

绿豆在湿热处理及酶解过程中微量元素的分布分析

李积华¹ 郑为完¹ 苏冰霞¹ 周德红^{1,2} 杨 静¹

1(南昌大学食品科学教育部重点实验室, 南昌, 330047)

2(江西农业大学, 南昌, 330045)

摘 要 采用火焰原子吸收法对绿豆在湿热加工及分步酶解过程中微量元素的分布进行了分析, 结果表明, 室温下(7~12℃)浸泡对 Mg、Zn 和 Mn 的含量没有显著影响, 对 Fe、Cu 和 Ca 的含量影响显著, 但这种影响在浸泡 23 h 以后, 基本与浸泡时间及过程中绿豆状态(皮裂开与否)无关, 而热处理会加速 Mg、Cu 及 Ca 的流失。在分步酶解中提取出了绿豆中大部分的微量元素, 其中淀粉酶酶解工序对各微量元素提取作用最小。与酶解制备饮料工艺相比, 传统的“绿豆汁”工艺以及一些只喝绿豆汤而弃其渣的习惯对绿豆和绿豆中的各微量元素利用率不高。

关键词 绿豆, 原子吸收, 酶解, 微量元素, 湿热处理

自古以来, 我国人民就有以绿豆粥或以绿豆汤防暑降温的习惯, 绿豆汤不仅清凉解渴, 还有清热解毒的功效^[1]。

但是绿豆致密的结构使其食用相当不便^[2,3]。文中采用火焰原子吸收法, 通过对绿豆在湿热处理和酶解过程中微量元素分布的分析, 从微量元素营养角度为开发绿豆产品, 特别是以酶法制备绿豆饮料工艺提供技术性支持。

1 材料与方 法

1.1 主要原材料及试剂

南昌绿豆: 购于南昌市一农家; 东北绿豆: 南昌市购; 耐高温 α-淀粉酶、复合蛋白酶(Protamex 活力: 1.5AU/g)、复合纤维素酶(Viscozyme L 活力: 100FEB/g)均购于 Novozymes 公司; 酸性洗涤剂: 称取 20 g 十六烷基三甲基溴化铵(A.R.), 加热溶于

0.5 mol/L H₂SO₄ 溶液中并稀释至 2 000 mL; 萘烷(A.R.); 丙酮(AR); NaOH(AR); HCl(AR)等。

1.2 主要实验仪器与设备

Varian AA-10 型原子吸收分光光度计(澳大利亚); GKC 型可控硅恒温水浴锅; RE-52AA 旋转蒸发器; pHs-2C 型精密酸度计; SHB-3 循环水多用真空泵; FA1604 电子分析天平; ZK025B 型真空干燥箱; 玻璃砂心坩埚等。

1.3 实验方法

1.3.1 绿豆及酶解残渣主要成分分析

纤维素测定采用酸性洗涤法, 参照文献[4]; 淀粉、蛋白质和水分的测定分别参照 GB/T 5009.9—2003、GB/T 5009.5—2003 和 GB/T 5009.3—2003。

1.3.2 绿豆湿热处理条件的设计

以东北绿豆为原料, 用表 1 中的方法处理, 主要考察绿豆在浸泡及蒸煮过程中, 微量元素分布情况。

表 1 东北绿豆湿热处理状态描述

湿热处理	状态描述
东北绿豆	含水 9.99%
7~12℃下, 在约 30 倍蒸馏水中浸泡 23 h	绿豆吸水膨胀, 并有 1 颗豆皮破裂
7~12℃下, 在约 30 倍蒸馏水中浸泡 35 h	绿豆吸水充分膨胀, 每颗豆皮都破裂但还未脱落
7~12℃下, 在约 30 倍蒸馏水中浸泡 53 h	开始有绿豆皮脱落并长出约 1 mm 长短芽
7~12℃下, 在约 30 倍蒸馏水中浸泡 125 h	绿豆皮完全脱落, 子叶两半分, 长出约 5~10 mm 长短芽
先煮沸 5 min, 再在 7~12℃下约 30 倍蒸馏水中浸泡 53 h	绿豆吸水膨胀但未见绿豆破皮
在沸水中煮约 45 min, 滤纸过滤	绿豆皮完全脱落, 子叶充分吸水膨胀分散于水中形成糊状

1.3.3 绿豆酶解处理

分步酶解流程如图 1 所示。

1.3.4 微量元素分析

采用火焰原子吸收法分析 Mg、Fe、Mn、Ca、Zn 和 Cu 六种元素分布情况, 前 3 种元素测定方法参照 GB/T 5009.90—2003, 后 3 种分别参照 GB/T 5009.92—2003、GB/T 5009.14—2003 和 GB/T 5009.13—2003, 每个数据测 3 次, 取平均值。各元素标准曲线回归方程及相关系数列于表 2。

第一作者: 博士研究生。
收稿日期: 2006-01-10

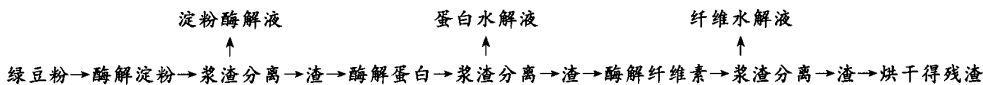


图 1 绿豆酶解处理流程

注:淀粉酶解条件:115℃±1℃糊化 15 min, 98℃±1℃, 0.8% 耐高温 α-淀粉酶酶解 50 min, pH 6.5, 固/液 1:6;蛋白酶解条件:55℃±1℃, 1% Protamex 酶解 7 h, pH 6.0, 固/液 1:9;纤维素酶解条件:45℃±1℃, 0.5% Viscozyme 酶解 25 h, pH 4.5, 固/液 1:12;浆渣分离:经滤纸抽滤, 水洗 3 遍, 合并滤液。

表 2 各微量元素标准曲线及相关系数

元素	工作曲线回归方程	相关系数(R ²)
Mg	y = 0.187 8x + 0.151 1	0.989 6
Fe	y = 0.059 1x + 0.019 9	0.987 3
Cu	y = 0.100 8x + 0.001 6	0.999 6
Ca	y = 0.046 3x + 0.015 8	0.984
Zn	y = 0.138 x + 0.029 9	0.975 8
Mn	y = 0.110 5x - 0.006 7	0.999

1.3.5 提取率

文中的提取率是指被提取对象经提取后在水相的含量与原先总含量的质量百分比。

2 结果与分析

2.1 南昌绿豆与东北绿豆微量元素比较

表 4 湿热处理对绿豆(东北绿豆)微量元素含量的影响(100g 绿豆)

组号	项目	所含微量元素/mg					
		Mg	Fe	Cu	Ca	Zn	Mn
1	全绿豆	149.2	6.201	1.171	89.69	2.847	1.653
2	7~12℃下蒸馏水浸泡 23 h	144.1	4.849	0.709 1	60.61	2.813	1.624
3	7~12℃下蒸馏水浸泡 35 h	143.7	4.661	0.772 8	60.56	2.775	1.618
4	7~12℃下蒸馏水浸泡 53 h	143.5	4.590	0.642 0	58.67	2.524	1.550
5	6~12℃下蒸馏水浸泡 125 h	143.4	4.582	0.777 2	53.08	2.571	1.608
6	先煮沸 5 min, 再在 7~12℃下蒸馏水浸泡 53 h	69.94	4.569	0.536 2	57.12	2.285	1.236
7	沸水中煮约 45 min 至烂, 滤纸过滤, 去滤液	64.25	4.755	0.257 0	56.393	2.334	1.521

有显著影响,对 Fe、Cu 和 Ca 的含量影响相对显著,但这种影响基本与浸泡时间及过程中绿豆状态(皮裂开与否)无关,这可能是绿豆本身的维持自身微量元素的生理机能所致;②比较第 6 和第 4 组数据可看出,热处理对浸泡过程中 Fe 和 Ca 的流失影响不显著,但对 Mg、Cu、Zn 及 Mn 的流失有加速作用,尤其会加速 Mg 的损失,这可能是热处理使绿豆部分丧失维持自身微量元素的生理机能所致,因此在绿豆的湿预加工处理中应该尽量避免热处理;③第 1 和第 6 组数据表明,水煮能使绿豆中大部分的 Mg、Fe、Cu 溶于水,但难使 Ca、Zn 和 Mn,尤其后 2 种溶于水;④总体上湿热处理并没有很好地使绿豆中的微量元素溶于水,即使煮沸 45 min 至烂,绿豆中的 Mn、Zn 和 Fe 仍然很难进入水相,其提取率分别只有

绿豆中微量元素含量除受品种影响外还与种植土壤中微量元素含量有关,从表 3 可以看出,南昌绿豆与东北绿豆各微量元素含量差异不大。

表 3 南昌绿豆与东北绿豆(各 100 g)微量元素含量比较

项目	干重/g	所含微量元素/mg					
		Mg	Fe	Cu	Ca	Zn	Mn
东北绿豆	90.01	149.2	8.151	1.171	89.69	2.847	1.653
南昌绿豆	91.90	179.2	5.701	0.6758	73.46	3.438	1.792

2.2 湿热处理对东北绿豆微量元素含量的影响

绿豆的加工过程中经常采用湿热处理工序,如传统的煮汤和粥,或者现代加工中的预煮和浸泡。从表 4 可以看出:①室温浸泡对 Mg、Zn 和 Mn 的含量没

8.01%、18.0%、23.3%(见表 6),其它 3 种微量元素除 Mg 之外,也有 60% 以上残留在渣中,因此,传统的“绿豆汁”工艺或只喝绿豆汤而弃其渣的习惯对绿豆中的微量元素利用率不高。

2.3 东北绿豆分步酶解过程中微量元素含量的分布

为了更好了解绿豆酶解过程中微量元素分布情况,采用分步酶解工艺,流程见图 1,结果见表 5 和表 6。

表 5 绿豆分步酶解情况(100 g 绿豆)

项目	干重	淀粉	蛋白质	粗纤维
全绿豆/g	91.90	56.29	24.64	7.910
酶解残渣/g	18.50	5.249	8.564	4.531
提取率/%	79.87	90.68	65.24	42.72

虽然从表 5 数据可知,淀粉酶提取出了 90% 以上淀粉,但从表 6 第 8 与第 15 组数据对照发现,淀粉

酶酶解对绿豆中微量元素的提取贡献很小,淀粉酶水解产物中的微量元素大部分是水提取出来的,这说明淀粉中微量元素含量很低。与其相比,蛋白酶酶解虽然只提取出 65.24% 的蛋白质,但它对每一种微量元素的提取都有很大贡献(见表 6 中第 9 和第 12 组数据),可以推断,绿豆蛋白中各微量元素含量比淀粉中的要高得多。纤维素含量最少,提取率也最低,但表 6 的第 10 组数据表明,纤维素酶酶解对 Mg、Ca、Zn 和 Mn 的提取贡献很大,尤其对绿豆中含量较少的 Zn 和 Mn,因此也可以推断,绿豆纤维中 Mg、Ca、Zn、

和 Mn 的含量很高,尤其是 Zn 和 Mn 的含量。从 Fe 和 Cu 在分步酶解中的分布情况可以发现,蛋白酶没有很好地将它们提取出来,而纤维素酶对他们的提取作用更小,导致大部分残留于残渣中,这可能可以推断出 2 种结果:①大部分 Fe 和 Cu 结合于难水解的纤维素中;②Fe 和 Cu 在绿豆蛋白中并非均匀分布,且它们结合于难酶解的那部分蛋白质中,或者说,底物中 Fe 和 Cu 可能对 Protamex 酶解绿豆蛋白具有抑制作用。

表 6 东北绿豆分步酶解过程中微量元素分布(100 g 绿豆)

组号	项目	干重/g	所含微量元素/mg					
			Mg	Fe	Cu	Ca	Zn	Mn
8	淀粉酶水解产物	42.00	88.17	1.6918	0.4877	39.51	0.5176	0.2229
9	蛋白酶水解产物	24.10	22.57	0.4157	0.2545	20.99	0.5281	0.4986
10	纤维素酶水解产物	6.893	14.98	0.0802	0.0596	15.90	0.4314	0.3363
11	以上共计	72.99	125.7	2.188	0.8018	76.39	1.477	1.058
12	全绿豆	91.90	149.2	6.201	1.1710	89.69	2.847	1.653
13	酶解残渣	18.50	39.36	4.005	0.4592	21.19	1.356	0.5704
14 ¹⁾	酶解提取量	73.40	109.8	2.196	0.7108	68.50	1.491	1.083
	酶解提取率	79.9%	73.6%	35.4%	60.7%	76.4%	52.4%	65.5%
15 ²⁾	水煮提取量	11.33	84.95	1.446	0.4188	33.30	0.5126	0.1324
	水煮提取率	12.3%	56.9%	23.3%	35.8%	37.1%	18.0%	8.01%

1) 指 12 组与 13 组的差值;2) 由表 4 中的第 7 组数据折算得到。

表 6 中第 14 和第 15 组数据表明,酶解过程中不仅提取出了绿豆中 79.87% 的内容物,远大于水煮提取率(11.33%),而且提高了绿豆中微量元素的利用率,尤其提高了含量较少的 Zn 和 Mn 的提取率。然而,第 13 组数据表明,虽然酶解残渣只有原绿豆总重的 20.13%,但含有丰富的微量元素,要提高绿豆中微量元素提取率,必须进一步提高蛋白质和纤维素的酶解率。

3 结 论

(1)南昌绿豆与东北绿豆各微量元素含量差异不大,含量由高到低依次顺序是:Mg、Ca、Fe、Zn、Mn、Cu。

(2)室温(7~12℃)下浸泡对 Mg、Zn 和 Mn 的含量没有显著影响,对 Fe、Cu 和 Ca 的含量影响显著,但这种影响在浸泡 23 h 以上后,基本与浸泡时间及过程中绿豆状态(皮裂开与否)无关。

(3)热处理对浸泡过程中 Fe、Zn 和 Mn 的流失影响不显著,但对 Mg、Cu 及 Ca 的流失有加速作用,尤其加速 Mg 的损失,在绿豆的湿预加工中应尽量避免热处理。

(4)水煮能使绿豆中大部分的 Mg、Fe、Cu 溶于水中,但难使 Ca、Zn 和 Mn 溶于水中;即使煮沸 45 min 至烂,绿豆中的 Mn 和 Zn 仍然很难进入水相,其它 3 种微量元素也有相当部分残留在渣中,因此,传统的“绿豆汁”工艺或只喝绿豆汤而弃其渣的习惯对绿豆中的微量元素利用率不高。

(5)绿豆在分步酶解中,淀粉酶酶解产物中各微量元素含量均最高,蛋白酶酶解产物次之,然后是纤维素酶解产物。但这并不说明淀粉中微量元素含量高,相反,结合酶解工艺流程和水煮工艺中微量元素分布数据可以推断,绿豆淀粉中微量元素含量最低,纤维素中各微量元素含量最高(除 Fe 和 Cu 以外)。

(6)与传统的“绿豆汁”工艺或只喝绿豆汤而弃其渣的习惯相比,采用酶法制备绿豆饮料不仅提高绿豆利用率,还大大提高绿豆中微量元素的利用率。对 Mg、Fe、Cu、Ca、Zn 及 Mn,酶解提取率分别为 79.9%、73.6%、35.4%、60.7%、76.4%、52.4%、65.5%;水煮提取率分别为 12.3%、56.9%、23.3%、35.8%、37.1%、18.0%、8.01%。

参 考 文 献

- 1 傅翠真. 食用豆类药用有效成分值分析[J]. 生物学杂志, 1990, 35(3): 15~17
- 2 于祥春, 王云峰, 吴学敏. 绿豆酸化全乳饮料的研制[J]. 食品工业科技, 2000, 21(5): 39~40
- 3 张琪, 马丽. 绿豆夹心冰淇淋的生产工艺[J]. 食品工业, 2003(1): 10
- 4 大连轻工业学院, 华南理工大学, 郑州轻工业学院等合编. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995. 205~206

Study on the Trace Elements Distribution in Mungbean during Humidity Heat Treatment and Enzymic Hydrolyzation

Li Jihua¹ Zheng Weiwan¹ Shu Bingxia¹ Zhou Dehong^{1,2} Yang Jing¹

1(Nanchang University the Key Laboratory of Food Science, Ministry of Education, Nanchang 330047, China)

2(Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China)

ABSTRACT In this article, the trace elements distribution in mungbean during the humidity heat treatment and enzymic hydrolyzation was analysed with flame atomic absorption spectrometry. The results show that soaking in room temperature(7~12℃) water has significant effect on the content of Fe, Cu and Ca, while different to Mg, Zn and Mn in mungbean. But the effect changes slightly after 23hours soaking treatmeng. Heat accelerates Mg, Cu and Ca in mungbean losing in water. The trace elements were extracted mostly with enzymic hydrolyzation. Compared with the enzymetic hydrolysis technology, the tipycal way to use mungbean extractive juice, which takes the bean soup only, does not utilization mungbean and its trace elements well.

Key words mungbean, enzymic hydrolyzation, trace element, humidity heat treatment

信 息 窗

北京将建设亚洲最大的生物产业孵化器, 加速培育新的经济增长点

2006年5月29日, “中国生物技术学术中心”项目开工奠基仪式在北京举行。“中国生物技术学术中心”项目将是一个大型的生物产业孵化器, 总建筑面积25万平方米, 由北京国际信托投资有限公司和科技部中国生物技术的发展中心联合承建。学术中心由管理、研发、孵化、认证、金融与服务等五个功能区组成。其中管理功能区云将聚集国内涉及生物技术及其产业的相关管理部门与中介组织, 形成我国生物技术及产业行业管理与协调的中枢; 研发功能区将聚集国际一流人才与研发机构, 形成我国生物技术与产品的重要的创新基地; 孵化功能区将吸引国内外具有产业化前景的研发项目进驻, 吸引留学人员回国创业、吸引海外企业来华投资, 加速开发一批市场前景广阔的产品, 培育一批具有国际竞争力的企业; 服务功能区将聚集国内外与生物技术及产业相关的风险投资、知识产权、技术转让等机构, 为生物技术企业的发展提供全方位的服务。

“中国生物技术学术中心”项目建设具有四个特点: 一是规模大。项目建成后能将同时容纳400~500个研究小组、100余家生物企业住京办事机构和中介组织, 将是亚洲建筑面积最大的生物与医药产业孵化器。二是起点高。中心将配置先进、配套的仪器装备, 成为具有国际一流水准的生物技术研发公共平台, 为缺乏大型科研仪器的中小企业、研究机构和留学人员提供服务, 解决因科技院所缺乏中试条件, 科技成果无法产业化的瓶颈问题。三是机制新。项目从建设到将来的运行都完全采用企业化运作模式, 保证技术、设备、成果资源的高效利用, 突出企业在技术创新和产业化中的主体地位。四是功能全。将形成生物技术从研究、开发、孵化到产业化的“一条龙”的服务体系, 将成为有一定国际影响的人才引进和培训中心、生物产品开发中心、企业孵化中心、咨询与服务中心、国际合作中心、信息交流中心。

“中国生物技术学术中心”项目建成后将发挥四个方面的作用: 一是加速我国, 特别是北京地区生物技术产业化。北京地区云集了全国生物领域40%以上的高级人才、40%以上的科技项目、40%以上的科研经费, 但长期以来由于缺乏孵化器, 不少科技成果产生在北京, 但产业化却不在北京。学术中心将努力改变北京地区研究力量强、产业化能力弱的现状, 加速生物技术的产业化; 二是成为吸引留学回国人员创业的重要舞台, 和海外研究机构的重要平台。生物技术领域正在形成留学人员新的回国潮的机遇, “中国生物技术学术中心”的建立, 将为优秀人才回国提供回国第一周就能开展研究工作的创业平台, 节约资金、节约时间。三是成为海外企业来华投资的桥梁。当前许多海外企业纷纷考虑将生物的研究机构和生物基地向中国转移, 中心的建立将吸引一大批海外企业来华投资, 迅速提高我国生物技术与产业的地位和竞争能力。四是培育新的经济增长点, 促进北京地区经济结构的优化。通过加快北京地区生物产业的发展, 带动和促进北京地区经济结构优化与调整, 为发展新经济、建设创新型首都发挥重要的作用。