

浸泡条件对整粒大豆嘌呤含量的影响

李越佳, 成玉梁, 郭亚辉, 姚卫蓉, 谢云飞, 钱 和

(江南大学 食品学院/食品科学与技术国家重点实验室/食品安全国际联合实验室, 江苏 无锡 214122)

摘 要:大豆属于高嘌呤食品,为了降低整粒大豆的嘌呤含量,本研究采用不同条件浸泡大豆,高氯酸水解法提取大豆中的嘌呤及其化合物,并利用高效液相色谱来测定其含量,研究浸泡条件对整粒大豆中嘌呤及其化合物含量的影响。通过单因素和正交试验对工艺进行优化,结果表明:浸泡条件为氯化钙用量 4% (g: mL)、浸泡温度 60℃、浸泡时间 2.5 h,料液比 1:5 (g: mL) 处理后,整粒大豆总嘌呤的去除效果最好,从 1.645 mg·g⁻¹ 下降到 1.199 mg·g⁻¹。浸泡法去除的主要是小分子量的嘌呤类物质,大分子量嘌呤类物质不易从大豆中溶出,此法处理后的大豆营养成分损失较小,且整体感官较好。

关键词:大豆;嘌呤;浸泡条件

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2018.02.0295

Effect of Soaking Conditions on Purine Content in Whole Soybean

LI Yue-jia, CHENG Yu-liang, GUO Ya-hui, YAO Wei-rong, XIE Yun-fei, QIAN He

(School of Food Science and Technology/State Key Laboratory of Food Science and Technology/International Joint Laboratory on Food Safety, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Soybean is a high-purine food, in order to reduce the purine content of whole soybeans, this study soaked soybean with different conditions, the perchloric acid hydrolysis was used to extract the purines and their compounds and the purine content of soybean was determined by HPLC to study the influence of soaking conditions on purines and their compounds. The method of single factor and orthogonal experiment were used to optimize the technological conditions. The results showed that under the soaking conditions which including addition of calcium chloride 4% (g: mL), soaking temperature 60℃, soaking time 2.5 h, the ratio of material to liquid 1:5 (g: mL), the removal efficiency of total purine in whole soybean was the best, which declined from 1.645 mg·g⁻¹ to 1.199 mg·g⁻¹. The removal of the main purine compounds were small molecule purines, the macromolecules were not easy to dissolve from soybean. The loss of nutrients in the treated soybean was small and the overall sense was good.

Keywords: Soybean; Purine; Soaking condition

大豆营养丰富,是一种优质的蛋白质来源,同时也是深受人们喜爱的食品原料之一。但近年来关于食用大豆及豆类制品诱发痛风的报道层出不穷,这为痛风病人的饮食带来一定的困扰。嘌呤是核酸的主要组成成分,在豆制品中广泛存在^[1-3]。嘌呤在人体中代谢的最终产物是尿酸,正常人血液中的尿酸通过不断地合成和排泄,其浓度会达到动态平衡^[4]。然而当尿酸代谢出现异常时,会出现合成量大于排泄量的情况,造成体内尿酸的积累,最终导致痛风病的发生^[5-7]。在中国的某些地区,痛风病的发病率呈现出逐年上升的趋势^[8]。因此研

究如何降低豆制品嘌呤含量,具有重要的实际意义。

嘌呤作为一种极性分子,可以被某些物质吸附^[9]。毛玉涛等研究发现,在豆浆中加入一定量的活性炭,可显著降低嘌呤含量,嘌呤最大去除率达到 48.878%^[10];李慧慧等^[11]对嘌呤的吸附工艺进行改善,将盐析与吸附结合,先向豆浆中加入一定量的氯化钙,再利用活性炭进行吸附,此时豆浆嘌呤的去除率可达到 65.872%。研究者对去除豆制品嘌呤的研究大多集中在液态产品上,对于整粒大豆嘌呤的脱除,目前国内外还没有成熟的工艺出现。大豆作为一种食品原料,与其他豆类及豆制品

收稿日期:2017-12-22
第一作者简介:李越佳(1993-),女,硕士,主要从事大豆去嘌呤工艺及其应用研究。E-mail:838487393@qq.com。
通讯作者:钱和(1962-),女,教授,主要从事大豆营养及其相关产品开发研究。E-mail:amt168@126.com。

相比具有更高的开发及应用价值,因此研究整粒大豆的嘌呤去除工艺十分必要。本文以整粒大豆为原料,研究不同浸泡条件对大豆嘌呤含量的影响,在保证大豆完整性状和口感的前提下优化浸泡工艺,最终得到了嘌呤含量有所降低的大豆。本文填补了整粒大豆去嘌呤工艺的空白,所制得的大豆更加利于痛风病人的食用,并为研究食品原料的嘌呤去除方法提供了新的思路。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

中黄13大豆种子;腺嘌呤标准品、鸟嘌呤标准品、黄嘌呤标准品、次黄嘌呤标准品色谱纯;甲醇为色谱纯;冰乙酸、氢氧化钠、四丁基氢氧化铵(40%)为分析纯。

试验用主要仪器为:Agilent 1260 高效液相色谱仪(美国);PS-10 超声波清洗机(东莞市洁康超声波设备有限公司);SCIENTZ-10ND 冷冻干燥机(宁波新芝生物科技股份有限公司);粉碎机(广东小熊电器有限公司);ZNCL-GS 智能磁力搅拌器(上海越众仪器设备有限公司)。

1.2 去嘌呤大豆的制作工艺

大豆→盐溶液浸泡→保温→过滤→清洗→冻干→成品。

将适量大豆清洗除杂后,以不同温度、料液比(大豆质量与盐溶液体积之比,g:mL)在含有不同种类和浓度的盐溶液中浸泡不同时间,浸泡结束后进行过滤,用清水清洗干净大豆表面附着的盐溶液并冷冻干燥,即得到去嘌呤大豆。

1.3 大豆嘌呤的提取方法

1.3.1 大豆总嘌呤的提取 参照 Clariana 等^[12]的方法略微改进。将大豆磨粉并过60目筛,取1.0 g大豆粉放置于具塞比色管中,加入高氯酸10 mL,在100℃下水解60 min后迅速冰浴冷却,先用6 mol·L⁻¹ NaOH 溶液调整 pH 至中性,再用稀磷酸调整至 pH4.0,滤纸滤去沉淀物,将滤液定容至30 mL,用0.22 μm 的针头式滤器过滤即得样品,放置于4℃冰箱待测。大豆经过浸泡、冻干等工艺的处理后,其质量会较未处理时有一定的差别,因此大豆粉的称量需根据处理前后的质量比例,统一折算成相应未处理时的质量。

1.3.2 大豆中小分子量及大分子量嘌呤类物质的提取 将大豆磨粉并过60目筛,取1.0 g大豆粉置于锥形瓶中,加入5%,4℃的高氯酸30 mL,混匀后放入4℃冰箱中反应1 h,之后用3 mol·L⁻¹ NaOH 调至中性^[13],离心,收集沉淀及上清液两部分。上清液中含有的是小分子量的嘌呤类物质,包括游离嘌呤、核苷、核苷酸等;沉淀中的是大分子量嘌呤类物质,包括DNA、RNA等。取一定量的上清液和沉淀分别放置于具塞比色管中,后继操作同1.3.1。

1.4 单因素试验

1.4.1 盐溶液的选择 取5个干净的烧杯,在烧杯中分别加入40 g清洗除杂的大豆,并分别加入浓度为4%的不同盐(硫酸镁、硫酸钾、氯化钙和氯化钠)溶液/悬浊液,在30℃下以1:5的料液比恒温浸泡4 h,考察不同盐溶液/悬浊液对大豆嘌呤含量的影响。

1.4.2 氯化钙用量对大豆嘌呤含量的影响 取5个干净的烧杯,在烧杯中分别加入40 g清洗除杂的大豆,以1:5的料液比分别加入浓度为2%、3%、4%、5%和6%的氯化钙溶液,在30℃下恒温浸泡4 h,考察氯化钙用量对大豆嘌呤含量的影响。

1.4.3 浸泡温度对大豆嘌呤含量的影响 取5个干净的烧杯,在烧杯中分别加入40 g清洗除杂的大豆,以1:5的料液比加入4%的氯化钙溶液,在不同温度(30,40,50,60,70℃)下恒温浸泡4 h,考察浸泡温度对大豆嘌呤含量的影响。

1.4.4 浸泡时间对大豆嘌呤含量的影响 取5个干净的烧杯,在烧杯中分别加入40 g清洗除杂的大豆,以1:5的料液比加入4%的氯化钙溶液,在60℃下恒温浸泡不同时间(1,2,3,4,5 h),考察浸泡时间对大豆嘌呤含量的影响。

1.4.5 料液比对大豆嘌呤含量的影响 取5个干净的烧杯,在烧杯中分别加入40 g清洗除杂的大豆,以不同料液比(1:3、1:4、1:5、1:6和1:7)加入4%的氯化钙溶液,在60℃下恒温浸泡2 h,考察料液比对大豆嘌呤含量的影响。

参照单因素试验结果进行后续正交试验。

1.5 检测方法

1.5.1 嘌呤含量测定 利用高效液相色谱对嘌呤含量进行测定。色谱条件为:色谱柱 Bridge C18 (5 μm,4.6×250 mm);流速:1.0 mL·min⁻¹;柱温:25℃;进样量:10 μL;检测波长:254 nm;流动相:水:冰乙酸:四丁基氢氧化铵(40%)=997:1.5:1.5,再

以 99:1 与甲醇混合^[14]。

1.5.2 蛋白质含量测定 采用凯氏定氮法^[15]。

1.5.3 脂肪含量测定 采用索氏提取法^[16]。

1.6 数据分析

数据分析使用 IBM SPSS Statistics V 21.0 进行。

1.6.1 每克大豆中总嘌呤含量计算公式 大豆的总嘌呤含量为腺嘌呤、鸟嘌呤、黄嘌呤、次黄嘌呤含量之和^[17]。根据样品中各嘌呤的峰面积,带入标准曲线中得出相应浓度并求和,则每克大豆总嘌呤含量 X 的计算公式如下:

$$X = C \times V / m$$

式中:X 为每克大豆总嘌呤含量,mg·g⁻¹;C 为样品中各嘌呤浓度之和,mg·mL⁻¹;V 为样品滤液定容的体积,mL;m 为称取大豆粉的质量,g。

1.6.2 每克大豆中上清液总嘌呤含量计算公式 上清液的总嘌呤含量为腺嘌呤、鸟嘌呤、黄嘌呤、次黄嘌呤含量之和。根据样品中各嘌呤的峰面积,带入标准曲线中得出相应浓度并求和,则每克大豆上清液总嘌呤含量 X 的计算公式如下:

$$X = C \times V \times V1 / (m \times V2)$$

式中:X 为上清液总嘌呤含量,mg·g⁻¹;C 为样品中各嘌呤浓度之和,mg·mL⁻¹;V 为样品滤液定容的体积,mL;V1 为上清液的总体积,mL;V2 为称取上清液的体积,mL;m 为称取大豆粉的质量,g。

1.6.3 每克大豆中沉淀总嘌呤含量计算公式 沉淀的总嘌呤含量为腺嘌呤、鸟嘌呤、黄嘌呤、次黄嘌呤含量之和。根据样品中各嘌呤的峰面积,带入标准曲线中得出相应浓度并求和,则每克大豆沉淀总嘌呤含量 X 的计算公式如下:

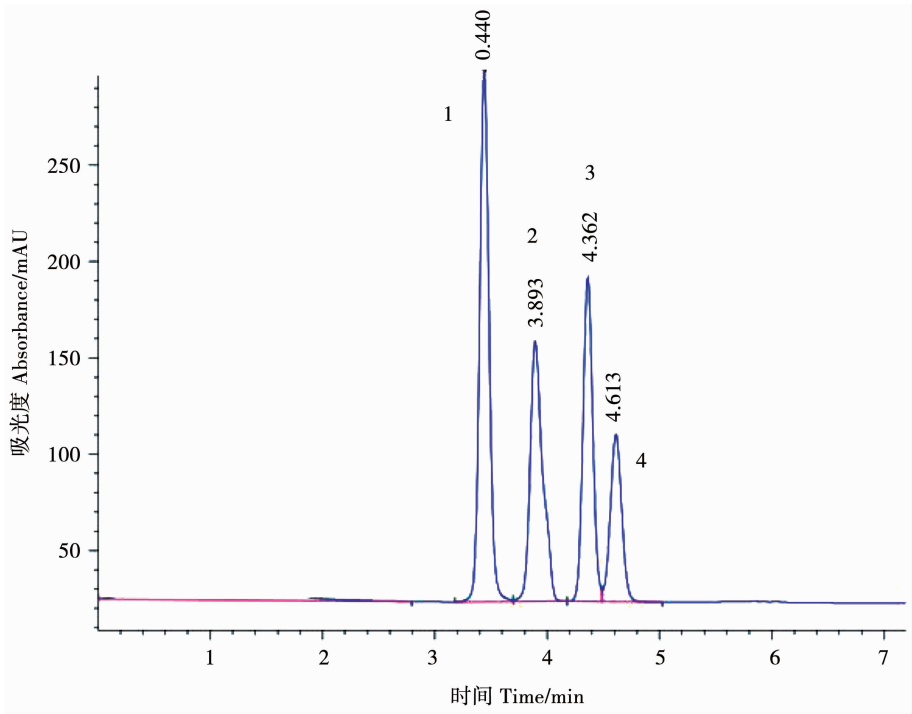
$$X = C \times V \times m1 / (m \times m2)$$

式中:X 为沉淀总嘌呤含量,mg·g⁻¹;C 为样品中各嘌呤浓度之和,mg·mL⁻¹;V 为样品滤液定容的体积,mL;m1 为沉淀的总质量,g;m2 为称取沉淀的质量,g;m 为称取大豆粉的质量,g。

2 结果与分析

2.1 标准曲线绘制

由图 1 可知,4 种嘌呤标准品的分离度较高,且峰型较好,说明该色谱条件适用于嘌呤的检测及分析。



1:腺嘌呤;2:鸟嘌呤;3:次黄嘌呤;4:黄嘌呤。
1: Aenine;2: Guanine;3: Hypoxanthine;4: Xanthine.

图 1 4 种嘌呤标准品色谱图

Fig. 1 Chromatograms of four purine standards

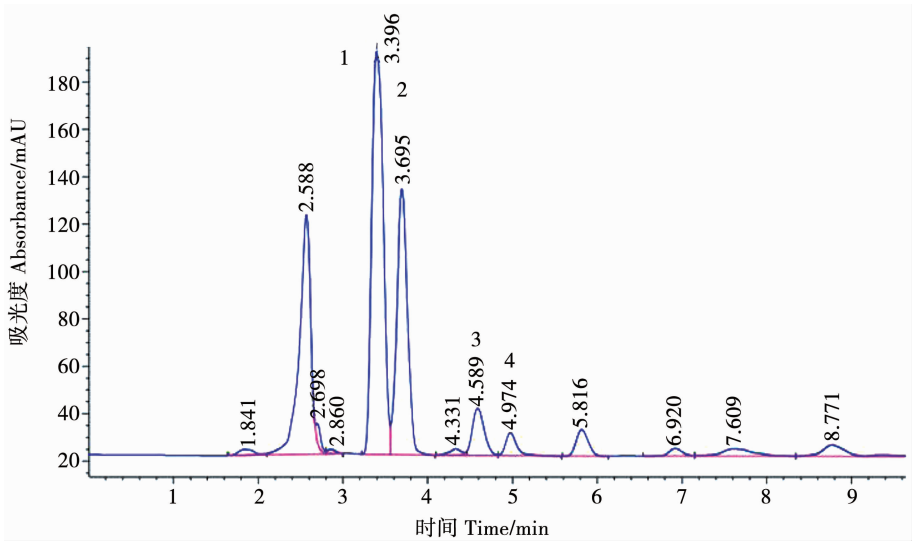
由表 1 可知,标准曲线的线性相关系数良好,说明峰面积与嘌呤的浓度呈很好的线性关系。

2.2 大豆嘌呤含量的测定

根据 1.3.1 的方法对大豆总嘌呤进行提取,利用高效液相色谱检测到大豆总嘌呤的色谱图(图 2)。根据标准曲线及 1.6.1 计算公式得出所用大豆原料的总嘌呤含量为 1.645 mg·g⁻¹

表 1 4 种嘌呤的标准曲线方程

Table 1 The standard curve equation of four purines		
名称	标准曲线	相关系数
Name	Standard curve	Correlation coefficient
腺嘌呤 Adenine	$y = 46.405x + 3.5734$	$R^2 = 1.0000$
鸟嘌呤 Guanine	$y = 41.524x - 15.369$	$R^2 = 0.9999$
次黄嘌呤 Hypoxanthine	$y = 22.956x + 1.0629$	$R^2 = 1.0000$
黄嘌呤 Xanthine	$y = 39.523x + 3.5163$	$R^2 = 1.0000$



1:腺嘌呤;2:鸟嘌呤;3:次黄嘌呤;4:黄嘌呤。
1: Adenine;2: Guanine;3: Hypoxanthine;4: Xanthine.

图 2 大豆总嘌呤色谱图
Fig. 2 Chromatogram of total purine in soybean

2.3 单因素试验

2.3.1 不同盐溶液对大豆嘌呤含量的影响 由图 3 可知,所选择的盐溶液对去除大豆嘌呤都有一定

作用,其中效果最好的是氯化钙溶液。这是因为氯化钙中的钙离子属于碱土金属离子,碱土金属对核 酸类物质有一定的沉淀和吸附作用。

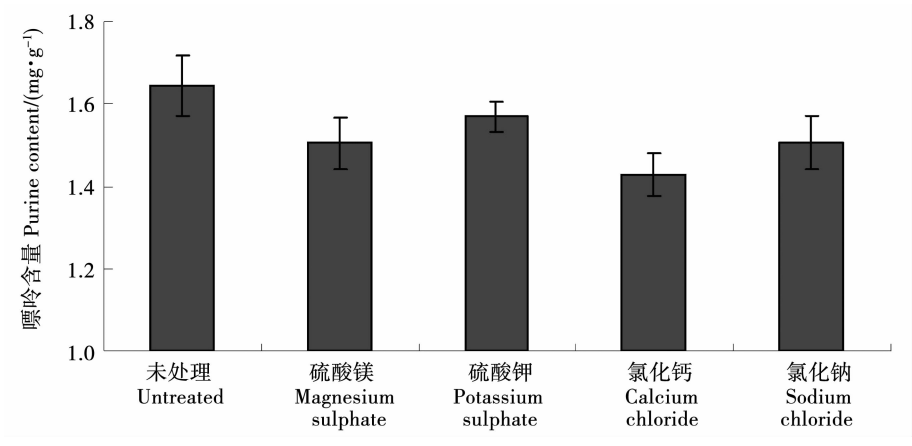


图 3 不同盐溶液对大豆嘌呤含量的影响
Fig. 3 Effects of different salt solutions on purine content in soybean

2.3.2 氯化钙用量对大豆嘌呤含量的影响 由图 4 可知,开始时,随着氯化钙用量的不断增大,大豆

中嘌呤含量呈逐渐下降的趋势。当氯化钙用量达到 4% 时,大豆嘌呤含量达到最低。继续增加氯化

钙用量,嘌呤含量反而升高。可能是由于过量的盐离子会影响大豆细胞膜的通透性,使嘌呤不易从细

胞中溶出。综合考虑,选择氯化钙用量 3%、4% 和 5% 作为正交试验的 3 个水平。

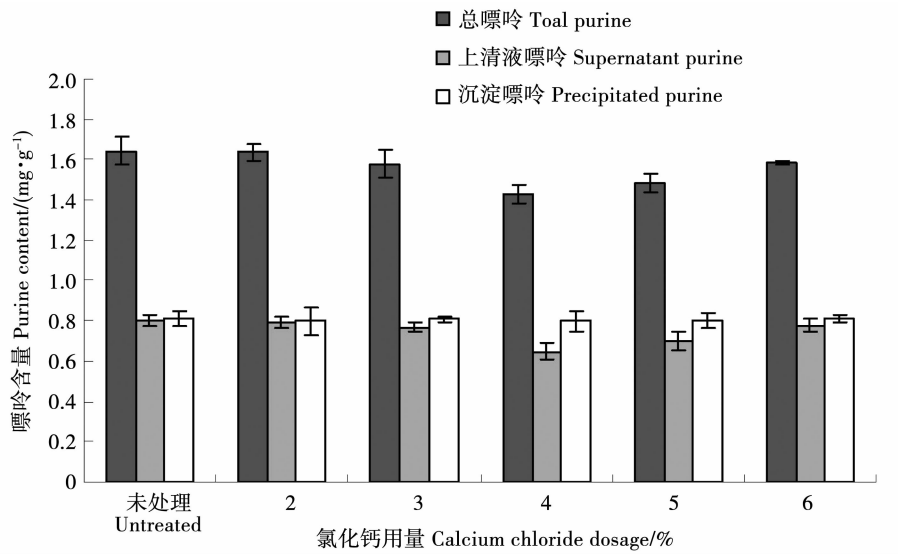


图 4 氯化钙用量对大豆嘌呤含量的影响
Fig. 4 Effect of calcium chloride content on purine content in soybean

2.3.3 浸泡温度对大豆嘌呤含量的影响 图 5 可知,随着温度的升高,大豆嘌呤含量在 40℃ 时出现明显的上升,然后逐渐降低,在 60℃ 时达到最低,之后略微上升并保持平稳。这是由于大豆是一种处于休眠状态的种子,在 40℃ 的条件下十分适合种子的活化,活化后的大豆细胞开始有丝分裂,大量的嘌呤类物质被制造出来,此时溶出的嘌呤与产生的

嘌呤量几乎相等,因此在嘌呤总量上会出现回升的现象。当温度达到 60℃ 时,细胞膜渗透能力受到影响,细胞间的膜被破坏,分解酶与基质混合,有利于较低分子量的组分扩散出来。60℃ 以上,分解酶被钝化,不利于嘌呤的溶出^[18]。综合考虑,选择浸泡温度 55,60 和 65℃ 为正交试验的 3 个水平。

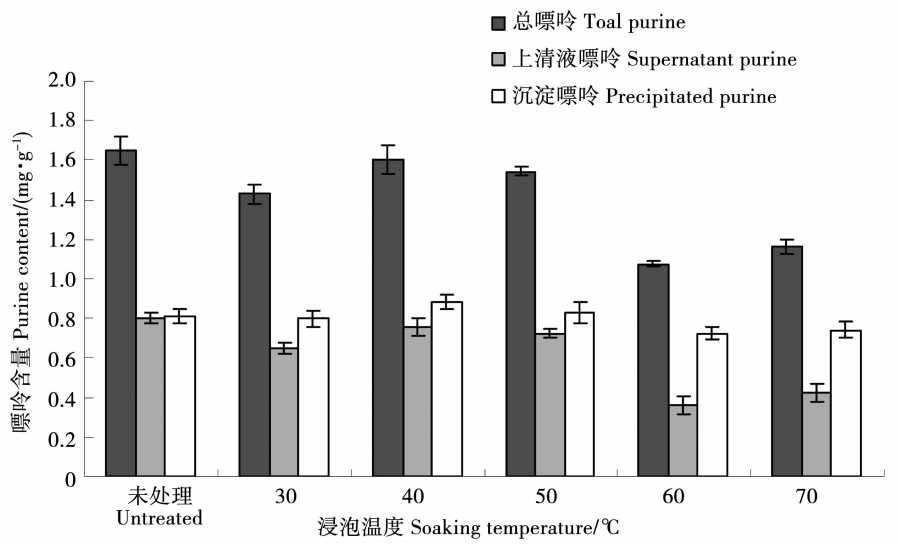


图 5 浸泡温度对大豆嘌呤含量的影响
Fig. 5 Effect of soaking temperature on purine content in soybean

2.3.4 浸泡时间对大豆嘌呤含量的影响 图 6 可知,浸泡时间越长,大豆嘌呤去除的越多。但试验中发现,随着浸泡时间的延长,泡豆水变得更加浑

浊,营养成分和呈味物质的损失越发严重。考虑到产品的感官指标及营养性,选择浸泡时间 1.5,2.0 和 2.5 h 作为正交试验的 3 个水平。

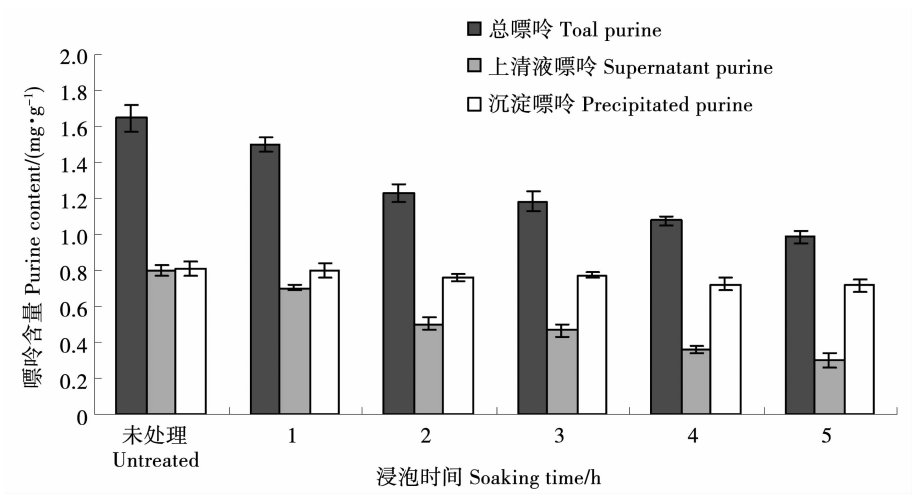


图6 浸泡时间对大豆嘌呤含量的影响
Fig.6 Effect of soaking time on purine content in soybean

2.3.5 料液比对大豆嘌呤含量的影响 由图7可以看出,随着料液比的增加,大豆总嘌呤含量先下降,之后逐渐稳定,在料液比为1:5时达到最低。试验中发现,继续增大氯化钙溶液的体积,相同时间

下大豆吸水的效率明显降低,大豆呈干瘪状,不能达到浸泡膨胀的目的。综合考虑,选择1:5为浸泡料液比。

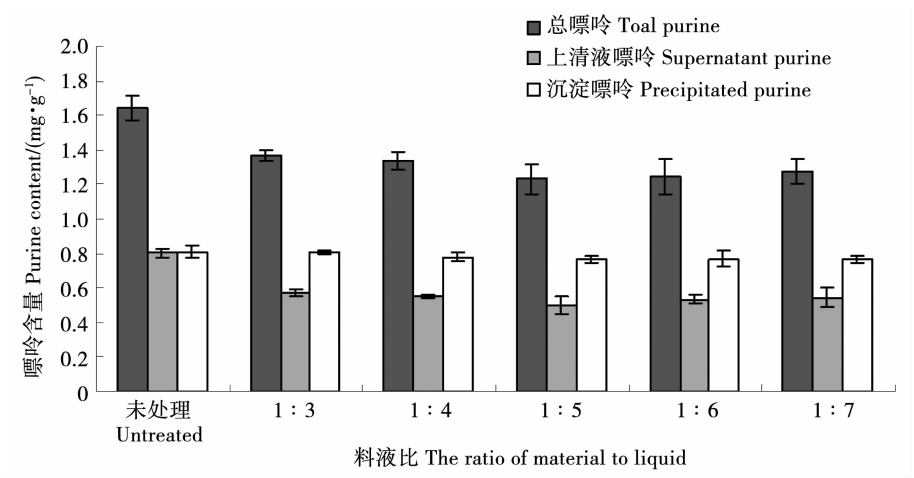


图7 料液比对大豆嘌呤含量的影响
Fig.7 Effect of ratio of material to liquid on purine content in soybean

2.4 正交法优化浸泡条件

选择氯化钙溶液作为浸泡溶液以及1:5的料液比,研究氯化钙用量、浸泡温度和浸泡时间3个因素对大豆中嘌呤类物质的去除效果,正交试验设计的因素与水平见表2。由表3可知,影响大豆嘌呤含量的浸泡因素主次为B>A>C,即浸泡温度>氯化钙用量>浸泡时间,最佳配比为A₁B₂C₃,但根据该配比进行试验得出的大豆总嘌呤含量为1.227 mg·g⁻¹,高于试验号5的检测结果,因此选择试验号5,即A₂B₂C₃为最佳配比,即氯化钙用量4%,浸泡温度60℃,浸泡时间2.5 h,料液比1:5,此时大豆总嘌呤

含量为1.199 mg·g⁻¹。

表2 正交试验设计因素及水平

Table 2 Factors and levels for orthogonal design			
水平 Level	因素 Factors		
	A 氯化钙用量 Calcium chloride dosage/%	B 浸泡温度 Soaking temperature/℃	C 浸泡时间 Soaking time /h
1	3	55	1.5
2	4	60	2.0
3	5	65	2.5

表 3 浸泡条件正交试验结果

Table 3 Orthogonal test results of soaking conditions

试验号 Test number	因素 Factors			总嘌呤 Total purine/(mg·g ⁻¹)
	A 氯化钙用量 Calcium chloride dosage/%	B 浸泡温度 Soaking temperature/℃	C 浸泡时间 Soaking time/h	
1	3	55	1.5	1.415
2	3	60	2.0	1.293
3	3	65	2.5	1.254
4	4	55	2.0	1.514
5	4	60	2.5	1.199
6	4	65	1.5	1.385
7	5	55	2.5	1.509
8	5	60	1.5	1.401
9	5	65	2.0	1.410
k1	1.321	1.480	1.400	
k2	1.366	1.297	1.406	
k3	1.440	1.350	1.321	
极差 Range	0.119	0.182	0.085	

2.5 普通豆与处理豆的部分基础指标含量比较

采用正交试验得出的最佳配比 A₂B₂C₃ 对大豆进行处理,并对未脱嘌呤的普通豆和处理后的大豆中部分指标进行检测。普通豆中,上清液和沉淀的嘌呤含量相近,即大豆的小分子量和大分子量嘌呤

类物质含量相近。经过盐溶液浸泡后的处理豆较普通豆相比,蛋白质含量减少了 10.32%,脂肪减少了 16.11%,上清液嘌呤减少 42.23%,沉淀嘌呤减少了 6.78%,总嘌呤减少了 27.13%(表 4)。可见浸泡法去除的主要是小分子量的嘌呤类物质。

表 4 普通豆与处理豆的部分指标含量比较

Table 4 Comparison of some indexes between common soybean and treated soybean

项目 Item	蛋白质 Protein/(g·g ⁻¹)	脂肪 Fat /(g·g ⁻¹)	上清液嘌呤 Supernatant purine /(mg·g ⁻¹)	沉淀嘌呤 Precipitated purine /(mg·g ⁻¹)	总嘌呤 Total purine /(mg·g ⁻¹)
普通豆 Common soybean	0.368	0.181	0.802	0.808	1.645
处理豆 Treated Soybean	0.329	0.152	0.463	0.754	1.199

3 结论与讨论

本文对 Clariana 等^[12]的方法稍作改进,从大豆中提取出小分子量及大分子量的嘌呤类物质,并参照车康^[14]的高效液相色谱条件对其进行分析,通过计算得出大豆的总嘌呤含量为 1.645 mg·g⁻¹,与刘少林^[19]所得结果类似。同时,对大豆中不同分子量嘌呤的分析得出,大豆中大分子量的嘌呤类物质含量与小分子量嘌呤类物质含量相似,通过氯化钙溶液浸泡处理后,小分子量嘌呤类物质减少了 42.23%,大分子量嘌呤类物质减少了 6.78%,总嘌呤减少了 27.13%,说明浸泡法去除的主要是小分

子量的嘌呤类物质,对大分子量的嘌呤类物质效果不明显。

通过部分金属盐对嘌呤类物质的吸附和沉降作用,研究不同浸泡条件下大豆嘌呤含量的去除效果,结果表明,氯化钙溶液对大豆嘌呤的去除效果最好,在氯化钙添加量为 4%,浸泡温度 60℃,浸泡时间 2.5 h,料液比 1:5(g: mL)的条件下,大豆总嘌呤含量最低,从 1.645 mg·g⁻¹下降到 1.199 mg·g⁻¹。浸泡法主要去除小分子量的嘌呤类物质,且蛋白质、脂肪的保留程度较高。采用本工艺制得的大豆,在保留大豆的口感和结构完整性的前提下,降低了嘌呤含量,可为整粒大豆去嘌呤工艺提供参考。

参考文献

[1] 荣胜忠,张艳男,王栋,等. 常见干豆类及豆制品中嘌呤含量研究[J]. 中国食物与营养,2014,20(6):61-63. (Rong S Z, Zhang Y N, Wang D, et al. Study on the purine content in common dried legumes and legume products[J]. Food and Nutrition in China, 2014, 20(6):61-63.)

[2] 王斌,黄丽娜,邱丽娟,等. 中温盐法制备低核酸酵母抽提物的工艺研究[J]. 生物学杂志,2014, 31(4):107-109. (Wang B, Huang L N, Qiu L J, et al. Preparation of low nucleic acid yeast extract by a mesotherm/light-salt method[J]. Journal of Biology,2014, 31(4):107-109.)

[3] 毛玉涛,王明力,张洪. 低嘌呤食品的认识与发展[J]. 食品研究与开发,2012, 33(12):228-231. (Mao Y T, Wang M L, Zhang H. Recognition and development of low purine foods[J]. Food Research and Development,2012, 33(12):228-231.)

[4] 陆春梅. 痛风病人不同嘌呤摄入量分析[D]. 青岛:青岛大学,2013. (Lu C M. Investigation on dietary purine intake of patients with gout[D]. Qingdao:Qingdao University,2013.)

[5] 吕泽. 大豆种子嘌呤含量与人体尿酸代谢关系研究的评述[J]. 大豆科学,2016, 35(3):521-524. (Lyu Z. A review on the relationship between purine content of Lyuetabolism in human body soybean and uric acid[J]. Soybean Science, 2016, 35(3):521-524.)

[6] 杨玲玲,黄丽贞,邓家刚. 痛风性关节炎动物模型研究进展[J]. 世界中医药,2015(9):1461-1463. (Yang L L, Huang L Z, Deng J G. Research process of animal model of gouty arthritis[J]. World Chinese Medicine, 2015(9):1461-1463.)

[7] Jankowska D A, Trautweinschult A, Cordes A, et al. A novel enzymatic approach in the production of food with low purine content using *Arxula adeninivorans* endogenous and recombinant purine degradative enzymes[J]. Bioengineered,2015, 6(1):20-25.

[8] 盛峰. 痛风的临床与基础研究[D]. 北京:北京协和医学院,2014. (Sheng F. The clinical and basic research of gout[D]. Beijing: Peking Union Medical College,2014.)

[9] 周锡漳,刘琳,甄东凯. 金属离子沉淀核酸方法的初步研究[J]. 中国医学科学院学报,1986,8(6):490-492. (Zhou X Z, Liu L, Zhen D K. Preliminary study on the method of precipitation of nucleic acid by metal ion[J]. Acta Academiae Medicinae Sinicae,1986, 8(6):490-492.)

[10] 毛玉涛,王明力,张洪,等. 盐析法脱除豆浆中嘌呤物质的探究[J]. 食品科技,2013(4):58-62. (Mao Y T, Wang L M, Zhang H. Exploration to the salting-out of purine exclusion from

soybean milk[J]. Food Science and Technology, 2013(4):58-62.)

[11] 李慧慧,王明力,卢义龙,等. 盐析-吸附法去除豆浆中嘌呤物质的探究[J]. 食品科技,2015,40(7):90-93. (Li H H, Wang L M, Lu Y L, et al. Exploration to the salting-adsorption of purine exclusion from soybean milk[J]. Food Science and Technology, 2015,40(7):90-93.)

[12] Clariana M, Gratacós-Cubarsí M, Hortós M, et al. Analysis of seven purines and pyrimidines in pork meat products by ultra high performance liquid chromatography – tandem mass spectrometry [J]. Journal of Chromatography A,2010;4294-4299.

[13] Rboert L, Macy J R, Donald H, et al. Water-soluble flavor and odor precursors of meat. 3. changes in nucleotides, total nucleosides and bases of beef, pork and lamb during heating[J]. Food Science and Nutrition Department,1970(35):78-80.

[14] 车康. 低嘌呤脱脂豆腐粉的检测与性质分析[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2012. (Che K. Detection and analysis of low-purine and defatted soybean curd powder[D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University,2012.)

[15] 中华人民共和国,中国国家标准化管理委员会. 食品中蛋白质测定方法:GB5009.5-2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010. (The People's Republic of China, China National Standardization Administration. Determination of protein in food: GB 5009.5-2010[S]. Beijing: China Standards Press,2010.)

[16] 中华人民共和国,中国国家标准化管理委员会. 食品中脂肪的测定:GB6009.6-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016. (The People's Republic of China, China National Standardization Administration. Determination of protein in food: GB 5009.6-2016[S]. Beijing: China Standards Press, 2016.)

[17] 骆锡能,陈翠瑶,陈星宇,等. 黄豆产品的嘌呤含量及其于豆浆制程中之变化[J]. 营养科学杂志, 2010,35(4):136-145. (Luo X N, Chen C Y, Chen X Y, et al. Purine contents of soybean products and its changes during soymilk processing[J]. Nutrition Science Journal,2010,35(4):136-145.)

[18] 李里特,曹薇. 大豆浸泡温度对豆腐加工的影响[J]. 食品科学,1998,19(6):29-32. (Li L T, Cao W. Influence of soybean soaking temperature on tofu processing[J]. Food Science,1998, 19(6):29-32.)

[19] 刘少林. 大豆中嘌呤含量的测定及分离研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2009. (Liu S L. Study on the determination and separation of purine content in Soybean[D]. Anhui: Anhui Agriculture University,2009.)