

# 玉米蛋白粉深加工应用的新进展

吴亚梅, 陈健, 李维锋

(华南理工大学轻化工研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 玉米蛋白粉是玉米加工中副产物, 除作饲料外还有很多用途。文章简单介绍了玉米蛋白粉的化学成分、营养价值及其独特的氨基酸组成, 阐述了利用玉米蛋白粉二次开发可得蛋白发酵粉、氨基酸、玉米醇溶蛋白、玉米黄色素和生物活性肽等深加工产品。

**关键词:** 玉米蛋白粉; 营养价值; 氨基酸; 活性肽

中图分类号: TS 234.1; 文献标识码: A; 文章篇号: 1673-9078(2007)04-0097-04

## Recent Advances in Researches on the Application of the Deep Processing of Corn Gluten Meal

WU Ya-mei, CHEN Jian, LI Wei-feng

(Research institute of light and chemical industries, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Corn Gluten Meal (CGM) is a by-product of a corn starch plant. This paper simply introduces the chemical composition, nutritional value and unique amino acid component of CGM. Besides, some deep-processed products of CGM, including the albumen yeast powder, amino acid, zein, the yellow pigment and bioactive peptide, were described here.

**Key words:** Corn Gluten Meal; nutritional value; amino acid; active peptide

玉米是世界上三大粮食作物之一, 我国玉米年产量已达 $1.2 \times 10^8$ 吨以上, 约占世界总产量的22%, 居世界第二位。近年来, 随着产量的持续增长和玉米淀粉厂的增建与扩建, 其副产物——玉米蛋白粉(俗称黄粉)也随大量增多。目前, 我国玉米蛋白粉主要用作蛋白饲料或者当废水排掉, 未得到合理的利用, 在资源短缺的当今实属可惜。如果能够对玉米蛋白粉进行二次开发综合利用, 将会产生更大的经济和社会效益, 如何更好地利用玉米蛋白粉已成为当今淀粉加工副产物综合利用的关键课题。本文就国内关于玉米蛋白粉综合开发研究现状作一简要概述。

### 1 玉米蛋白粉的生产及化学成分

玉米蛋白粉(Corn Gluten Meal, CGM)也叫玉米麸质粉, 是由玉米粒经湿磨法工艺制得的粗淀粉乳再经淀粉分离机分出的蛋白质水(即麸质水), 然后用离心机或气浮选法浓缩、脱水干燥制得, 其生产工艺过程如下: 玉米→浸渍→破碎→筛分→分离→压滤→干燥→成品(玉米蛋白粉)。

不同用途、不同生产工艺生产的玉米蛋白粉化学

收稿日期: 2007-01-12

作者简介: 吴亚梅, 在读硕士, 研究方向: 糖类物质及其药物的制备与生物利用

成分不同, 且变化程度很大。玉米蛋白粉主要分两种类型, 即: 医用玉米蛋白粉与提醇玉米蛋白粉。医用玉米蛋白粉是医用工业玉米加工中的主要副产物, 大约含蛋白质60%以上, 有的达70%, 其化学成分见表1。玉米蛋白粉中除含有丰富的蛋白类营养物质外, 还含有丰富的类胡萝卜素, 包括玉米黄素、 $\beta$ -胡萝卜素, 叶黄素、隐黄素、 $\alpha$ -胡萝卜素、新黄质及金莲花黄素等成分, 其含量为(200~400)  $\mu\text{g/g}$ 。提醇玉米蛋白粉是酿酒工业的副产品, 其蛋白含量较低, 粗纤维含量高, 其化学成分见表1, 营养价值不如医用玉米蛋白粉高, 但因含有未知生长因子, 添加到日粮后可显著提高动物的生产性能。

表1 玉米蛋白粉化学成分含量 单位: %

名称	水	蛋白质	淀粉	脂肪	纤维	灰分	类胡萝卜素/ $\mu\text{g/g}$
A	10	65	15	7	2	1	200~400
B		20.9	4.9	3.0	18.6	9.3	

注: A为医用玉米蛋白粉; B为提醇玉米蛋白粉。

### 2 玉米蛋白粉的营养价值

玉米蛋白粉含有的蛋白质主要为玉米醇溶蛋白(Zein, 60%)、谷蛋白(Glutelin, 22%)、球蛋白(Globulins, 1.2%)和白蛋白(Albumin)。玉米蛋白水解后的Ile、Leu、Val和Ala等疏水性氨基酸和Pro、

Gln等含量很高,很少含Lys、Trp必需氨基酸,玉米蛋白粉的氨基酸组成见表2。这种独特的氨基酸营养价值不高,但通过生物工程,控制一定水解度可获得具有多种生理功能的活性肽。

表2 玉米蛋白粉的氨基酸组成 单位: %

谷氨酸	亮氨酸	丙氨酸	天门冬氨酸	苯丙氨酸	缬氨酸
Glu	Leu	Ala	Asp	Phe	Val
12.26	8.24	4.81	3.21	3.09	3.00
脯氨酸	丝氨酸	酪氨酸	异亮氨酸	精氨酸	苏氨酸
Pro	Ser	Tyr	Ile	Arg	Thr
3.00	2.51	2.31	2.05	1.56	1.52
甘氨酸	蛋氨酸	赖氨酸	组氨酸	胱氨酸	色氨酸
Gly	Met	Lys	His	Gyss	Trp
1.36	1.05	0.96	0.87	0.56	0.20

### 3 玉米蛋白粉的二次开发及应用

#### 3.1 制备食品添加剂蛋白发泡粉

蛋白发泡粉是食品工业中不可缺少的纯天然食品添加剂,除本身增加蛋白质营养成分外,还具有使食品发泡、疏松、增白、乳化等作用,广泛应用于饮料、面包、糕点、冷饮等食品行业。而采用玉米蛋白粉生产蛋白发泡粉既可降低成本又可节约粮食和蛋白质食物资源,还能减轻淀粉厂环境污染,又可满足我国食品行业对纯天然食品添加剂蛋白发泡粉日益增强的需求。

目前,国内生产玉米蛋白发泡粉主要以碱水解法传统工艺为主。该方法虽然简单易行,却存在着许多难以克服的不足,如:水解时间长,可溶性成分去除不彻底,产品纯度低,灰分高,色泽深,蛋白发泡粉得率低等。因此,江洪波等(2006)利用新兴的食品加工与分离技术,对用玉米麸质粉生产玉米蛋白发泡粉的生产工艺进行了改进研究。

传统的制备工艺:玉米蛋白粉→液化→水解→脱色→干燥→蛋白发泡粉。

改进的制备工艺:

玉米蛋白粉→清洗→浸泡→研磨→加入淀粉酶、氯化钙进行液化→碘检→离心分离→加入氢氧化钙进行碱水解→中和→脱色→脱臭→过滤→杀菌→恒温干燥→成品。

#### 3.2 制备氨基酸

玉米蛋白粉含有较多谷氨酸和亮氨酸(见表1),谷氨酸除作味精原料外,在医药上也有很重要用途,因为谷氨酸虽不是必须氨基酸,但在氮代谢中,可与

酮酸发生氨基转移作用,而生成其它氨基酸。脑组织只能氧化谷氨酸而不能氧化其它氨基酸。当葡萄糖供应不足时,谷氨酸能够起脑组织的能源作用,因此对改进和维持脑机能时必要的。谷氨酸对神经衰弱、易疲劳、记忆力衰退、肝昏迷等有一定疗效。亮氨酸是必须氨基酸,在医药和临床方面有很重要的用途。以下是用玉米蛋白粉制备L-谷氨酸和L-亮氨酸的工艺流程。

L-谷氨酸的制备工艺:玉米蛋白粉→水解→脱色→[H<sup>+</sup>]型离子交换柱层析→[OH<sup>-</sup>]离子交换柱层析→浓缩→粗结晶→重结晶→精制→成品。

L-亮氨酸的制备工艺:玉米蛋白粉→加入0.7% HA→浓缩→水解→脱色→滤液→加入CaCO<sub>3</sub>进行中和→滤液→浓缩→粗结晶→重结晶→烘干→成品。

#### 3.3 制备玉米醇溶蛋白

玉米醇溶蛋白是玉米中主要的储藏蛋白,约占玉米总蛋白含量的40%,具有独特的溶解特性、耐热性、成膜性和抗氧化性,可用于防潮、隔氧、抗紫外线、保鲜、防静电等,还有一定的抑菌作用。研究发现其在胃中难于消化,可以作为药物制剂的辅料。将药物添加到玉米醇溶蛋白内容易压制成片剂,可制成在胃中缓慢释放药物的片剂或肠溶性制剂;另外,醇溶蛋白经酶法制得生物活性多肽也可制成药物。因此,醇溶蛋白广泛用于医药、食品、饲料及其他方面,它的研究开发已成为热点。

玉米醇溶蛋白的制备方法有很多。早期采用的是异丙醇提取,然后调pH值使其沉淀的方法,该法中间环节较多,成本较高。陈复生等研究采用95%乙醇和60%乙醇二次提取,调节等电点沉淀,分离后真空干燥的方法,也有较好的效果。但这些都是普通的萃取方法,收率较低,张秋荣等(2005)把超声波技术和有机溶剂萃取法结合起来,对醇溶蛋白的生产工艺进行了全面系统的研究,优化提取工艺,获得了满意的实验结果。

制备玉米醇溶蛋白的工艺流程如下:

①乙醇法:原料→过筛(80~100目)→称量→浸泡萃取(90%乙醇)→离心分离→沉淀→60%乙醇萃取→离心分离→提取液→调等电点→静置→离心分离→湿产品→干燥→成品。

②异丙醇法:原料→过筛(80~100目)→称量→浸泡萃取(70%异丙醇)→离心分离→提取液→调等电点→静置→离心分离→湿产品→真空干燥→成品。

③超声波法:玉米蛋白粉→80目过筛→用乙醚脱

脂→离心分离→滤饼用乙醇溶液浸泡超声萃取→离心分离→提取液→调等电点→离心分离→湿产品→水洗→干燥→粉碎→成品。

### 3.4 制备玉米黄色素

玉米黄色素属异戊二烯类,主要由玉米黄、隐黄素及叶黄素组成,属类胡萝卜素。玉米黄色素在人体内可转化为维生素A,具有保护视力、促进人体生长、骨骼发育和提高机体免疫力的作用。玉米黄色素可用于人造黄油、冰淇淋和糕点等食品,可取代合成色素。

目前,从玉米蛋白粉中提取玉米黄色素的方法主要是直接浸提法,提取溶剂采用70%~95%的乙醇,浓缩后得到玉米黄色素粗制品。但是由于玉米蛋白粉中存在的蛋白质大多为醇溶蛋白,使用乙醇作为提取溶剂会溶出较多的蛋白质,使得玉米黄色素纯度较低。于是,利用新兴的科学技术优化工艺流程,取得了很好的效果。杜连启等(2006)利用超声波从玉米蛋白粉中提取了黄色素,王启明等(2006)用微波辅助从玉米中提取天然的黄色素。

制备玉米黄色素的工艺流程如下:

工艺流程(一):玉米蛋白粉→有机溶剂浸提→提取液→离心→除杂→调pH值6.0~6.5→冷冻(-15℃)→过滤→提取液→浓缩→干燥→成品。

工艺流程(二):玉米蛋白湿粉→水解→离心→干燥→萃取→离心→纯化→蒸发浓缩→干燥→成品。

超声提取工艺(三):玉米粗蛋白粉→过筛→按一定料液比加95%乙醇浸润→超声处理→过滤→定容→检测吸光度。

微波辅助提取工艺(四):玉米粗蛋白粉→过筛→按一定料液比加70%乙醇浸润→微波处理→过滤→定容→检测吸光度。

超临界二氧化碳法萃取工艺(五):玉米蛋白粉→超临界CO<sub>2</sub>萃取→分离→玉米黄色素。

### 3.5 制备玉米蛋白活性肽

玉米蛋白粉是淀粉生产中的下脚料,含有丰富的蛋白质,就氨基酸组成而言,它的中性氨基酸和芳香族氨基酸含量较高,是植物蛋白中较有特色的组成。玉米蛋白活性肽是一类具有特殊生理功能的小肽,它是玉米蛋白粉通过精制后的水解产物,与蛋白质、氨基酸相比,更易消化吸收。利用玉米蛋白活性肽可配制各种饮料、浓缩液或添加于食品及医药产品中,制成功能性食品或肽类药物。

#### 3.5.1 制备高F值寡肽

高F值寡肽是具有高支链、低芳香族氨基酸组成的寡肽,支链氨基酸和芳香族氨基酸的摩尔比值即

Fischer值。玉米蛋白以支链氨基酸(亮氨酸,异亮氨酸、缬氨酸)含量高,芳香族氨基酸(酪氨酸、苯丙氨酸)含量低为其特征,利用酶的专一性,尽量在水解物肽链里保留支链氨基酸,而去除芳香族氨基酸即可制得高F值寡肽。寡肽消化吸收性优于氨基酸与蛋白质,肽比蛋白质在胃内滞留时间短,胃下垂感与腹部胀满感频度低,所以制取高F值寡肽比配制型氨基酸不平衡输液更具优越性。此外,高F值寡肽还具有抗疲劳、改善肝、肾、肠、胃疾病患者营养的功能。郑喜群等(2004)采用碱性蛋白酶和米曲霉固态发酵产生的羧肽酶依次水解玉米醇溶蛋白,制备高F值寡肽,为玉米加工副产品玉米蛋白粉精深加工探索新路。

玉米蛋白粉制备F值寡肽工艺流程:玉米蛋白粉→预处理→酶水解→去除AAA→浓缩纯化→干燥→成品。

#### 3.5.2 制备谷氨酰胺(Glu)肽

玉米蛋白的氨基酸组成显示其谷氨酰胺含量很高,谷氨酰胺无论在健康和疾病状态下,对维持胃肠代谢作用的正常进行十分重要。富含谷氨酰胺的肽对胃肠代谢有良好作用,还可提高肠的稳定性。谷氨酰胺在提高机体免疫功能、改善酸碱失调及提高机体对应激的适应性等方面也有着重要的应用。

制备谷氨酰胺肽的工艺:玉米蛋白粉→预处理→复合蛋白酶水解→胃蛋白酶水解→离心→上清液→超滤→脱色→反渗透浓缩→Glu活性肽。

#### 3.5.3 制备玉米抗氧化肽

抗氧化肽是指生物体内源性的或由生物体内蛋白质降解后产生的寡肽。发现该抗氧化肽对自由基造成的各种线粒体损伤、细胞膜流动性下降、CCO和ATPase酶活性降低、线粒体膨胀等均有不同程度的抑制作用。张强等(2005)以玉米蛋白粉为原料,用酶法制备了具有较高纯度的抗氧化肽(亮氨酸-天冬氨酸-酪氨酸-谷氨酰胺),在实验上和理论上为玉米蛋白粉的开发利用提供依据。

制备玉米抗氧化肽的工艺流程:玉米蛋白粉→粉碎→80目过筛→3%(W/V)悬浮液→热性处理(90℃,10min)→调pH值→加酶水解→灭酶(沸水溶5min)→离心(12000r/min)→取上清液→分析测定。

#### 3.5.4 制备高可吸收蛋白活性短肽

高可吸收蛋白肽基本不含脂肪,蛋白含量丰富,具有肽类物质高浓度、低黏度以及酸性条件下不易凝聚等特点,可开发成低热高能蛋白饮料,作为蛋白质强化的营养补给饮料、运动训练饮料及早餐饮料。这种含有多种氨基酸并具有良好的吸收性的玉米蛋白

肽,对于恢复运动后的疲劳有着良好的效果。而且,玉米蛋白肽能刺激肠高血糖分泌、降低血清胆固醇、增强内源性胆固醇代谢、增加胆固醇从肠道的排泄,因此其具有抑制胆固醇上升、降低血清胆固醇浓度的作用。张晓峰等(2006)利用酶工程技术对玉米蛋白粉水解制备玉米功能短肽进行了中试研究,希望对玉米蛋白资源生产生物活性肽的产业化进程以及其它蛋白资源的开发有所推动。

制备玉米蛋白肽的工艺流程:玉米蛋白粉→粉碎→过筛→NaSO<sub>3</sub>预处理→酶水解→灭酶→分离→脱盐→脱苦、脱色→杀菌→浓缩→干燥→成品。

### 3.5.5 制备玉米降压肽

降压肽通过抑制人体血液中血管紧张素转换酶(angiotensin I-converting enzyme, ACE)活性而达到降压的作用。ACE的抑制肽最早发现于蛇毒中。人们于20世纪90年代发现了许多天然蛋白水解后可以得到具有ACE抑制活性的多肽,这些寡肽的共同特征是C-末端为脯氨酸或芳香族氨基酸,而N-末端往往是疏水性氨基酸。玉米蛋白含有高比例的缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、脯氨酸和谷氨酰胺等,很少含有赖氨酸等碱性氨基酸,这种独特的氨基酸组成使玉米醇溶蛋白的水溶性较差,营养价值不高,而这种不平衡的氨基酸组成使玉米蛋白成为多种生理活性肽,特别是降压肽的来源。 $\alpha$ -玉米醇溶蛋白和 $\gamma$ -玉米醇溶蛋白的酶解产物就具有较为显著的抗高血压的作用。降解 $\alpha$ -玉米醇溶蛋白时所得到的血管紧张素抑制剂大多数为三肽,其C-末端一般具有以下四种不同的氨基酸:亮氨酸、酪氨酸、丙氨酸、谷氨酸。

## 4 玉米蛋白粉掺假鉴别与掺入量的测定

玉米蛋白粉作为目前较好的高蛋白、高能量的产品,除赖氨酸和色氨酸缺乏外,其它各种氨基酸都比较平衡。随着人类对蛋白资源的重视和对生物活性短肽的科学研究的不断深入,掌握了酶解天然蛋白资源制备生物活性肽的基本理论和技术方法,对玉米蛋白可实现有限的酶解过程,能生产出高营养且易于吸收的、高附加值的具生物学功能特性的生物制品,因此,必将促进农业经济的发展。玉米蛋白粉的用量逐年增加,加之其不易储存、易变质的特点,导致其供给量常常出现紧张。近年来,玉米蛋白粉掺假已呈愈演愈烈之势,而对于饲料生产企业和养殖用户,玉米蛋白粉掺假不仅会降低其产品的内在品质,还会对禽类造成重大的损害。阮光琼(1998)报道,掺假的玉米蛋白粉常掺入部分淀粉和似蛋白假物,其色泽淡黄,气

味非典型的甜香味,手感粗糙,有淀粉的细腻感;未掺假的玉米蛋白粉手感流动性好,有甜香味,因此也可用感官与气味来鉴别真假玉米蛋白粉。为了快速检测玉米蛋白粉的质量,卢利军等报道,利用基尔特克蛋白质分析仪,采用不经消化、直接蒸馏法,根据玉米蛋白粉中以酰胺形式结合氮与滴定剂消耗体积的相关性,作一元线性回归处理,可快速作出定性鉴别。此方法的蒸馏、吸收、滴定同步完成,测定一个样品仅需8 min,满足了快速测定的要求;其回归方程为 $Y=-3.05+5.87X$ ,回归直线的置信区间为 $Y=-3.05+5.87X\pm 0.82$ 。应用基尔特克自动分析仪,直接蒸馏法鉴别和测定掺假的玉米蛋白粉,具有简便、快速、有效、准确等特点,具有很好的应用价值。

## 5 展望

利用玉米蛋白开发精深加工产品,具有成本低、来源丰富和价格低廉的特点,其中功能性食品或肽类药物是纯天然的、无毒副作用,迎合了当今消费者心理。我国人口众多,相对需要量也多。可以预见,开发高附加值的玉米蛋白粉深加工产品的市场是可观的,它必将为企业带来巨大经济效益,前景十分广阔。

## 参考文献

- [1] 尤新. 玉米的综合利用及深加工[M]. 北京: 中国轻工出版社, 1999, 81-87.
- [2] Shin-ya Tanimeto et al. Enzymatic Modification of Zein to Produce a Non-bitter Peptide Fraction with a Fraction with a Very High Fischer Ratio For Patients with Hepatic Encephalopathy [J]. Agric. Boil. Chem., 1991, 55(4): 1119-1123.
- [3] 张锋斌. 浅谈玉米蛋白粉的生产 and 综合利用[J]. 西部粮油科技, 1999, 24(2): 50-51.
- [4] 陈文, 黄艳群, 等. 玉米蛋白粉的饲用价值[J]. 养禽与禽病防治, 2002, (8): 2-4.
- [5] Carpenter V, Hird R, Dennis I F, et al. The carotenoids betacarotene, canthaxanthin and zeaxanthin inhibit macrophage-mediated LDL oxidation [J]. FEBS - Letters, 1997: 262~266.
- [6] 金英姿, 王大为, 等. 玉米黄粉的深加工及应用前景[J]. 吉林农业科学, 2005, 30(5): 60-62
- [7] 李和平, 李梦琴, 等. 新型食品添加剂玉米蛋白发泡粉的研制[J]. 郑州粮食学院学报, 1998, (3): 33-36.
- [8] 江洪波, 左艳文. 玉米蛋白发泡粉的生产工艺[J]. 长江大学学报(自然版), 2006, 3(2): 188-191. (下转第88页)