

复合米糠蛋白粉的研制与营养价值评价

刘颖, 田文娟

(哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要: 以米糠蛋白粉和乳粉为原料, 根据食物蛋白质互补原理并进行计算, 得出最佳互补效果的复合米糠蛋白粉配方。通过大鼠生长实验和代谢实验对复合米糠蛋白粉进行营养价值评价并与乳粉和酪蛋白比较分析。结果表明: 复合米糠蛋白粉的营养价值得到显著提高, 校正蛋白质功效比值为 2.45; 蛋白质真消化率、生物学价值和蛋白质净利用率分别为 $(89.12 \pm 1.43)\%$ 、 79.34 ± 1.36 、 $(67.53 \pm 1.24)\%$, 各项指标均优于乳粉, 与酪蛋白非常接近。复合米糠蛋白粉是优质的植物蛋白、动物蛋白复配高蛋白营养产品。

关键词: 米糠蛋白; 蛋白质互补; 营养价值评价

Development and Nutritional Evaluation of Compound Rice Bran Protein Powder

LIU Ying, TIAN Wen-juan

(College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: A kind of compound rice bran protein powder has been developed from rice bran protein powder and milk powder according to protein complementarity principles, and its nutritional values was assessed by rat feeding and metabolism experiments. The results showed the nutritional value of rice bran protein was improved greatly. The correction PER, true digestibility (TD), biological value (BV) and net protein utilization (NPU) of the compound protein powder were 2.45, $(89.12 \pm 1.43)\%$, 79.34 ± 1.36 , $(67.53 \pm 1.24)\%$ respectively, which were much higher than neat milk protein and very similar to casein protein. The compound rice bran protein powder can offer high protein nutritional products with a nice blend of proteins of plant and animal origin.

Key words: rice bran protein; protein complementarity; nutritional evaluation

中图分类号: TS201.4

文献标识码: B

文章编号: 1002-6630(2012)04-0292-04

米糠蛋白是一种低过敏性、高营养的优质植物蛋白资源。米糠蛋白质必需氨基酸齐全, 其氨基酸组成更接近 FAO/WHO 推荐模式, 尤其是蛋氨酸含量高于大米和其他谷物的含量。米糠蛋白功效比值(protein efficiency ratio, PER)为 2.0~2.5, 与牛奶中酪蛋白相近(PER 值为 2.5), 消化率达 90% 以上, 使其营养价值可与动物蛋白相媲美^[1-6]。除此之外, 米糠蛋白是低过敏性蛋白, 不会产生过敏反应^[7-8], 非常适合作为婴幼儿和特殊人群营养食品。但与动物蛋白比较, 其赖氨酸相对缺乏。植物蛋白质与动物蛋白质各有特点, 营养作用各不相同, 按比例平衡摄取这两类蛋白质, 特别是米糠蛋白与其他蛋白混合使用, 可以起到强化动植物蛋白互补作用^[9-12]。本实验根据氨基酸互补作用和营养素间协同作用原则, 将米糠蛋白粉和乳粉按一定比例

复配, 研制复合营养米糠蛋白粉, 并对其蛋白质生物效价及消化吸收程度进行全面的营养价值评价, 为米糠蛋白的开发利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

米糠蛋白粉 本实验室自制; 乳粉 市售; Wistar 雄性大鼠 哈尔滨市松北区华宇养殖公司; 酪蛋白 上海化学试剂公司; 马铃薯淀粉、复合盐、复合维生素、纤维素 博润化学试剂公司。

1.2 仪器与设备

H835-50 型氨基酸自动分析仪 美国 Agilent 公司; HVP- II 型消化炉 上海纤检仪器有限公司; BS224S 电子分析天平 赛多利斯科学仪器有限公司。

收稿日期: 2011-06-29

基金项目: 黑龙江省高校科技创新团队建设计划项目(2010td04); 哈尔滨市科技攻关重大项目(2009AA6BN074)

作者简介: 刘颖(1968—), 女, 教授, 博士, 研究方向为食品化学与营养学。E-mail: liuysh@hrcbu.edu.cn

1.3 方法

1.3.1 氨基酸组成分析

精确称取一定量的样品于水解管中, 加入定量 6mol/L 盐酸, 抽真空, 110℃水解 24h, 冷却, 将水解液定容至 50mL, 过滤, 取滤液 1mL 于小烧杯中, 真空干燥后加入 1mL 0.02mol/L 盐酸, 在空气中放置 30min 后, 采用氨基酸自动分析仪测定氨基酸的含量。

1.3.2 氨基酸评分

氨基酸评分(amino acid score, AAS), 食物蛋白质中的必需氨基酸和理想模式中相应的必需氨基酸的比值, 理想氨基酸模式采用 FAO 提出的模式。

$$\text{AAS}/\% = \frac{\text{被测蛋白质每克氮(或蛋白质)中某种氨基酸含量}}{\text{理想模式中每克氮(或蛋白质)中该种氨基酸含量}} \times 100$$

氨基酸评分分两步, 首先计算被测蛋白质中每种必需氨基酸的评分值, 其次找出最低分为该蛋白质的最终氨基酸评分。

1.3.3 蛋白质功效比值测定

采用 Wistar 雄性大鼠 40 只, 体质量 70~80g。喂基础饲料适应 3d, 清晨撤食, 3h 后称量, 按体质量大小随机分成 4 组: 酪蛋白组、乳粉组、复合米糠蛋白粉组、无氮组。每组 10 只大鼠, 分别喂以参照 AOAC 配方合成的饲料^[13], 酪蛋白组、乳粉组、复合米糠蛋白粉组饲料的蛋白质质量分数均为 10%, 无氮组动物饲以无氮饲料。动物单笼饲养, 自由进食和饮水, 每天观察动物饮食情况, 记录饲料的消耗量, 每 4d 称一次体质量, 同时结算 4d 的摄食量。继续喂养各组动物满 20d(无氮组动物喂养 10d), 同天撤食与水, 称体质量后结束实验。根据动物体质量增加质量(A₁)与摄入食物蛋白质的质量(A₂), 计算每只大鼠经 20d 喂养所得的蛋白质功效比值(protein efficiency ratio, PER)。

$$\text{PER} = \frac{A_1}{A_2}$$

1.3.4 氮代谢实验

于 PER 实验结束前 4d 起进行代谢实验。代谢实验的首日及代谢实验结束的次日晨饲料中加 1% 卡红作粪样标记, 将每鼠首次出现红色粪便至第 2 次出现红色粪便以前的所有粪便, 全部收集于 5% 硫酸棕色瓶中, 实验结束后将粪便混匀, 烘干称量备检。以盛有 5% 硫酸的塑料瓶置于代谢笼漏斗下收集每鼠尿液。以微量凯氏定氮法分别测定食物氮、粪氮和尿氮, 计算蛋白质真消化率(true digestibility, TD)、生物学价值(biological value, BV)、蛋白质净利用率(net protein utilization, NPU)。

$$\text{TD}/\% = \frac{\text{吸收氮}}{\text{食物氮}} \times 100$$

式中: 吸收氮 = 食物氮 - (粪氮 - 粪代谢氮)。

$$\text{BV} = \frac{\text{储留氮}}{\text{吸收氮}} \times 100$$

式中: 储留氮 = 吸收氮 - (尿氮 - 尿内源性氮)。

$$\text{NPU}/\% = \text{蛋白质真消化率} \times \text{生物价} = \frac{\text{储留氮}}{\text{食物氮}} \times 100$$

1.4 数据处理

采用 SAS 软件包处理数据, 进行 *t* 检验。

2 结果与分析

2.1 复合米糠蛋白粉的研制

2.1.1 必需氨基酸分析及氨基酸评分结果

实验室制备高纯米糠蛋白后, 对其进行了氨基酸组成分析。从表 1 可知, 米糠蛋白氨基酸构成比较合理, 除赖氨酸外都接近或高于推荐模式, 赖氨酸是米糠蛋白的第一限制氨基酸。乳粉中赖氨酸含量丰富, 蛋氨酸是其第一限制氨基酸。限制性氨基酸的存在大大影响蛋白质的营养价值, 赖氨酸缺乏也是大多数植物蛋白存在的问题, 而动物蛋白赖氨酸含量丰富, 所以本实验通过动、植物蛋白的氨基酸互补作用获得具有较高营养价值的蛋白质, 米糠蛋白与乳粉中蛋白质之间确实有良好的氨基酸互补关系, 本实验将两者按一定比例配比研制高营养价值的米糠蛋白粉。

表 1 必需氨基酸组成及评分

Table 1 Essential amino acid contents and scores (amino acid mg/g protein) in the compound rice bran protein powder

必需氨基酸	米糠蛋白粉	乳粉	FAO/WHO 推荐模式	米糠蛋白氨基酸评分	乳粉氨基酸评分
异亮氨酸	37.2	48.0	40.0	93.0	120.0
亮氨酸	73.1	117.0	70.0	104.4	167.1
赖氨酸	47.5	73.0	55.0	86.3*	132.7
蛋氨酸	38.3	29.0	35.0	109.4	82.9*
苯丙氨酸	57.4	86.0	60.0	95.6	143.3
苏氨酸	40.3	41.5	40.0	100.7	103.8
缬氨酸	52.7	54.0	50.0	105.4	108.0
色氨酸	10.4	15.0	10.0	104.0	150.0

注: *. 第一限制氨基酸; 表中数值为每克蛋白质中的氨基酸质量。

2.1.2 复合米糠蛋白营养配方的确定

通过数学模型计算出优选配方^[14-15], 计算步骤如下: 根据表 1 米糠蛋白与乳粉的氨基酸评分情况, 米糠蛋白的第一限制氨基酸为赖氨酸而蛋氨酸含量很高;

乳蛋白的第一限制氨基酸为蛋氨酸, 过剩氨基酸为赖氨酸, 具有互补条件。假设乳粉蛋白质的 8 种必需氨基酸含量在互补配方中的 8 种必需氨基酸总量中的含量为 X , 同样假设米糠蛋白的为 Y 。假设互补后的氨基酸评分为 100 分。

根据以上步骤可列方程组:

$$\begin{cases} \text{蛋氨酸评分数: } 83X + 109Y = 100 \\ \text{赖氨酸评分数: } 133X + 86Y = 100 \end{cases}$$

可得: $X=0.315$, $Y=0.685$ 。核算互补后所达到的评分数: 蛋氨酸和赖氨酸评分均为 100.81。

根据计算出的乳粉和米糠蛋白的必需氨基酸用量, 分别求出两种原料在配方中的用量, 计算公式为:

$$L_y = \frac{L_b}{H_a \times H_y}$$

式中: L_y 为原料在配方中的用量(质量配比); L_b 为配方中含有某种原料必需的氨基酸量; H_a 为原料中蛋白质含量/%; H_y 为在蛋白质中含有 8 种必需氨基酸量。

计算复合米糠蛋白粉中各原料用量:

乳粉(蛋白含量 34%) = $0.315/0.34 \times 0.489 = 1.895$;
米糠蛋白粉(蛋白含量 56%) = $0.685/0.56 \times 0.415 = 2.945$ 。
最佳互补配方为: 乳粉: 1.895(质量配比); 米糠蛋白粉: 2.945(质量配比)。

配制复合蛋白粉时乳粉占 39.15%, 米糠蛋白粉占 60.85%。此配方的氨基酸评分达到 100.81 分(进行互补计算所得)。将米糠蛋白粉和乳粉以 60:40 配比混匀后进行氨基酸分析, 结果见表 2。

表 2 复合米糠蛋白粉氨基酸分析结果

Table 2 Essential amino acid assay of compound rice bran protein powder			mg/g
必需氨基酸	复合米糠蛋白粉中氨基酸含量	FAO/WHO 推荐模式	氨基酸评分
异亮氨酸	39.4	40.0	98.5
亮氨酸	74.8	70.0	106.9
赖氨酸	56.1	55.0	102.0
蛋氨酸	36.6	35.0	104.6
苯丙氨酸	64.4	60.0	107.3
苏氨酸	44.4	40.0	111.0
缬氨酸	48.6	50.0	97.2
色氨酸	11.2	10.0	112.0

氨基酸分析结果显示, 配比后复合米糠蛋白粉氨基酸构成合理, 必需氨基酸均接近理想模式, 表明米糠蛋白粉和乳粉以 60:40 配比混合合理, 使复合米糠蛋白粉具有更好的营养价值。

2.2 复合米糠蛋白粉营养价值评价

2.2.1 PER 实验结果

2.2.1.1 各组大鼠体重质量变化

动物试验开始后, 各组分别喂以受试饲料, 经 20d 喂养, 酪蛋白组、复合米糠蛋白粉组和乳粉组动物体重质量均呈直线上升, 酪蛋白组和复合米糠蛋白粉组动物体重质量增加显著高于乳粉组, 见图 1。

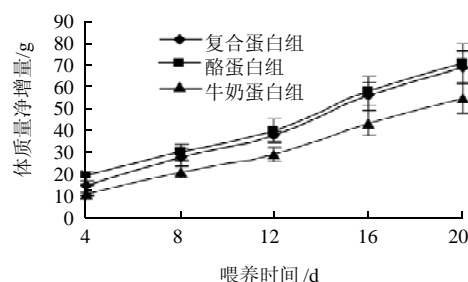


图 1 各组动物体重质量增加

Fig.1 Body weight gain in rats fed with different diets

2.2.1.2 PER 测定结果

根据大鼠体重质量增加量及蛋白质摄取量计算 PER, 结果见表 3。

表 3 各组 PER 测定结果

Table 3 Protein efficiency ratio (PER) of each rat group

组别	体质量净增量/g	摄入蛋白质量/g	PER	校正 PER
酪蛋白组	71.01 ± 8.75	29.96 ± 3.71	2.37 ± 0.38	2.50
乳粉组	54.76 ± 7.36	26.37 ± 4.06	2.08 ± 0.52	2.19*
复合米糠蛋白粉组	68.88 ± 7.26	29.65 ± 3.23	2.32 ± 0.48	2.45#

注: *.与酪蛋白组比较, $P < 0.05$; #.与乳粉组比较, $P < 0.05$ 。下同。

从表 3 可见, 复合米糠蛋白粉组的 PER 比单纯的乳粉组的 PER 有显著提高, 与酪蛋白组非常接近, 差异均不显著。乳粉组的 PER 显著低于酪蛋白组。结果表明米糠蛋白和乳粉混合后, 其蛋白质营养价值比单一的牛奶蛋白有显著提高。

2.2.2 氮代谢实验结果

表 4 各组蛋白质的真消化率、生物价、净利用率

Table 4 Protein TD, BV and NPU of each rat group

组别	TD/%	BV	NPU/%
酪蛋白组	93.73 ± 0.96	77.68 ± 1.12	72.81 ± 1.02
乳粉组	81.53 ± 1.05*	71.48 ± 1.28*	58.28 ± 0.97*
复合米糠蛋白粉组	89.12 ± 1.43#	79.34 ± 1.36#	67.53 ± 1.24#

由表 4 可见, 复合米糠蛋白粉组的 TD、BV 和 NPU 显著高于市售乳粉组, 与酪蛋白组相比 TD 和 NPU 低于

酪蛋白组, BV 略高于酪蛋白组, 差异不显著。从 TD、BV 和 NPU 综合考虑, 复合米糠蛋白质在体内的消化吸收及吸收后的利用程度均与酪蛋白相接近。因此, 复合米糠蛋白粉的营养价值不亚于酪蛋白, 是一种优良的蛋白质产品。

3 结 论

本研究对米糠蛋白进行了氨基酸分析, 赖氨酸为其第一限制性氨基酸。根据食物蛋白质互补原理优选出具有最佳互补效果的复合米糠蛋白粉配方: 米糠蛋白粉和乳粉以 60:40 配比, 其必需氨基酸的比例接近 FAO/WHO 推荐模式。按照 AOAC 动物试验方法对复合米糠蛋白粉进行了营养学评价, 复合米糠蛋白粉的蛋白质功效比值、真消化率、生物价和蛋白质净利用率明显高于乳粉, 与酪蛋白非常接近, 其蛋白营养价值较乳粉有较大地提高。复合米糠蛋白粉的研制为今后植物蛋白、动物蛋白复配生产高蛋白营养食品和婴幼儿配方食品提供了技术依据。

参考文献:

- [1] WANG M, HETTIARACHY N S, QI M, et al. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate[J]. *Journal of Science Food Agriculture*, 1999, 47(2): 411-416.
- [2] APINUNJARUPONG S, LAPNIRUN S, THEERAKULKAIT C. Preparation and some functional properties of rice bran protein concentrate at different degree of hydrolysis using bromelain and alkaline extraction[J]. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 2009 39(2): 183-189.
- [3] THUTIYAPORN C, ATHAPOL N. Ultrasonic assisted alkali extraction of protein from defatted rice bran and properties of the protein concentrates [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2009, 49(9): 1843-1849.
- [4] FABIAN C, JU Y H. A review on rice bran protein: its properties and extraction methods[J]. *Critical Reviews Food Science Nutrition*, 2011, 51(9): 816-827.
- [5] ISLAM M S, NAGASAKA R, OHARA K, et al. Biological abilities of rice bran-derived antioxidant phytochemicals for medical therapy[J]. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 2011, 11(14): 1847-1853.
- [6] 俞明伟, 张名位, 孙远明, 等. 米糠蛋白及其活性肽的研究与利用进展[J]. *中国粮油学报*, 2009, 24(5): 154-157.
- [7] MORITA T, KIRIYAMA S. Mass production method for rice protein isolate and nutritional evaluation[J]. *Food Science*, 1993, 58(6): 1393-1396.
- [8] 徐红华, 于国平. 米糠蛋白的分离及其营养特性的研究[J]. *粮油食品科技*, 2002, 10(1): 17-18.
- [9] 孙远明, 余群力. 食品营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [10] 何颖, 侯菊倩. 国产大豆组织蛋白的营养评价[J]. *营养学报*, 1986, 8(1): 55-60.
- [11] 赵法汲, 郭俊生, 陈洪章, 等. 大豆平衡氨基酸营养价值的研究[J]. *营养学报*, 1986, 8(2): 153-158.
- [12] 吴小楠, 汪家梨, 林忠宁, 等. 黄豆、豌豆叶蛋白的营养评价[J]. *中国公共卫生学报*, 1995, 14(6): 350-351.
- [13] 丘丰, 周益众. 几种植物蛋白粉及不同配比后的蛋白质功效比分析[J]. *实用预防医学*, 2004(3): 593-594.
- [14] 舒永兴, 王玉泉, 刘友良. 食用复合蛋白粉的研究开发[J]. *食品科学*, 2002, 23(8): 178-180.
- [15] 迟殿忠. 关于食物蛋白质互补原理的应用及其计算方法的探讨[J]. *食品科学*, 1987, 8(6): 14-17.