第5卷 无锡轻工业学院学报 Vol.5
第3期 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY 1986 No.3

大 米 蛋 白

—大米中的含量，品质及分布

朱 斌 昕

（粮油系）

Tanaka(1983)[1]估计“在当今世界，人类食用的蛋白质年产量约为一亿吨，其中70%来自植物。因为生产动物蛋白的成本昂贵，虽然动物蛋白对人类的消化吸收有较高的品质，但是，众所周知，动物蛋白必需从植物蛋白转化而来，而且，这种转化率相当低”。因此，Tanaka认为植物蛋白在相当长的时期内，仍然为人类的主要蛋白质来源。

在植物蛋白中，种子蛋白占有主要地位；作为种子蛋白之一的大米蛋白，其品质被公认为粮食种子蛋白中的最佳者。

我国是大米的生产国，产量占世界第一位。我国以大米为主食的人口约占总人口的三分之二，而在我国大米加工中，由于大米蛋白在大米籽粒中的分布的不均匀性，大量的大米蛋白进入副产品而未能加以充分利用。因此，开发和利用大米蛋白的潜力很大。

一、大米中蛋白质的含量

Simpson et al(1965)[2]分析了156个长粒型稻谷，测得其蛋白质的含量为6.4～10.0%，平均8.3%；147个中长型稻谷样品，蛋白质含量为6.2～10.2%，平均7.8%；129个短粒型稻谷样品，蛋白质含量为5.6～9.4%，平均7.3%。我们(1984)[3]对无锡市售的晚粳和杂优籼的糙米进行分析，其蛋白质含量，前者为8.76%，后者为9.79%。Kasama et al.(1984)[4]分析了四种非腊质日本种大米和一种印度种大米，其蛋白质的平均量，前者为7～9%，后者约为10%。

Juliano(1972)[5]报导，大米的蛋白质含量因品种而异，并且在同一品种中，因生长发育的条件不同，可以因田块而异，甚至在同田块内不同植株、同植株谷穗上谷粒生长的位置而异。IRRI（国际水稻研究所）若干年来正在为培育高蛋白含量的大米品种而努力，发现在少量植株上的谷粒蛋白质含量可高达14.5%，但是它们的遗传稳定性极差，在第二代便会回复到原始含量。而一株IR8(原始蛋白质含量为8%)，则很有希望能培育成提高2%以上的蛋白质稳定含量。

二、大米蛋白的营养品质

Juliano(1980)[6]介绍他们按溶解度不同研究大米蛋白的组成时，得悉大米蛋白中水溶性清蛋白约占蛋白质总量的5%，盐溶性球蛋白约为10%，碱溶性谷蛋白的含量＞80%，醇

本文1986年1月28日收到。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

溶性谷蛋白则<5%。并且这种含量比例，品种之间的差异很小。

表1 粮食中的蛋白质的主要组成及赖氨酸含量

谷物	蛋白质含量(干基)%	蛋白组成							
		清蛋白		球蛋白		醇溶蛋白		碱溶蛋白	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
小麦	10～15	3～5	—	6～10	—	40～50	0.6	30～40	1.9
玉米	7～13	4	3.8	2	6.1	50～55	0.2	30～45	3.4
大麦	7～13	3～4	7.9	10～20	6.3	35～45	0.8	35～45	4.8
大米	8～10	5	4.9	10	2.6	5	0.5	80	3.5
燕麦	8～14	1	—	80	—	10～15	—	5	—
高粱	9～13	1～8	4.5	1～8	4.8	50～60	0.5	30	2.7

注：(1)占总蛋白量的百分数

(2)蛋白质组成中赖氨酸所占百分数

资料来源：G·诺顿(1983)

G·诺顿[7]比较了几种主要粮食中的蛋白质、蛋白质组成和赖氨酸的含量(见表1)，认为大米蛋白中由于含赖氨酸占第二位的碱溶性蛋白占80%，构成了大米蛋白的优良营养品质。

大米蛋白质中，必需氨基酸组成的配比与WHO(世界卫生组织)1973年认定的蛋白质最佳氨基酸配比模式，于表2。可以看出大米蛋白的氨基酸配比是比较合理的，仅赖氨酸（第一限制性氨基酸)和苏氨酸(第二限制性氨基酸)略为欠缺；但是，从表1可以看出，大米蛋白中所含的赖氨酸在粮食种子中恰是最高的，这是由于含赖氨酸最贫乏的醇溶性蛋白的含量极少所造成的。

表2 大米蛋白的必需氨基酸组成和WHO认定的蛋白质氨基酸最佳配比模式(%)

必需氨基酸	大米蛋白*		WHO模式
	糙米 (n=12)	白米、高蛋白粉 (n=60)	
胱氨酸	1.7±0.2	1.7±0.2	3.5
蛋氨酸	2.2±0.3	2.2±0.3	
赖氨酸	4.0±0.1	3.9±0.2	5.5
异亮氨酸	4.1±0.1	4.1±0.2	4.0
亮氨酸	8.2±0.3	8.2±0.3	7.0
苯丙氨酸	5.1±0.2	5.1±0.2	6.0
酪氨酸	5.2±0.3	5.2±0.3	
苏氨酸	3.5±0.2	3.5±0.2	4.0
色氨酸	1.7±0.3	1.7±0.3	1.0
缬氨酸	5.8±0.4	5.8±0.3	5.0

注：*资料来源：B. M. Kennedy(1981)[8]

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从表2还可以见到十二种糙米样品的蛋白质中氨基酸组成的变异甚小。Silano[9]发现大米蛋白中的赖氨酸含量，在同品种之内变异极小(±0.5%)，在不同品种之间的变异也不大，它是随大米籽粒之间蛋白质含量的多寡而变化的，其变异率为3.0~4.0%。这种少量的变异，是由于大米中蛋白质含量的增加，它主要表现为碱溶性蛋白的含量增加，而其它蛋白组成的含量并不改变造成的。在Kasama et al.(1984)[4]所分析的五种不同大米品种中，从SDS—聚丙烯酰胺凝胶电泳系统中所见到的40多组成份，均具有基本近似的特点。

由于大米蛋白具有相当良好的氨基酸组成配比，故其蛋白质的PER值(蛋白质效用比值)约为2(范围1.36～2.56)。蛋白质的PER值是以鸡蛋蛋白为标准的，鸡蛋蛋白为最高值，其PER=4。一般认为蛋白质的PER值在2以上便被认为具有良好的营养品质，便能使幼畜生长良好。(Liener·1972)[10]：大豆蛋白的PER=0.7～1.8，棉子蛋白的PER=1.3～2.1，玉米蛋白的PER=1.2，小麦蛋白的PER=1.0)。

表3　大米蛋白氨基酸强化的PER值

处　　理	平均增重(克)	平均摄入食物(克)	PER 值
大米	45.0±5.9[c]	302.0±38.3	1.90±0.10
大米+赖氨酸[a]	61.1±7.9	307.0±19.1	2.59±0.26
大米+L-赖氨酸[b]	60.0±5.8	309.0±42.6	2.55±0.20
大米+L-苏氨酸[a]	41.0±7.4	277.0±53.4	1.94±0.13
大米+L-苏氨酸[b]	47.0±12.0	264.0±39.3	2.06±0.36
大米+L-赖氨酸+L-苏氨酸[a]	99.0±13.5	375.0±46.7	3.47±0.26
大米+L-赖氨酸+L-苏氨酸[b]	102.0±9.1	379.0±46.7	3.42±0.32
乳酪(对照)	92.0±14.2	365.0±39.8	2.93±0.45

注：a、用扩散好营养素的谷粒加入强化
b、加入合成的氨基酸以强化
c、标准误差
资料来源：Brenes et al. (1975)

大米蛋白如果用合成的赖氨酸及苏氨酸进行营养强化，则其PER值还将提高到3.4以上，Mickus and Luh[11]用合成的氨基酸和扩散进米粒内的方法强化的大米，其平均增重量、饲养摄入量及PER值见表3所示。经赖氨酸与苏氨酸联合强化的大米蛋白，其PER值超过乳酪。

三、大米蛋白质在籽粒中的分布

大米蛋白在大米籽粒的胚乳和胚内沿着淀粉粒的细胞壁积聚而呈颗粒状，被称为蛋白体(RPB)。Kasai(1979)[1]发现大米蛋白体有两种主要形状：即大多数为圆形，有明显的边界，直径约为1～4微米，内部呈层状结构；另外一种为少数，呈变异了的圆形，无明显的边界，内部也呈层状结构。

大米蛋白体在米粒内的分布是不均匀的，胚内多于胚乳，糊粉层与亚糊粉层多于胚乳内部。Little and Dawson(1960)公布了大米蛋白质的染色图，如图1所示。图示可以明显地

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

看出大米的蛋白体集中在大米籽粒的四周，并且腹部多于背部。对于那些蛋白质含量较高的大米，主要表现在胚乳内蛋白体的分布密度大于蛋白质含量低的大米，但是它们的蛋白体总分布趋势和蛋白体的内部结构仍是相同的。

胚乳中的蛋白体[6]都是圆形，直径呈1.5～4微米，有边界，这种蛋白体内含有蛋白质约占总重量的60%，而碱溶性蛋白为其主要成分；其它为10～28%的酯类和12～29%的碳水化合物，还有少量的灰分、RNA、磷脂、菸酸和植酸。因此，大米中蛋白质含量的提高，即是碱溶性谷蛋白含量的提高。同时，相应的水溶性蛋白的含量，在比例上便显出有所降低，所以高蛋白大米中的赖氨酸比重会略有降低。

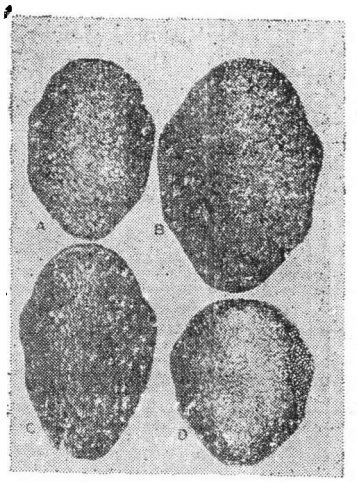
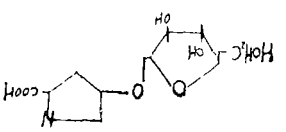


图1 不同品种糙米粒随意切割的断面。先经酶法除去淀粉，然后经蛋白染剂染色。品种(A)Fortuna，(B)Caloro，(C)Zenith，(D)改良种的Bluebounet Litte and
资料来源：Dawson(1960)

在大米糊粉层中的蛋白体，有些往往没有明显的边界，直径约为1—3微米，呈拟球形，它的蛋白含量仅为11.7%；在糊粉层蛋白质中约70%为水溶性清蛋白，因此，它的赖氨酸含量比较高些；其它为7.9%碳水化合物及大量的植酸；糊粉层蛋白体中的植酸含量约占大米全部植酸含量的70～77%；此外还有少量的灰分、RNA、磷脂等。胚中所含蛋白质[12]有清蛋白、球蛋白、核蛋白和蛋白多糖等成份。Juliano[6]鉴定了糠和胚内蛋白体中的蛋白多糖，主要是由羟脯氨酸和阿拉伯糖所组成，它可以用链霉蛋白酶和半纤维酶水解这种蛋白体而释放出呋喃阿拉伯糖羟基脯氨酸，其分子式为：



大米蛋白消化率是相当高的，Silano[9]报道，人类对非腊质米饭蛋白质的真消化率约为TD=85%，并且指出几种不同品种的大米在人的实验性试验中没有多大区别，但是在用生大米饲养断乳大白鼠时，发现大米蛋白质能完全被消化吸收(TD=100%)。还据报道，大米蛋白体对消化的抗拒力在人类食用米饭中是存在的。在糠层和胚中的大米蛋白体，因其与大分子的纤维素以共价键相结合，或者为纤维素所包围，因此，它们的消化率与胚乳相比要低些；糊粉层中的蛋白体也由于糊粉层细胞的细胞膜较厚，或者也结合在纤维性网体上，使酶分子对它们的作用受到干扰，因此它们的消化率也被降低了[13]。

大米蛋白质在糙米中的分布，我们在1984年[3]的清洁米研究中做过市售晚粳糙与杂优糙的分层碾磨试验，其蛋白质在糙米籽粒各层的含量，引证如表4与表5。

从表4与表5可以看出大米中蛋白质含量的最高点是在第四与第五道，相当于亚糊粉层处，蛋白质含量分别为18.86～20.23%(粳米)和16.32～16.50%(籼米)。我们将这两道的碾下物混合后进行分析，结果如表6。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　晚粳糙米分层蛋白质含量

项　目	糙　米	碾下的糠和粉					剩下白米
		第一道	第二道	第三道	第四道	第五道	
碾去物料（%）	0	4.94	2.36	2.32	1.73	1.36	
累计碾去率（%）	0	4.94	7.30	9.64	11.35	12.71	
糙出白率（%）	100	95.06	92.70	90.38	88.65	87.29	87.29
粗蛋白含量（%）	8.76	14.42	15.61	17.45	18.86	20.23	7.35

原注：日将剩下白米进一步碾磨第六道与第七道，分别测得碾下物的蛋白含量为17.09%与16.23%，显示蛋白含量逐渐下降。

表 5　杂优籼糙米分层蛋白质含量

项　目	糙　米	碾下的糠和粉					剩下白米
		第一道	第二道	第三道	第四道	第五道	
碾去物料（%）	0	4.43	2.57	2.86	1.57	1.43	
累计碾去率（%）	0	4.43	7.00	9.86	11.43	12.86	
糙出白率（%）	100	95.57	93.00	90.14	88.57	87.14	87.14
粗蛋白含量（%）	9.49	13.91	15.32	15.51	16.32	16.50	8.79

原注：曾将剩下白米进一步碾磨第六道与第七道，分别测深碾下物的蛋白质含量为16.04%与16.09%，也显示蛋白质含量逐渐下降的趋势但较粳米更缓。

表 6　第四、五道碾下的混合粉的成分

项　目	蛋白质（%）	脂　肪（%）	醣　类（%）	维生素B_1（毫克/100克）	纤维素（%）	灰　分（%）
晚　粳	19.36	12.30	58.28	2.30	2.41	6.75
杂优籼	16.41	12.77	62.92	2.52	2.08	6.90

我们将这部分白糠称为高蛋白营养米粉，因为不仅它的蛋白质含量很高，而且脂肪含量也不少，大米脂肪以不饱和脂肪酸为主要组成，营养价值也很高；其次，其维生素及有效矿物质的含量均相当丰富，我们对它进行了回收，并正进一步研究其开发与利用。

大米中的含氮化合物，除去蛋白质外，还存在少量的游离氨基酸与核酸，前者有丙氨酸、门冬氨酸、门冬酰胺、缬氨酸、谷氨酸、组氨酸、鸟氨酸等，在糙米内的含量为 0.7%，白米内为 0.2%，胚内 4.6%；因此，这些游离氨基酸 53%在胚内，30%在糠内，17%在白米内。核酸中有 RNA 与 DNA，前者在糙米中含有 0.1～0.3%，胚内含有 0.9%，白米内含有 0.01%。而 DNA 仅在糙米中分析到，约占 0.01%。

四、结束语

在一些科技发达国家中，由于过多地食用动物蛋白，使肿癌糖尿病和高血压冠心病等

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

心血管病的发病率升高，因此也十分重视植物蛋白的开发与利用，尤其是大米蛋白的利用已相当充分，一方面是在大米蛋白中添加少量赖氨酸与苏氨酸以进一步提高大米蛋白的营养品质，使它对人类的营养发挥更大的作用；另一方面大米蛋白已被利用作为许多营养食品的原料[14]，如制成营养饮料、儿童食品、健康食品和老人食品，这些由大米蛋白制成的食品，在世界国际市场上极为畅销，在美国与日本还有不少这方面的专业公司。

在第三世界普遍存在着蛋白质供应不足的问题。我国自建国以来，全体人民的平均营养水平有了很大的提高，但是对蛋白质的消费水平仍然很低，每人每天平均获得60克左右(美国102.9克，日本79.4克，印度48克)，所以对任何蛋白资源都应倍加爱护。现就大米蛋白资源来说，如以全国有五亿人口以大米为主食，每年每人食用大米150公斤，而每100公斤白米在加工中所产生的副产品能回收其一半，即1公斤大米蛋白，如此估算，则每年可以回收75万吨大米蛋白。这是一项巨大的财富，如果能将这些大米蛋白精心开发利用，而不是象目前一样作为米糠处理掉，将为我国人民取得巨大的社会效益和经济效益。

参 考 文 献

[1] S. Tanaka: "Seed Protein of Rice and Posibilities of its Improvement through Mutant Genes", 《Seed protein》Nijkoff/Junk 1983, p.225

[2] J. E. Simpson et al: "Quality Evaluation Studies of Foreign and Domestic Rice", 《USDA Agri. Res. Serv. Tech. Bull》1965, p.1331

[3] 朱斌昕、姚惠源、黄诗安等："清洁米研究(二)—清洁米生产与高蛋白营养米粉提取工艺的研究"《无锡轻工业学院学报》1985年，第4卷，第一期。

[4] T. Kasama, S. Ochiai Yanagi & M. Iwamoto: "Comparison of Rice (Oryza sativa L) Seed protein from Several Varieties", 《Agri. & Biot. Chem》1984, Vol.6

[5] B. O. Juliano: "Studies on Protein Quality and Quantity of Rice", 《Symposium: Seed Proteins》AVI, 1972, 114

[6] B. O. Juliano: "Properties of Rice Caryopsis", 《Rice Production and Utilization》Vol.2, AVI, 1980, 415

[7] G·诺顿：《植物蛋白》科学出版社，1983，266。

[8] B. M. Kennedy: "Nutritional Qualities of Rice Endosperm", 《Rice Production & Utilization》, Vol.2, AVI, 1981, 439

[9] V. Silano: "Factors Affecting Digestibility and Availability of Protein in Cereals", 《Nutritional Evaluation of Cereal Mutants》IAEA, 1977

[10] S. Barber et al: "Rice Bran: Chemistry and Technology", 《Rice Production & Utilization》Vol.2, AVI, 1980, 790

[11] R. R. Mickus, B. S. Luh: "Rice Enrichment with Vitamins and Amino Acids", 《Rice Production & Utilization》Vol.2, 1980, 497

[12] Y. Pomeranz, D. B. Bechtel: "Structure of Ceral Grain as Related to End-use Properties", 《Cereals "78": Better Nutrition for the Worlds Millions》, 95～97

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[13] B. O. Eggum, R. M. Beames: "The Nutritive Value of Seed Protein", 《Advances in Agricultural Biotechnology》, Njjhoff/Junk 1983

[14] "国外谷物蛋白质资源开发利用及技术水平的情报调查报告" 上海粮科所, 1985

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net