.55	17.98				
	R	0.02	1.05	1.87	C>B>A	A ₁ B ₂ C ₂	9.62	R	0.21	0.25	0.19	B>A>C	A ₁ B ₁ C ₁	9.03	
意大利糯米 糙米	K ₁	16.04	16.35	17.79				意大利糯米 精米	K ₁	16.98	16.62	16.16			
	K ₂	17.10	16.79	15.35			K ₂		18.08	18.44	18.90				
	R	0.53	0.22	1.22	C>A>B	A ₂ B ₂ C ₁	9.27	R	0.55	0.91	1.37	C>B>A	A ₁ B ₂ C ₂	9.63	
泰国糯米 精米	K ₁	17.59	18.21	15.64				泰国香米 精米	K ₁	16.83	14.15	15.04			
	K ₂	15.49	15.87	17.44			K ₂		13.59	16.27	15.38				
	R	1.05	1.17	0.90	B>A>C	A ₁ B ₁ C ₁	9.18	R	1.62	1.06	0.17	A>B>C	A ₁ B ₂ C ₂	9.03	

由表 3 极差 R 可知,混配不同基因型稻米蒸煮优化条件及其影响主次因素存在差异,即混配籼稻、粳稻和糯稻,糙米与精米,在相同配比下,其获得高 RS 的蒸煮优化条件不同。

3 讨 论

稻米基因型的改良是获得高含量抗性淀粉的主要途径之一,本研究表明,稻米混配和加工方式及蒸煮方式等因素的改变同样会影响抗性淀粉的含量,这与赵凯^[8]的研究结果有些类似。本研究中,抗性淀粉含量受混配稻米基因型、加工和蒸煮条件的影响,即混配米抗性淀粉含量呈现混配精米高于糙米、混配籼稻和粳稻高于糯稻的情形,这可能是 3 种类型稻米的直链淀粉含量、直链与支链淀粉比值及链长分布、支链淀粉短链聚合度不同所致^[9-10]。杨朝柱等^[11]研究发现,谷物颗粒度越大,RS 含量越高,糙米 RS 含量高于精米,正是加工精米时颗粒度变小的缘故。本研究结果显示,获得混配米最高抗性淀粉含量的蒸煮优化条件因稻米基因型而异,经过优化可以看出,用功米 3 号与功米 1 号精米混配获得抗性淀粉含量最高,为 13.3%,高于功米 3 号精米蒸煮后的含量,这可能是 2 种抗性淀粉含量高的稻米混配后回生抗性淀粉(RS3)叠加所致,此结果可有效应用于稻米抗性淀粉的制备。L. Noah 等^[12]认为,蒸煮次数多、反复冷却可以增加回生抗性淀粉含量。本研究结果也显示,蒸煮米水比和蒸煮次数显著影响混配米抗性淀粉含量,影响主次因稻米基因型和加工方式、蒸煮条件而异。蒸煮米水比对 RS 含量的影响主要由于水分不同引起淀粉的水解度和糊化度不同所致。陈莎莎等^[13]与周清明等^[14]研究发现,不同稻米间混配能使米饭柔软,黏着性和口感好,本研究也表明,功米 3 号除与糙米混配口感差外,与其他混配均能改善口感,尤其混配糯米对功米 3 号效果较为明显。

承蒙云南大学附属中学何刚老师指导,学生陈飞、张晓燕、李云翰、王云鹏和郭利全协助测定抗性淀粉,谨致谢意。

参考文献:

- [1] Bjorck I, Nyman M, Pedersen B, et al. On the digestibility of starch in wheat bread studies *in vitro* and *in vivo* [J]. *Journal of Cereal Science*, 1986(4): 1-11.
- [2] Yamada Yuji, Hosoya Seio, Nishimura Shigeru, et al. Effect of bread containing resistant starch on postprandial blood glucose levels in humans [J]. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 2005, 69(3): 559-566.
- [3] 杨朝柱, 李春寿, 舒小丽, 等. 富含抗性淀粉水稻突变体的淀粉特性 [J]. *中国水稻科学*, 2005, 19(6): 516-520.
- [4] 沈伟桥, 舒小丽, 张琳琳, 等. 加工型功能早籼稻新品种“浙辐 201”的选育与特性 [J]. *核农学报*, 2006, 20(4): 312-314.
- [5] 焦桂爱, 唐绍清, 罗炬, 等. 水稻抗性淀粉突变体抗性淀粉结构的比较研究 [J]. *中国水稻科学*, 2006, 20(6): 645-648.
- [6] 曾亚文, 杨树明, 杜娟, 等. 高抗性淀粉稻米防止慢性病研究进展 [J]. *农业科技通讯*, 2009(1): 37-39.
- [7] Goni I, Manas E, Garcia-Diz L, et al. Analysis of resistant starch: A method for food and food products [J]. *Food Chemistry*, 1996, 56: 445-449.
- [8] 赵凯. 抗性淀粉的特性研究 [J]. *哈尔滨商业大学学报: 自然科学版*, 2002, 18(5): 550-553.
- [9] 张淑梅, 张建明, 李丁鲁, 等. 高抗性淀粉粳稻新品系稻米淀粉链长分布与主要品质特征差异 [J]. *中国农业科学*, 2009, 42(6): 2237-2243.
- [10] 张志转, 陈多璞, 沈希宏, 等. 高抗性淀粉形成的影响因素 [J]. *核农学报*, 2008, 22(4): 483-487.
- [11] 杨朝柱. 水稻高抗性淀粉突变体的淀粉特性及其遗传控制 [D]. 合肥: 安徽农业大学农学院, 2006: 1-3.
- [12] Noah L, Guillon F, Bouchet B, et al. Digestion of carbohydrate from white beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in healthy humans [J]. *Journal Nutrition*, 1998, 128(6): 977-985.
- [13] 陈莎莎, 孟庆虹, 张守文, 等. 粳米配米机理的研究 [J]. *粮食与饲料工业*, 2008(12): 8-10.
- [14] 周清明, 钟斌, 孙煥良. 优质早籼米配米配方及其品质的研究 [J]. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2001, 27(5): 327-330.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 胡东平