

## 论著

## 转双反义淀粉分支酶基因大米中蛋白质的营养价值评价

李敏, 胡贻椿, 朴建华, 杨晓光

(中国疾病预防控制中心营养与食品安全所卫生部微量元素营养重点实验室, 北京 100050)

**摘要:**目的 对转双反义淀粉分支酶基因大米和亲本大米蛋白质的营养价值进行评价。方法 采用通用的非生物学评价方法,即化学评分、氨基酸评分、蛋白质消化率校正后的氨基酸评分、必需氨基酸指数、营养指数、氨基酸比值系数和氨基酸比值系数分,评价大米蛋白质的营养价值。结果 转基因大米和亲本大米的化学评分分别为62、59;氨基酸评分分别为75、62;蛋白质消化率校正后的氨基酸评分分别为65、56;必需氨基酸指数分别为79、80;营养指数分别为11、8;氨基酸比值系数分别为76.7、67.0;氨基酸比值系数都是1.1。结论 转双反义淀粉分支酶基因大米中抗性淀粉含量显著提高,但并未影响到其自身蛋白质的营养价值。该转基因大米蛋白质的营养价值与亲本大米具有“实质等同性”。

**关键词:**淀粉分支酶;抗性淀粉;转基因大米;蛋白质;营养价值;评分

中图分类号:R151;Q753 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2011)02-0097-03

**Evaluation on the nutritional value of protein in genetically modified rice  
with double antisense starch-branching enzyme gene**

Li Min, Hu Yichun, Piao Jianhua, Yang Xiaoguang

(The Key Laboratory of Trace Element Nutrition MOH, National Institute for Nutrition  
and Food Safety CDC, Beijing 100050, China)

**Abstract: Objective** To assess the nutritional value of protein in the genetically modified rice with double antisense starch-branching enzyme (SBE) gene and its parental rice. **Methods** The adopted nutritional value assessment methods, including chemical score (CS), amino acid score (AAS), protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS), essential amino acid index (EAAI), nutritional index (NI), ratio coefficient of amino acid (RCAA) and score of RCAA (SRCAA) was applied to assess the protein nutritional value of the rice. **Results** The CS value of genetically modified rice and parental rice were 62 and 59, AAS value were 75 and 62, PDCAAS value were 65 and 56, EAAI were 79 and 80, NI were 11 and 8, SRCAA were 76.7 and 67.0, respectively. RCAA were the same. **Conclusion** The nutritional value of protein in the genetically modified rice with double antisense SBE gene were not greatly changed by the increase of resistant starch content in the rice. So, the nutritional value of protein in the genetically modified rice and its parental rice was substantial equivalent.

**Key words:** Starch-branching enzyme; resistant starch; genetically modified rice; protein; nutritional value; score

营养学评价是转基因产品食用安全性评价中的重要部分。本研究中的转基因大米是国内首次培育的一种富含抗性淀粉的转基因大米,抗性淀粉是不被健康人体小肠所吸收的淀粉及其降解物的总称<sup>[1]</sup>,它在肠道代谢、改善血糖和血脂水平等方面发挥了有益的作用,能降低一些慢性病如糖尿病、大肠癌、肥胖等的发病风险<sup>[2-4]</sup>。前期研究中已

发现这种富含抗性淀粉的转基因大米能改善肠道代谢<sup>[5]</sup>、控制餐后血糖和胰岛素升高<sup>[6]</sup>。大米蛋白质作为优质植物蛋白,国内外已进行了大量开发利用,因此需要对这种富含抗性淀粉转基因大米蛋白质的营养价值进行评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 转基因大米

转双反义淀粉分支酶(starch-branching enzyme, SBE)基因大米和亲本大米(均为籼稻品种特青),由扬州大学农学院植物功能基因组学教育部重点实验室培育。该转基因大米导入目的基因为水稻分支酶基因SBE的反义片段,来源于栽培稻,受体

收稿日期:2010-01-11

基金项目:国家重点基础研究发展计划(2007CB109207);转基因生物新品种培育重大专项(2008ZX0811-005)

作者简介:李敏 女 助理研究员 研究方向为转基因产品食用安全性及营养学评价

通信作者:杨晓光 男 研究员 Email:xygandc@vip.sina.com

水稻品种为中国南方高产常规籼稻品种特青。导入反义 SBE 基因后可抑制受体品种中内源 SBE 基因的表达,从而使大米胚乳中支链淀粉合成相对减少,而直链淀粉含量增加。随着直链淀粉与支链淀粉比例提高,抗性淀粉的含量也逐渐升高,抗性淀粉产率与原料中的直链淀粉含量成正比。经测定该转基因大米和亲本大米中抗性淀粉含量分别为

$$CS = \frac{\text{待测蛋白质中某一必需氨基酸含量} \times \text{标准鸡蛋白中必需氨基酸总量}}{\text{待测蛋白质中必需氨基酸总量} \times \text{标准鸡蛋白中相应必需氨基酸含量}} \times 100$$

1.2.3 必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI) 计算公式<sup>[8]</sup>

$$EAAI = \left( \frac{\text{待测蛋白质中各种必需氨基酸的含量}}{\text{标准蛋白质中相应必需氨基酸的含量}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

n: 参与计算的必需氨基酸的个数

1.2.4 营养指数 (nutritional index, NI) 计算公式<sup>[8]</sup>

$$NI = EAAI \times \text{蛋白质百分含量}$$

1.2.5 氨基酸比值系数 (ratio coefficient of amino acid, RCAA) 计算公式<sup>[9]</sup>

氨基酸比值 = 待测蛋白质中氨基酸含量 / 模式氨基酸含量

$$RCAA = \text{氨基酸比值} / \text{氨基酸比值之均数}$$

1.2.6 氨基酸比值系数分 (score of RCAA, SRCAA) 计算公式<sup>[9]</sup>

$$SRCAA = 100 - CV \times 100$$

CV: RCAA 的变异系数

1.2.7 氨基酸评分 (amino acid score, AAS) 计算公式<sup>[10]</sup>

$$AAS = \frac{\text{待测物每克蛋白质中氨基酸含量}}{\text{理想模式中每克蛋白质中氨基酸含量}} \times 100$$

1.2.8 蛋白质消化率校正后的氨基酸评分法 (protein digestibility-corrected amino acid score, PDCAAS) 计算公式<sup>[10]</sup>

$$PDCAAS = \text{蛋白质消化率} \times AAS$$

## 2 结果

### 2.1 蛋白质的氨基酸组成

转基因大米和亲本大米中蛋白质含量分别为 13.54%、9.54%; 18 种氨基酸总量分别为 13.65% 和 9.54%, 其中必需氨基酸含量分别为 4.99% 和 3.44%, 必需氨基酸占氨基酸的百分含量分别为 0.37% 和 0.36%。

### 2.2 化学评分

化学评分后色氨酸和赖氨酸分别为转基因大米和亲本大米的第一限制氨基酸和第二限制性氨基酸, 见表 1。

2.3 必需氨基酸指数、营养指数、氨基酸比值系数和氨基酸比值系数分

14.92% 和 1.89%。

### 1.2 评价指标

#### 1.2.1 蛋白质和 18 种氨基酸的检测方法

蛋白质, GB/T 5009.5—2003《食品中蛋白质的测定》; 18 种氨基酸, GB/T 5009.124—2004《食品中氨基酸的测定》。

#### 1.2.2 化学评分 (chemical score, CS) 计算公式<sup>[7]</sup>

表 1 转基因大米和亲本大米化学评分

Table 1 CS value of genetically modified rice and its parental rice

氨基酸	鸡蛋白参考模式 (mg/g 蛋白)	化学评分 (CS)	
		转基因大米	亲本大米
缬氨酸	66	103	98
苏氨酸	47	91	88
赖氨酸	70	74	62
组氨酸	22	124	125
异亮氨酸	54	82	80
亮氨酸	86	121	119
色氨酸	17	62	59
蛋氨酸 + 胱氨酸	57	100	126
苯丙氨酸 + 酪氨酸	93	114	116

氨基酸不足或过剩能严重影响蛋白质的营养价值。氨基酸比值系数分采用各种必需氨基酸偏离氨基酸模式的离散度来评价氨基酸质量, 转基因大米氨基酸比值系数分高于亲本大米, 所以认为转基因大米蛋白质的营养价值略高于亲本大米, 见表 2。

表 2 转基因大米和亲本大米的必需氨基酸指数、营养指数、氨基酸比值系数和氨基酸比值系数分

Table 2 The value of EAAI, NI, RCAA, SRCAA for genetically modified rice and its parental rice

大米	必需氨基酸指数 (EAAI)	营养指数 (NI)	氨基酸比值系数 (RCAA)	氨基酸比值系数分 (SRCAA)
转基因大米	79	11	1.1	76.7
亲本大米	80	8	1.1	67.0

### 2.4 氨基酸评分、蛋白质消化率校正后的氨基酸评分

本研究氨基酸评分选择 1985 年 FAO/WHO/UNU 专家组修改后的人体氨基酸评分模式中学龄前儿童的评分模式, 因为该专家组认为学龄前儿童的评分模式可以运用于除婴儿之外的所有年龄组<sup>[10]</sup>。氨基酸评分后转基因大米中含硫氨基酸 (蛋氨酸 + 胱氨酸) 的含量最高, 赖氨酸含量最低, 因此赖氨酸是该转基因大米的第一限制氨基酸, 它的氨基酸评分为 75, 转基因大米中色氨酸的评分为 80, 是第二限制性氨基酸。亲本大米中含量最高的也

是含硫氨基酸(蛋氨酸+胱氨酸),最低的也是赖氨酸,氨基酸评分为62。根据前期研究中转基因大米和亲本大米中蛋白质的真消化率分别为87.55%和87.64%,可以计算出转基因大米和亲本大米的PDCAAS值分别为65和56,见表3。

表3 转基因大米和亲本大米氨基酸评分和蛋白质消化率校正后的氨基酸评分

Table 3 The value of AAS and PDCAAS for genetically modified rice and its parental rice

氨基酸	氨基酸 参考模式 (mg/g 蛋白)	转基因大米		亲本大米	
		AAS	PDCAAS	AAS	PDCAAS
缬氨酸	35	161	142	154	133
苏氨酸	34	105	92	102	90
赖氨酸	58	75	65	62	56
组氨酸	19	120	104	121	104
异亮氨酸	28	131	116	129	115
亮氨酸	66	130	115	129	111
色氨酸	11	80	69	76	65
蛋氨酸+胱氨酸	25	191	165	241	211
苯丙氨酸+酪氨酸	63	140	123	144	131

注:AAS为氨基酸评分;PDCAAS为蛋白质消化率校正后的氨基酸评分。

### 3 讨论

本研究主要采用了非生物的评价方法对转双反义SBE基因大米和亲本大米蛋白质的营养价值进行了评价,研究发现转基因大米中18种氨基酸的含量高于亲本大米,但两种大米中必需氨基酸含量以及必需氨基酸占总氨基酸含量的百分比非常接近。化学评分(CS)以及氨基酸评分(AAS)是针对不同的参考模式得出的评分值,CS评分中色氨酸是两种大米的第一限制氨基酸,赖氨酸是第二限制氨基酸,但AAS评分的结果相反,赖氨酸是两种大米的第一限制氨基酸,色氨酸是第二限制氨基酸,尽管两种评分结果不同,但是色氨酸和赖氨酸的CS评分结果相差很小,两者AAS评分结果也很接近。相比CS评分和AAS评分,蛋白质消化率校正后的氨基酸(PDCAAS)评分更科学合理,这是因为PDCAAS评分考虑了蛋白质的消化率,可以替代蛋白质功效比值对除孕妇和1岁以下婴儿以外的所有人群的食物蛋白质进行评价<sup>[10]</sup>,本研究中PDCAAS评分结果和AAS评分结果相似,赖氨酸是两种大米的第一限制氨基酸,色氨酸是第二限制氨基酸。

必需氨基酸指数(EAAI)越接近100,表明食物蛋白质与标准蛋白质的必需氨基酸组成越近,营养价值越高,转基因大米和亲本大米EAAI分别为79、80。营养指数(NI)是在必需氨基酸指数的基础上

考虑了蛋白质的百分含量,由于转基因大米的蛋白质百分含量高于亲本大米,所以其NI高于亲本大米。食物中氨基酸组成与氨基酸模式一致时,氨基酸比值系数(RCAA)等于1,RCAA大于1表示该氨基酸相对过剩,RCAA小于1表示该氨基酸相对不足,两种大米RCAA都是1.1。RCAA的变异系数越大,氨基酸比值系数(SRCAA)越小,RCAA的变异系数为0时,SRCAA等于100,SRCAA越接近100,表明其蛋白营养价值越高,转基因大米的SRCAA高于亲本大米。

综合以上结果,本研究认为虽然转双反义SBE基因大米中抗性淀粉含量显著提高,但是并未影响到其自身蛋白质的营养价值。转基因大米蛋白质的营养价值与亲本大米具有“实质等同性”。

### 参考文献

- [1] ENGLYST H N, CUMMINGS J H. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in the human small intestine [J]. Clin Nutr, 1985, 42(5):778-787.
- [2] BAUER M M, FLORIANI S, MULLER S K, et al. Dietary resistant starch type 3 prevents tumor induction by 1, 2-dimethylhydrazine and alters proliferation, apoptosis and dedifferentiation in rat colon[J]. Carcinogenesis, 2006, 27(9):1849-1859.
- [3] BEHALL K M, HALLFRISCH J G, SCHOLFIELD D J, et al. Consumption of both resistant starch and beta-glucan improves postprandial plasma glucose and insulin in women [J]. Diab Care, 2006, 29(5):976-981.
- [4] HAN K H, SEKIKAWA M, SHIMADA K, et al. Resistant starch fraction prepared from kintoki bean affects gene expression of genes associated with cholesterol metabolism in rats[J]. Exp Biol Med, 2004, 229(8):787-792.
- [5] 李敏,朴建华,刘巧泉,等.富含抗性淀粉转基因大米对大鼠肠道健康的影响[J].营养学报,2008,30(6):588-591.
- [6] LI Min, PIAO Jianhua, TIAN Yuan, et al. Postprandial glycaemic and insulinaemic responses to GM-resistant starch-enriched rice and the production of fermentation-related H<sub>2</sub> in healthy Chinese adults [J]. Br J Nutr, 2010, 103(7):1029-1034.
- [7] 彭智华,龚敏方.蛋白质的营养评价及其在食用菌评价上的应用[J].食用菌学报,1996,3(3):56-64.
- [8] BANO I, RAIARATHRAM S. Pleurotus mushroom as a nutritious food [M]//CHANG S T, QUIMIO T H. Tropical Mushroom: Biological Nature and Cultivation Methods. Hong Kong: The Chinese University Press, 1982:1-493.
- [9] 朱圣陶,吴坤.蛋白质营养价值评价-氨基酸比值系数法[J].营养学报,1988,10(2):187-190.
- [10] 葛可佑.中国营养科学全书[M].北京:人民卫生出版社,2004.