

大豆品种对卤水豆腐和内酯豆腐加工特性的影响

杨剑婷¹, 李孟良², 徐晴¹, 胡象方¹, 张冬冬¹

(1. 安徽科技学院食品药品学院, 安徽凤阳 233100) (2. 安徽科技学院农学院, 安徽凤阳 233100)

摘要: 以中黄 13、小金黄、黑豆一号、东农 53、五河野生大豆(新、陈)等不同品种的豆子为原料, 根据卤水豆腐和内酯豆腐制作的基本工艺加工豆腐, 以盐卤和葡萄糖酸- δ -内酯为凝固剂, 利用感官评分、TPA 质构分析、产率和营养素等指标, 分析不同品种大豆对卤水豆腐和内酯豆腐加工特性的影响。结果表明, 不同种类豆子加工两种豆腐的感官评分和质构分析结果差异均达极显著水平 ($p < 0.01$), 其中中黄 13、小金黄、黑豆一号的感官评分和质构结果较高; 五河野生大豆的卤水豆腐结构较为松散, 而五河野生大豆(陈)内酯豆腐不能成型; 结合产率、蛋白质和脂肪含量, 综合分析得出小金黄、中黄 13、黑豆一号这三个品种比较适合加工卤水豆腐; 小金黄和黑豆一号比较适合加工内酯豆腐。

关键词: 大豆品种; 卤水豆腐; 内酯豆腐; TPA 质构分析

文章编号: 1673-9078(2016)07-145-150

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.7.023

Effect of Soybean Cultivars on the Processing Characteristics of Brine Tofu and Lactone Tofu

YANG Jian-ting¹, LI Meng-liang², XU Qing¹, HU Xiang-fang¹, ZHANG Dong-dong¹

(1.School of Food and Drug, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

(2.Anhui Science and Technology University School of Agriculture, Fengyang 233100, China)

Abstract: Zhonghuang 13, Xiaojinhuang, Black soybean 1, Dongnong 53, and Wuhe wild soybean (new and old) were used as raw materials, and brine and glucono- δ -lactone were used as coagulants to prepare brine tofu and lactone tofu following basic procedures. Texture property analysis (TPA), sensory evaluation, yield, and nutrients of tofu were determined to analyze the effect of soybean cultivars on the processing characteristics of the two types of tofu. The results showed extremely significant differences ($p < 0.01$) in the sensory score and TPA results of the two types of tofu prepared from different soybean cultivars. Among them, Zhonghuang 13, Xiaojinhuang, and Black bean 1 showed higher sensory scores and better TPA results. Brine tofu prepared from Wuhe wild soybeans had a loose texture, and curd could not be formed from Wuhe wild soybean (old). In comprehensive analysis based on yield as well as protein and fat content, Xiaojinhuang, Zhonghuang 13, and Black soybean 1 were suitable for the preparation of brine tofu; Xiaojinhuang and Black soybean 1 were also suitable for the preparation of lactone tofu.

Key words: soybean cultivars; brine tofu; lactone tofu; texture profile analysis

豆腐是人们生活中最常见的豆制品, 是由大豆打浆, 应用凝固剂使大豆蛋白凝固而成。豆腐是我国的传统食品, 具有极高的营养价值, 其中含有丰富的优质蛋白, 容易被人体消化吸收, 素有“植物肉”之美称; 大豆中含不饱和脂肪酸、黄酮等营养素, 对于降低血脂、延缓机体氧化等具有重要意义^[1]。随着社会生活水平不断提高, 人们对饮食的健康意识不断加强, 大豆食品不仅在东方国家食用广泛, 在西方国家也作为一种保健食品越来越受到消费群体的青睐, 美国的大

收稿日期: 2015-07-22

基金项目: 安徽省教育厅自然科学研究项目 (KJ2013Z039); 安徽科技学院农产品加工及贮藏工程学科项目 (AKZDXK2015B04)

作者简介: 杨剑婷 (1975-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为食品科学

豆食品以每年 10% 的速度递增^[2]。不同品种的大豆由于原料内在物质含量和理化性质的差异, 决定了豆腐的食用品质、产率以及所含营养成分会有所差别。目前, 豆腐加工中主要通过感官评定来评价豆腐的品质, 其主观随意性较大, 产品批次质检结果的差异较大, 不利于优质豆腐的加工和适宜性原料的选择。质构分析将待测食品中与机械特性相关的感官品质通过负载(形变)和时间的形式记录下产品的受力响应, 评价结果更加客观, 现在已广泛应用于食品的品质分析中^[3]。本文选择五种不同粒径、不同颜色、不同用途的大豆为原料, 以盐卤和葡萄糖内酯为凝固剂制备豆腐, 通过对成品豆腐进行感官评价、TPA (Texture profile Analysis, 质构分析)、产率和营养素含量测定, 分析

不同品种卤水豆腐和内酯豆腐的质构特性和营养成分,以明确它们对卤水豆腐和内酯豆腐加工特性的影响,为拓宽各类大豆的实用范围提供理论基础和方法依据。

1 材料与方法

1.1 材料和试剂

试验材料的大豆品种分别为:中黄 13、小金黄、黑豆一号、东农 53、五河野生大豆(新、陈)(见表 1)。除五河野生大豆(陈)外,其余大豆均为 2014 年新产豆,4℃贮藏 2 个月备用;五河野生大豆(陈)为室温贮藏 14 个月备用。

表 1 不同大豆品种来源及其特性

Table 1 Sources and characters of different kinds of soybeans

品种	产地	百粒重/g	色泽	主要用途
中黄 13	皖北	24~26	黄色	豆腐原料
小金黄	吉林	12~14	黄色	芽用(生产豆芽)
黑豆一号	皖北	41~44	黑色	芽用(生产豆芽)
东农 53	吉林	31~33	黄色	芽用(生产豆芽)
五河野生大豆(新)	皖北	8~9	黑色	-
五河野生大豆(陈)	皖北	8~9	黑色	-

凝固剂为氯化镁(盐卤)和葡萄糖酸- δ -内酯,均为属食品添加剂。氯化镁,由天津市塘沽金轮烟花有限公司生产;葡萄糖酸- δ -内酯,由安徽省兴亩医药食品有限公司生产。

1.2 主要仪器与设备

FDM-Z100 分离式磨浆机,镇江市飞达机械厂;DZF-6050 真空干燥箱,上海三发科学仪器有限公司;CT3 物性测试仪(TA-XA PLUS),英国 Stable Micro

Systems 公司;KDN-08A 定氮仪,上海新嘉电子有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 豆浆的制备

称取 100 g 干豆,冲洗干净,在 8~15℃下用 900 g 水浸泡 10~12 h,之后磨浆 5 min,所得豆浆用两层滤布过滤,过滤后的滤液(豆浆)加热至沸腾,微沸保持 3~5 min 备用。

1.3.2 卤水豆腐加工工艺

称取 3.5 g 盐卤溶于 25 mL 水制备成卤水,待 1.3.1 豆浆温度降到 80~85℃,逐渐将卤水加入豆浆中,并由下向上快速搅拌均匀,静置 10 min,至出现豆花析出清水。在豆腐模具内铺好用水浸湿的豆包布,将豆花置于模具内,盖好盖子,上面放 1 kg 的重物压 6~8 h 后脱模即可^[4]。

1.3.3 内酯豆腐加工工艺

称取 0.8 g 葡萄糖酸- δ -内酯用 15 mL 水溶解配制成葡萄糖酸- δ -内酯溶液,待 1.3.1 豆浆温度冷却到 35℃以下,将溶解好的葡萄糖酸- δ -内酯溶液加入豆浆中,缓慢加入葡萄糖酸- δ -内酯溶液的同时上下搅动豆浆,完成点酯。将点酯后的豆浆倒入模型中,于 85~90℃保温 20~30 min 静置凝固成型,之后自然冷却,即为成品^[5]。

1.3.4 豆腐感官的评定

根据产品组织状态、风味、外观、色泽四个方面进行评定。在室内温度(10~20℃)下,成品豆腐放置 6~8 h 后,切成长宽高均为 20 mm 的方块后编号。组织 10 人分别对豆腐的四项指标进行感官评定。每项满分 25 分,最低分 0 分^[6]。具体评分标准见表 2。

表 2 豆腐感官指标评分标准

Table 2 Sensory evaluation standards of Tofu

项目	评分标准		
	色泽美观,分布均匀	色泽较美观,分布较均匀	色泽不美观,分布不均匀
色泽(25分)	(20~25分)	(14~19分)	(14分以下)
风味(25分)	豆香味浓	豆香味较浓	豆香味淡
	(20~25分)	(14~19分)	(14分以下)
外观(25分)	块形完整,表面湿润	块形较完整,表面较湿润	块形不完整,表面干
	(20~25分)	(14~19分)	(14分以下)
组织状态(25分)	断面细腻,气孔少	断面较细腻,气孔较少	断面粗糙,气孔多
	(20~25分)	(14~19分)	(14分以下)

1.3.5 豆腐质构特性的测定

卤水豆腐用质构仪进行 TPA 质构分析,所选用探头分别为 TA10 小圆柱型探头和 TA7 刀片型探头。

TA10 圆柱型探头主要用于豆腐的弹力、弹性、回复性、硬度形变量的分析,TA7 主要用于豆腐的拉丝长度、内聚性、咀嚼性的分析。对豆腐取样为长度、宽

度、高度均为 20 mm 的块状,测定参数设定如下:TA10 型号探头距离目标值 4.0 mm、TA7 型号探头距离目标值为 6.0 mm;触发点负载均 20 g;预测试速度均 2mm/s;测试速度均 1.00 mm/s;返回速度均 1.0 mm/s;循环次数均为 2 次。

内酯豆腐用质构仪进行 TPA 质构分析,选用 TA43 塑料圆球型探头。测定参数设定如下:距离目标值为 6.0 mm;触发点负载 20 g;预测试速度 2 mm/s;测试速度 1.00 mm/s;返回速度 1.0 mm/s;循环次数 2 次。

1.3.6 豆腐产率的测定

参照 Cai 等^[6]的方法,按公式(1)计算豆腐的产率。

豆腐产率=(成品豆腐重量/干豆子重量)×100% (1)

1.3.7 豆腐营养素含量的测定

成品豆腐含水量的测定:采用直接干燥法,参照 GB/T 5009.3-2003 方法进行测定^[7]。

成品豆腐中粗脂肪的测定:用索氏抽提器,参照 GB/T14772-2008 方法进行测定^[7]。

成品豆腐中蛋白质含量的测定:凯氏定氮法,参照 GB/T 24899-2010 方法进行测定^[8]。

1.3.8 数据处理与统计分析

所有试验均进行 3 个重复平行试验,结果以其(平均值±标准差)的形式表示,采用 Excel 2010 软件进行统计分析 with 数据处理。

2 结果与讨论

2.1 大豆品种对卤水豆腐感官品质的影响

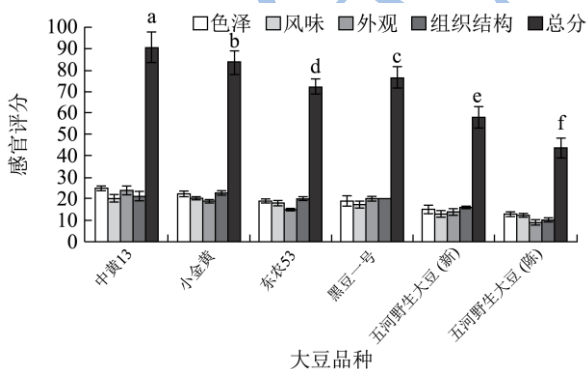


图 1 不同品种豆子制作卤水豆腐的感官评分

Fig.1 Sensory scores of brine tofu produced with different kinds of soybean

注: a、b、c 等表示差异极显著($p < 0.01$), 图 2 同。

不同品种大豆根据卤水豆腐传统加工工艺所制成的豆腐,感官评分之间具有显著性差异 ($p < 0.01$),结果如图 1 所示,在豆腐色泽和外观方面,小金黄与

中黄 13 豆腐评分最高,成品色泽较白、分布均匀,块形完整、表面湿润;黑豆一号成品为均匀的抹茶色,与传统豆腐的颜色有明显差异,块形较完整;东农 53 成品色泽略黄,块形松散;五河野生大豆(新)成品呈浅灰色,颜色较均匀,块形较完整,而五河野生大豆(陈)豆腐色泽则成灰褐色,块形疏松。在风味上,小金黄和中黄 13 的成品豆香浓厚,其次是五河野生大豆(新),但五河野生大豆(陈)风味较差,豆香味淡。在组织结构上,小金黄成品结构紧密,表面均匀细嫩,断面基本没有气孔;而中黄 13 与黑豆一号断面较均匀细嫩,有少量气孔;而东农一号的成品与 2013 野生豆成品组结构松散,表面粗糙,气孔较多易断裂,韧性差。

2.2 大豆品种对内酯豆腐感官品质的影响

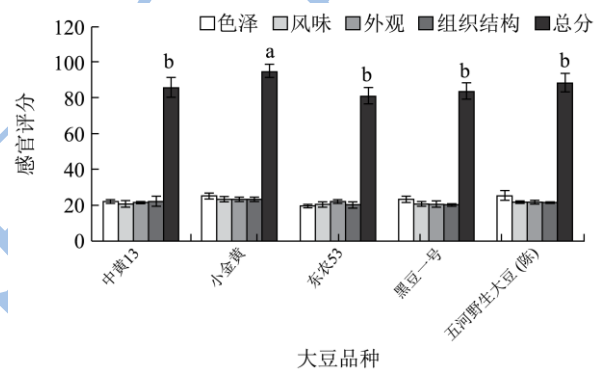


图 2 不同品种豆子制作内酯豆腐的感官评分

Fig.2 Sensory scores of lactone tofu produced with different kinds of soybean

五河野生大豆(陈)按该研究中的内酯豆腐工艺不能成形,所以该结果中只有五种豆腐,他们之间的感官评价差异具有显著性 ($p < 0.01$)。就感官评分而言(图 2),在豆腐色泽和外观方面,小金黄与中黄 13 的豆腐认可度最高,成品色泽白皙、分布均匀,表面完整湿润;黑豆一号成品为均匀的抹茶色,表面略干且有少量气孔,块形较完整;东农 53 成品色泽略黄,块形完整;五河野生大豆(新)成品呈浅灰色,色泽不均匀,块形松散。在风味上,小金黄和中黄 13 的豆香浓厚,其次是东农 53,但五河野生大豆(新)风味较差,豆香味淡。在组织结构上,小金黄与中黄成品结构紧密,表面均匀细嫩,断面基本没有气孔;而黑豆与东农断面较均匀细嫩,有少量气孔;而五河野生大豆(新)豆腐组结构较松散,弹性较差易破裂。内酯豆腐是以葡萄糖酸- δ -内酯为凝固剂,其在水溶液中诱导形成的酸化作用使蛋白质凝固。本试验中五河野生大豆(新)形成的内酯豆腐结构松散而五河野生大豆(陈)不能形成内酯豆腐,这可能与其蛋白质含量

或蛋白质构成有关^[9]。

2.3 大豆品种对卤水豆腐质构特性的影响

豆腐的质构特性主要表现为机械特性相关的硬度、弹力、弹性、拉丝长度、内聚性、咀嚼性、回复性等,不同种大豆所制备的豆腐之间的这些物理特性会有所差别。根据探头的形状特点对豆腐的质构进行选择性的分类,TA10 圆柱型探头主要用于豆腐的弹力、弹性、回复性、硬度形变量的分析,TA7 主要用于豆腐的拉丝长度、内聚性、咀嚼性的分析。

2.3.1 TA10 圆柱型探头的质构结果与分析

表 3 不同品种卤水豆腐 TA10 探头的质构结果

Table 3 Texture properties of different kinds of brine tofu determined by the detector TA10

大豆品种	弹力	弹性 /mm	回复性 /mm	硬度形变量 /mm
中黄 13	0.53±0.05 ^a	3.59±0.83 ^a	3.32±0.55 ^a	3.98±0.64 ^a
小金黄	0.52±0.03 ^a	3.67±0.78 ^a	3.32±0.47 ^a	3.99±0.57 ^a
黑豆一号	0.53±0.04 ^a	3.69±0.21 ^a	3.19±0.26 ^{ab}	3.99±0.78 ^a
东农 53	0.44±0.02 ^b	3.50±0.36 ^a	2.96±0.34 ^b	4.00±0.56 ^a
五河野生大豆(新)	0.26±0.01 ^c	3.21±0.45 ^a	2.20±0.25 ^c	3.91±0.41 ^a
五河野生大豆(陈)	0.11±0.02 ^d	2.68±0.61 ^b	1.30±0.08 ^d	3.97±0.47 ^a

注:每列进行多重比较,a,b,c 等表示差异极显著(P<0.01),表 4、表 5 同。

用质构仪中所配备的圆柱型探头对卤水豆腐分别进行弹力、弹性、回复性、硬度形变量这四个方面的质构分析。结果如表 3 所示,对于不同品种的大豆,豆腐的弹力、弹性、回复性这三者之间的差异比较显著。其中小金黄卤水豆腐的弹力、弹性和回复性指标分别高达 0.52、3.67 mm、3.32 mm,高于其他品种卤水豆腐,表明其凝固效果最好,豆腐内部的空隙也较均匀细密^[10]。中黄 13 豆子和黑豆一号的豆腐在这三个方面质构数据也较高,综合略低于小金黄的豆腐。但是野生大豆所制豆腐各项指标数值都较低,弹力、弹性和回复性指标分别为 0.26、3.21 mm、2.20 mm,均低于其他豆子的产品。五河野生大豆(陈)属于陈豆,其各项性质与五河野生大豆(新)相比差异更为明显,弹力、弹性和回复性指标分别为 0.11、2.68 mm、1.30 mm,均远远低于同品种的新豆。在硬度形变量方面,各个品种的卤水豆腐之间的差异不是十分显著,品种之间的硬度形变量极值为 0.9 mm,其中最高的是东农 53 大豆的卤水豆腐,高达 4.00 mm。硬度形变量指标越高,表示豆腐形变发生越大,则豆腐硬度越小。

由此看出弹力、弹性、回复性、硬度形变量等物性参数可以反映出不同大豆品种之间的差异,表明不同品种豆腐之间的质构特性存在显著性差异($p<0.01$)。

2.3.2 TA7 刀片型探头的质构结果与分析

TA7 探头呈刀片型,可对五个品种的卤水豆腐分别进行拉丝长度、内聚性、咀嚼性这三个方面的质构分析。由表 4 可以看出,不同品种的大豆制得的卤水豆腐在拉丝长度、咀嚼性这两个物性方面具有显著性差异。拉丝长度主要是试验测试中豆腐表面粘性大小的一种表现形式;咀嚼性则是模仿牙齿咀嚼作用下所产生的对豆腐的食用感受,反映出豆腐的咀嚼口感。其中黑豆一号所制的豆腐拉丝长度为 5.6 mm,明显高于其他品种豆腐。同时五河野生大豆(新)的拉丝长度为 1.53 mm,在众多品种中仅次于黑豆一号,五河野生大豆(陈)的豆腐拉丝长度为 3.11 mm,几乎是新豆的两倍,拉丝长度或许可以作为野生大豆的新鲜程度的测定指标。在咀嚼性方面,黑豆一号最高,高达 8.96 mJ,小金黄次之,咀嚼性也高达 8.06 mJ,两者普遍高于其他大豆品种。而五河野生大豆较低,五河野生大豆(新)的仅为 4.2 mJ,陈豆咀嚼性明显低于新豆。在内聚性方面,豆腐中组成元素结合的越紧密,豆腐的内聚性就越高^[10],各种豆腐之间内聚性未见显著差异,只是五河野生大豆稍低于其他品种大豆,内聚性为 0.62,陈豆为 0.52,低于新豆,可见豆腐的一些品质与原料的存储时间有关,这与 Kamizake 等的结果一致^[11]。

表 4 不同品种卤水豆腐性质的比较(TA7)

Table 4 Texture properties of different kinds of brine tofu determined by the detector TA7

大豆品种	拉丝长度/mm	内聚性	咀嚼性/mJ
中黄 13	0.50±0.13 ^e	0.83±0.03 ^a	6.10±1.52 ^c
小金黄	0.42±0.10 ^e	0.83±0.02 ^a	8.06±1.25 ^b
黑豆一号	5.6±0.57 ^a	0.87±0.01 ^a	8.96±1.13 ^a
东农 53	0.63±0.11 ^d	0.83±0.05 ^a	6.13±0.23 ^c
五河野生大豆(新)	1.53±0.20 ^c	0.62±0.03 ^b	4.20±0.21 ^d
五河野生大豆(陈)	3.11±0.24 ^b	0.52±0.05 ^e	2.83±0.16 ^e

2.4 大豆品种对内酯豆腐质构特性的影响

由于内酯豆腐质地细腻柔软,故选用质构仪中所配备的 TA43 塑料圆球型探头,分别对其进行弹力、弹性、拉丝长度、咀嚼性、回复性、硬度形变量等方面的质构分析检测^[13]。结果如表 5 所示,不同品种的内酯豆腐在这六个物性方面存在显著性差异。在弹性和回复性这两个方面,中黄 13 内酯豆腐的数据指标分别为 4.59 mm、5.33 mm,明显高于其他品种的内酯豆

腐。小金黄内酯豆腐的弹性和回复性的指标分别为 1.11 mm、1.55 mm，明显低于其他品种的内酯豆腐。这两个指标与豆腐的凝固效果呈正相关，数值越高，表示豆腐的凝固效果越好，豆腐的切面也越光滑均匀，豆腐内部的空隙也就越均匀细密，口感越好^[11]。咀嚼性反映出豆腐的硬度口感，中黄 13 内酯豆腐的咀嚼性为 2.77 mJ，也显著高于其他品种豆腐，而小金黄内酯

豆腐的咀嚼性指标最低，仅 0.15 mJ。在硬度形变量方面，形变量指标越高，表示豆腐形变发生越大，但豆腐硬度较小。东农 53 内酯豆腐硬度形变量变化最大，为 5.82 mm，小金黄内酯豆腐硬度形变量变化最小，为 4.87 mm。这些指标可以综合反映出内酯豆腐的各项感官品质与其物理特性。

表 5 不同品种内酯豆腐性质的比较 (TA43)

Table 5 Texture properties of different kinds of lactone tofu determined by the detector TA43

大豆品种	弹力	弹性/mm	拉丝长度/mm	咀嚼性/mJ	回复性/mm	硬度形变量/mm
中黄 13	0.43±0.05 ^a	4.59±0.02 ^a	5.16±0.17 ^a	2.77±0.15 ^a	5.33±0.16 ^a	5.70±0.14 ^a
小金黄	0.13±0.02 ^c	1.11±0.14 ^d	3.27±0.05 ^d	0.15±0.02 ^e	1.55±0.25 ^e	4.87±0.25 ^c
黑豆一号	0.20±0.02 ^b	2.29±0.18 ^c	4.14±0.14 ^b	0.76±0.15 ^c	2.97±0.08 ^b	4.94±0.24 ^c
东农 53	0.21±0.04 ^b	2.78±0.34 ^b	2.86±0.52 ^e	1.10±0.04 ^b	2.45±0.06 ^c	5.82±0.12 ^a
五河野生大豆(新)	0.17±0.01 ^b	2.55±0.06 ^c	3.64±0.21 ^c	0.55±0.08 ^d	2.22±0.11 ^d	5.32±0.58 ^b

2.5 大豆品种对豆腐产率的影响

豆腐产率的高低对大豆是否适合豆腐加工十分重要，直接反映出豆子的加工价值。制作豆腐的过程中点浆的浓度与豆腐的质地和产量有密切的关系。若点浆浓度太低，加入凝固剂后形成的豆腐凝胶体积较小，这样无法包住更多的水分，从而导致产率较低，而且产品的质地比较僵硬；但点浆浓度太高，加入凝固剂以后，形成体积较大的豆腐凝胶，阻碍了凝固剂充分进入到豆浆下部，这样底部就有一部分豆浆没有参与凝固，就会出现包浆的现象，造成这部分没有参与凝固的蛋白质流失，也使得产率较低^[12]。图 3 给出了不同品种豆子产出豆腐的产率。不论是哪种加工方式，不同品种的大豆之间所做豆腐的产率具有显著性差异 (P<0.01)。不同品种的卤水豆腐产率在大约在 170%~200%之间，其中黑豆一号所制备的豆腐产率最高，高达 196.9%，然后依次为东农 53 豆腐、小金黄豆腐、中黄 13 豆腐、五河野生大豆豆腐，其中五河野生大豆的陈豆产率明显低于新豆的产率。不同品种的内酯豆腐产率大约在 650%~870%之间，其中小金黄豆

腐产率最高，高达 866.4%，然后依次为黑豆一号豆腐、五河野生大豆(新)豆腐、中黄 13 豆腐、东农 53 豆腐，但是五河野生大豆(陈)所做的内酯豆腐不成形。

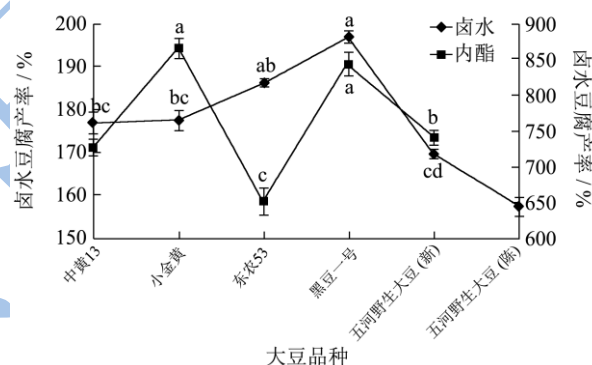


图 3 不同大豆品种豆腐的产率

Fig.3 Yields of tofu made with different kinds of soybeans

注：不同种类豆腐分析进行多重比较，a、b、c 等表示差异极显著 (p<0.01)。

2.6 大豆品种对豆腐营养素含量的影响

测定了不同品种大豆所制作豆腐的水分含量、脂肪含量和蛋白质含量，结果如表 6 所示。

表 6 不同品种豆腐的水分含量、脂肪含量和蛋白质含量

Table 6 Water, fat and protein contents of different kinds of tofu

项目	豆腐种类	大豆品种					
		中黄 13	小金黄	黑豆一号	东农 53	五河野生大豆(新)	五河野生大豆(陈)
水分含量/%	卤水	76.51±1.65 ^c	73.16±2.25 ^d	74.99±2.54 ^d	78.92±0.74 ^b	80.22±0.75 ^b	83.73±1.62 ^a
	内酯	92.12±2.01 ^a	90.49±2.44 ^b	90.94±3.08 ^b	90.95±3.54 ^b	84.04±1.25 ^c	-
脂肪/%	卤水	32.01±1.12 ^a	27.17±1.32 ^b	22.44±1.25 ^c	16.97±0.36 ^d	12.92±0.35 ^e	6.74±0.36 ^f
	内酯	19.84±0.89 ^a	19.84±0.52 ^a	14.88±0.62 ^c	16.34±0.52 ^b	9.07±0.65 ^d	-
蛋白质/%	卤水	40.21±2.01 ^a	41.35±0.36 ^a	38.26±1.59 ^b	41.28±2.12 ^a	27.11±2.50 ^c	18.89±2.25 ^d
	内酯	26.06±1.53 ^a	26.84±1.47 ^a	23.44±1.32 ^b	25.39±1.56 ^a	15.22±1.47 ^c	-

注: 每行进行多重比较, a、b、c 等表示差异极显著($p<0.01$)。

水分含量的高低决定了豆腐的软硬。水分含量高的豆腐, 切面细腻紧密, 质地柔软; 反之豆腐切面粗糙, 质地较硬^[11]。由表 5 分析得出不同大豆所制作的卤水豆腐含水量大约在 73%~84% 之间, 其中五河野生大豆卤水豆腐的水分含量较高, 高达 80.22%, 并且陈豆所做的卤水豆腐的含水量高于新豆, 为 83.73%; 小金黄卤水豆腐的水分含量最低, 为 73.16%。不同大豆所制备的内酯豆腐含水量大约在 84%~93% 之间, 其中中黄大豆内酯豆腐的水分含量最高, 为 92.12%; 五河野生大豆(新)内酯豆腐的水分含量最低, 为 84.04%。

脂肪是豆腐的重要的营养品质指标, 原料豆中脂肪的含量对其豆制品脂肪含量起到了重要作用, 制作豆腐的大豆所含的油脂能大部分转移到豆腐中去, 大豆油中亚油酸比例较大, 且不含有胆固醇, 有益于人体神经、血管、大脑的生长发育^[13]。由表 6 分析得出不同大豆所做的卤水豆腐脂肪含量存在显著性差异, 大约在 6%~32% 之间, 其中中黄卤水豆腐的脂肪含量最高, 五河野生大豆卤水豆腐的脂肪含量最低, 并且陈豆所做的卤水豆腐的脂肪含量明显低于新豆。不同品种大豆所制作的内酯豆腐脂肪含量大约在 9%~20% 之间, 其中中黄 13 大豆内酯豆腐和小金黄内酯豆腐的脂肪含量最高, 五河野生大豆(新)内酯豆腐的脂肪含量最低。

蛋白质含量的高低直接反映出豆制品营养价值的高低, 在本次试验中, 由于内酯豆腐的水分含量较高, 内酯豆腐的蛋白质含量较卤水豆腐的蛋白质含量低。五河野生大豆所制备豆腐中蛋白质含量低于其余几个栽培品种, 可能与大豆原料中蛋白质含量较低有关。李孟良等(2011)测定五河野生大豆中蛋白质含量为 38.92%^[14], 而栽培品种的大豆蛋白含量一般为 41.05%^[12]。4 个栽培品种的豆子制备的卤水豆腐蛋白质含量均在 40% 左右, 其中小金黄的蛋白质含量最高, 小金黄目前主要用于豆芽生产, 从本试验研究可以得出, 这个品种同样适用于豆腐加工。同一品种, 五河野生大豆(陈)的蛋白质含量明显低于同品种新豆, 表明该品种大豆经过 1 年的存放, 蛋白质含量降低, 这可能是因为大豆在存放中, 蛋白质由于酶促反应被水解所致。

3 结论

通过选用中黄 13、小金黄、黑豆一号、东农 53、五河野生大豆(新)、五河野生大豆(陈)的豆子, 分别制作了卤水豆腐和内酯豆腐, 通过采取感官评价、TAP 质构分析、豆腐产率及营养素含量测定, 对不同

品豆子加工卤水豆腐和内酯豆腐的适用性进行比较和分析。结果表明, 由于豆子种类差异, 导致不同豆腐在感官性状和营养素含量方面存在显著性差异。综合得出小金黄、中黄 13 和黑豆一号都比较适合加工卤水豆腐, 小金黄 13 和黑豆一号比较适合加工内酯豆腐。

参考文献

- [1] 刘昱彤, 钱和. 豆腐凝乳形成机理及影响因素研究进展[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(10): 220-224
LIU Yu-tong, QIAN He. Research progress on mechanism of tofu formation and factors affecting the formation [J]. Food Research and Development, 2012, 33(10): 220-224
- [2] Kevin K. Tofu comes of age [J]. Food Processing, 1994, 7: 81-82
- [3] Kyoto Toda, Kyoko Chiba, Kazuhiro Yagasaki, et al. Soybean components affecting physicochemical properties of soymilk, coagulation reactivity and tofu texture [J]. Chemistry, texture and flavor of soy, 2010, 1059(17): 255-276
- [4] Meng Li, Fusheng Chen, Bao Yang, et al. Preparation of organic tofu using organic compatible magnesium chloride incorporated with polysaccharide coagulants [J]. Food Chemistry, 2015, 167(15): 168-174
- [5] S B Fasoyiro. Physical, Chemical and sensory qualities of roselle water extract-coagulated tofu compared with tofu from two natural coagulants [J]. Nigerian Food Journal, 2014, 32(2): 97-102
- [6] Cai T D, Chang K C. Processing effect on soybean storage proteins and their relationships with tofu quality [J]. Journal Agriculture Food Chemistry, 1999, 47(2): 720-727
- [7] 余以刚, 肖性龙. 食品安全检验试验 [M]. 北京: 中国质检出版社, 2014
YU Yi-gang, XIAO Xing-long. Food and safety inspection test [M]. Beijing: China Zhijian Publishing House, 2014
- [8] GB/T GB5009.5-2010, 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010
GB/T GB5009.5-2010, National standard of food safety Determination of protein in food [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010
- [9] 于国萍, 安静, 韩宗元. 热处理及葡萄糖酸- δ -内酯对大豆分离蛋白凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 21-26
YU Guo-ping, AN Jing, HAN Zong-yuan. Effects of heating treatment and glucono- δ -lactone-induced acidification on the gel properties of soybean protein isolate [J]. Food Science, 2010, 31(15): 21-26

- [10] Rajni Mujoo, Dianne T. Trinh, Perry K.W. Ng. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture [J]. Food Chemistry, 2003,82(2): 265-273
- [11] N K K Kamizake, L C P Silva, S H Prudencio. Effect of soybean aging on the quality of soymilk, firmness of tofu and optimum coagulant concentration [J]. Food Chemistry, 2016, 190(1): 90-96
- [12] Yen-Chang Tseng, Youling L. Xiong. Effect of inulin on the rheological properties of silken tofu coagulated with glucono- δ -lactone [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(4): 511-516
- [13] 郑世英,金桂芳,耿建芬,等.野生大豆与栽培大豆种子营养成分比较[J].湖北农业科学,2015,54(3):522-524
ZHENG Shi-ying, JIN Gui-fang, GENG Jian-fen, et al. Comparing nutrients in the seeds of wild soybean and cultivated soybean [J]. Hubei Agriculture Sciences, 2015, 54(3): 522-524
- [14] 李孟良,郑琳.五河野生大豆种子营养成分及饲用价值研究[J].草业学报,2011,20(8):137-142
LI Meng-liang, ZHENG Lin. A study on the major components and feeding value of Wuhe Glycine soja seed [J]. ACTA Prataculturae Sinica, 2011, 20(8):137-142