

文章编号 :1003-8701(2012)06-0056-05

大豆品种和凝固剂种类对豆腐保水性的影响

刘香英,田志刚,康立宁*

(吉林省农业科学院农产品加工研究所,长春 130033)

摘要:选用东北地区有代表性的31个大豆栽培品种,分别进行卤水豆腐和石膏豆腐的加工,对豆腐的保水性和失水率进行测定。通过方差分析和多重比较分析,研究了大豆品种、凝固剂种类及其交互作用对豆腐保水性的影响。结果表明,大豆品种和凝固剂种类及其交互作用对豆腐保水性和失水率的影响均达到显著或极显著水平。石膏豆腐的平均保水性显著大于卤水豆腐。但无论石膏豆腐还是卤水豆腐,其平均失水率均较低。

关键词:大豆品种;凝固剂;保水性;失水率;方差分析

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

Effects of Soybean Varieties and Coagulant Types on the Water Holding Capacity of Tofu

LIU Xiang-Ying, TIAN Zhi-Gang, KANG Li-Ning*

(Institute of Agricultural Products Processing, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: MgCl₂ tofu and CaSO₄ tofu were processed using 31 soybean varieties produced in Northeast China. Water holding capacity and water loss rate were measured. The effects of soybean varieties and coagulant types and their interaction on the water holding capacity of tofu was studied through variance analysis and multiple comparison analysis. The results showed that, the influence of soybean varieties and different coagulants and their interaction on the water holding capacity and water loss rate reached significantly or most significantly level. The average water holding capacity of CaSO₄ tofu was significantly higher than that of MgCl₂ tofu. But whatever the CaSO₄ tofu or the MgCl₂ tofu, the average water loss rate was low.

Keywords: Soybean Varieties; Coagulant; Water holding capacity; Water loss rate; Variance analysis

豆腐是大豆蛋白在盐类、酸类或酶类等凝固剂作用下形成的凝胶体。豆腐凝胶网络中结合水所占比例很小,主要是物理截留水。豆腐凝胶网络形成后,在温度、外界力(重力、剪切力、压力、晃动等)作用下,将发生一定程度的收缩、变形,造成部分水的渗出和流失。

保水性是豆腐的重要商品学特性之一,保水性的好坏影响到生产过程中加压排水的难易程

度,以及产品的存放品质和最终口感。对于生产者,豆腐的持水能力越高,产品得率越高。对于消费者,豆腐的失水率越低,购买后就少受“淌水”的烦恼。但对于北豆腐加工过程中的凝乳,并不希望其失水率过低,因为为了获得较好咀嚼性的北豆腐,需要对凝乳加压泄水,进行质构重组,失水率低,意味着增加泄水操作的难度^[1]。影响豆腐保水性的因素很多,包括大豆品种^[2-3]、加工工艺^[4-6]、大豆蛋白质含量及其组分^[7-9]、不同添加物^[10-13]以及凝固剂种类^[14-15]等。大豆品种与凝固剂相互作用对豆腐保水性的影响未见文献报道。

明确大豆原料及凝固剂与豆腐保水性之间的相互关系,不但对大豆育种工作者改良大豆加工品质、培育豆腐专用品种具有指导意义,而且对豆

收稿日期:2012-08-18

基金项目:吉林省农科院引进人才启动基金资助项目(00105);吉林省科技发展计划资助项目(20070105)

作者简介:刘香英(1981-),女,助理研究员,硕士,主要从事大豆加工研究。

通讯作者:康立宁,男,副研究员,博士,E-mail:lnkang@sina.com

腐生产者选择大豆原料以及凝固剂类别、提高豆腐得率、改善豆腐质构以及实现豆腐生产的自动化具有重要价值^[16]。本文选用东北地区有代表性的 31 个大豆栽培品种,分别进行卤水豆腐和石膏豆腐的加工,对豆腐的保水性和失水率进行测定、分析。目的在于:(1)明确不同大豆品种在制作豆腐时,豆腐保水性的差异;(2)明确大豆品种、凝固剂种类及其交互作用对豆腐保水性的影响规律。

1 材料与方法

1.1 供试材料

大豆:选择在黑龙江、吉林、辽宁及内蒙古各育种单位收集的有代表性的 31 个大豆栽培品种,于 2008 年在公主岭试验基地进行扩繁,收获的品种贮存 3 个月后进行试验研究。

凝固剂(食品级): $MgCl_2$ (卤水)、 $CaSO_4$ 。

1.2 仪器设备

天平:MP2002 型,上海恒平科学仪器有限公司;JD100-3G 型,沈阳龙腾电子有限公司;DDJ-80 豆浆机:北京康得利机械设备制造有限公司;恒温水浴锅:HWS26 型,上海一恒科学仪器有限公司;电热鼓风干燥箱:DHG-9240A 型,上海一恒科学仪器有限公司;离心机:CR3i 型,Thermo。

1.3 试验方法

1.3.1 豆腐试样制作方法

称取 2 kg 大豆清洗干净,以干豆与水的比例为 1:3 加水,20℃ 浸泡 16 h;清水漂洗后用 DDJ-80 豆浆机磨浆并煮浆,磨浆过程中以干豆与水的比例为 1:8 加入蒸馏水,采用头遍浆与二遍浆对配的制浆方法,即:第一遍磨豆时,用五分

之三的总用水量,获得的豆浆称为头遍浆(浓豆浆)。然后将五分之二总用水量与所得豆渣混合,缓慢喂入磨浆机内,所得豆浆称为二遍浆(稀豆浆)。将头遍浆与二遍浆混合煮浆,浆面温度达到 100℃ 时保持 10 min 后停止加热,放出豆浆分装成两份,分别制作以 $MgCl_2$ (卤水)和 $CaSO_4$ 为凝固剂的豆腐,每个试样做 3 次重复。其中, $MgCl_2$ (卤水)豆腐的点脑温度为 75~80℃,而 $CaSO_4$ 豆腐的点脑温度则为 80~85℃。加压方式采用三段式,即:3.3 g/cm² 压制 10 min,再用 16.6 g/cm² 压制 10 min,最后用 24.9 g/cm² 压制 15 min。

1.3.2 豆腐保水性的测定

豆腐保水性(WHC)按照 Puppo 等^[17]的方法进行测定,稍加修改。称取 2 g(精确到 0.000 1 g)豆腐,于底部有脱脂棉的 50 mL 离心管中,以 1 000 r/min 转速离心 10 min 后称重并记录 (W_1),置于 105℃ 下干燥至恒重(W_0)。

$$WHC = [(W_1 - W_0) / W_1] \times 100\%$$

豆腐失水率按照李里特等^[18]的方法进行测定,稍加修改。称取 2 g(精确到 0.000 1 g)豆腐,然后用利刃按十字均匀切成 4 块,平放在底部为金属网的塑料盒中,10 h 后再称重。豆腐前后重量差与豆腐原重的百分比,即为豆腐的失水率。

1.4 数据处理

采用 Excel 进行平均值、标准差及变异系数等常规统计指标分析,利用 DPS 数据处理系统进行方差分析和多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 大豆品种和凝固剂种类对豆腐保水性的影响

表 1 豆腐保水性两因素(品种和凝固剂种类)方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
A 因素间	633.975 5	30	21.132 5	2.831	0.000 3
B 因素间	370.555	1	370.555	49.646	0.000 1
A × B	379.296 5	30	12.643 2	1.694	0.040 4
误差	462.764 9	62	7.464		
总变异	1 846.592	123			

注:A 因素为品种,B 因素为凝固剂种类。

豆腐保水性两因素(品种和凝固剂种类)方差分析结果表明(表 1),大豆品种和凝固剂种类对豆腐保水性的影响都达到极显著水平($p < 0.01$)。品种和凝固剂的交互作用也达到显著水平($p < 0.05$),说明凝固剂对豆腐保水性的影响与选用的品种有

关。

采用 Duncan 新复极差法进行多重比较,结果(表 2)表明,不同品种间卤水豆腐的保水性存在显著差异。卤水豆腐保水性最大的是合丰 43,为 82.83%;最小的是吉育 75,保水性为 69.92%。合

丰 43、合丰 50、吉育 64、东农 48、哈北 46-1 等大豆品种生产的卤水豆腐保水性较高,而吉育 75、铁豆 44 和华疆 3 等大豆品种生产的卤水豆腐保水性较差。

不同品种间石膏豆腐的保水性也存在显著差异。石膏豆腐保水性最大的是绥农 14,为 85.19%,最小的是九农 28,保水性为 74.15%。合丰 43、绥农 14、吉育 75、垦丰 14、哈北 46-1 等大豆品种生产的石膏豆腐保水性较高,而九农 28、吉科豆 3 和铁豆 44 等大豆品种生产的石膏豆腐保水性较差。

凝固剂种类对豆腐保水性有显著影响。卤水

豆腐的平均保水性为 75.39%,品种间变异系数为 3.72%;石膏豆腐的平均保水性为 78.85%,品种间变异系数为 3.81%。整体而言,石膏豆腐的保水性优于卤水豆腐,达极显著水平($p < 0.01$)。但不同品种的反应并不一致,其中绥农 14、吉育 75、蒙豆 21、吉农 12、华疆 3、哈北 46-1、黑河 29 等 7 品种生产的石膏豆腐的保水性显著高于卤水豆腐。而其他品种生产的豆腐保水性受凝固剂的影响并不显著,即这些品种生产的石膏豆腐与卤水豆腐的保水性差异不大,未达到显著水平。因此,在实际生产过程中,选择大豆原料时,应考虑大豆品种对凝固剂种类的特异性和适宜性。

表 2 不同品种和凝固剂种类的豆腐保水性测定结果和多重比较

编号	品种名称	不同品种卤水豆腐		不同品种石膏豆腐		不同凝固剂类型豆腐	
		保水性(两重复平均值)	保水性 5%显著水平多重比较结果	保水性(两重复平均值)	保水性 5%显著水平多重比较结果	保水性 5%显著水平多重比较结果	保水性 5%显著水平多重比较结果
1	合丰 43	82.83	a	84.18	ab	a,a	a,a
2	绥农 21	72.93	def	76.35	cdef	a,a	a,a
3	合丰 50	80.75	ab	78.77	abcdef	a,a	a,a
4	绥农 14	75.45	bcdef	85.19	a	b,a	b,a
5	长农 15	73.92	cdef	78.98	abcdef	a,a	a,a
6	吉育 64	79.89	abc	75.18	def	a,a	a,a
7	吉育 75	69.92	f	82.69	abc	b,a	b,a
8	辽豆 21	76.15	bcdef	80.85	abcdef	a,a	a,a
9	辽豆 20	73.82	cdef	75.63	def	a,a	a,a
10	通农 14	76.56	abcdef	79.78	abcdef	a,a	a,a
11	铁豆 44	71.21	ef	74.70	ef	a,a	a,a
12	吉科豆 3	76.54	abcdef	74.87	ef	a,a	a,a
13	白农 11	73.16	cdef	75.28	def	a,a	a,a
14	垦丰 20	76.06	bcdef	80.56	abcdef	a,a	a,a
15	北豆 5	73.81	cdef	75.76	def	a,a	a,a
16	蒙豆 16	74.96	bcdef	79.84	abcdef	a,a	a,a
17	蒙豆 21	74.53	bcdef	80.60	abcdef	b,a	b,a
18	吉农 12	72.76	def	80.43	abcdef	b,a	b,a
19	黑农 49	73.67	cdef	75.30	def	a,a	a,a
20	垦丰 14	77.44	abcde	81.66	abcd	a,a	a,a
21	垦丰 17	75.69	bcdef	80.29	abcdef	a,a	a,a
22	东农 48	79.15	abcd	81.05	abcde	a,a	a,a
23	九农 31	74.03	cdef	78.87	abcdef	a,a	a,a
24	小粒豆 8	75.88	bcdef	78.74	abcdef	a,a	a,a
25	九农 28	75.82	bcdef	74.15	f	a,a	a,a
26	黑农 52	73.40	cdef	77.69	bcdef	a,a	a,a
27	华疆 3	71.45	ef	79.20	abcdef	b,a	b,a
28	铁豆 37	75.94	bcdef	78.18	bcdef	a,a	a,a
29	哈北 46-1	78.25	abcd	83.77	ab	b,a	b,a
30	黑河 49	76.80	abcde	75.67	def	a,a	a,a
31	黑河 29	74.44	bcdef	80.24	abcdef	b,a	b,a
	平均值	75.39		78.85			
	标准差	2.80		3.00			
	变异系数	3.72		3.81			

注:标有不相同字母的表示多重比较 5%显著水平差异显著。

2.2 大豆品种和凝固剂种类对豆腐失水率的影响

豆腐失水率两因素(品种和凝固剂种类)方差分析结果表明(表 3),大豆品种和凝固剂种类对豆

腐失水率的影响都达到极显著水平($p < 0.01$)。品种和凝固剂的交互作用也达到极显著水平($p < 0.01$),说明品种对豆腐失水率的影响与所选用的凝固剂种类有关。

表 3 豆腐失水率两因素(品种和凝固剂种类)方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
A 因素间	25.5401	30	0.8513	5235.52	0.0001
B 因素间	0.3647	1	0.3647	2242.95	0.0001
A× B	19.662	30	0.6554	4030.557	0.0001
误差	0.0101	62	0.0002		
总变异	45.577	123			

注 :A 因素为品种 ,B 因素为凝固剂种类。

采用 Duncan 新复极差法进行多重比较 ,结果(表 4)表明 ,不同品种间卤水豆腐的失水率存在显著差异。卤水豆腐失水率最大的是小粒豆 8 ,为 2.30% ;最小的是合丰 50 ,失水率为 0.03%。小粒

豆 8、九农 28、黑河 29、华疆 3、合丰 43 等大豆品种生产的卤水豆腐失水率较大 ,而绥农 21、辽豆 20 和合丰 50 等大豆品种生产的卤水豆腐失水率较小。

表 4 不同品种和凝固剂种类的豆腐失水率测定结果和多重比较

编号	品种名称	不同品种卤水豆腐失水率	不同品种卤水豆腐失水率 5%显著水平多重比较结果	不同品种石膏豆腐失水率	不同品种石膏豆腐失水率 5%显著水平多重比较结果	不同凝固剂类型豆腐失水率 5%显著水平多重比较结果
1	合丰 43	1.39	e	0.49	p	a,b
2	绥农 21	0.06	v	0.95	f	b,a
3	合丰 50	0.03	w	0.83	g	b,a
4	绥农 14	0.44	p	0.52	mno	b,a
5	长农 15	0.51	o	2.49	b	b,a
6	吉育 64	0.50	o	1.67	d	b,a
7	吉育 75	1.38	e	0.51	op	a,b
8	辽豆 21	0.34	r	0.55	mn	b,a
9	辽豆 20	0.05	vw	0.28	r	b,a
10	通农 14	0.18	u	0.60	l	b,a
11	铁豆 44	0.20	u	0.16	t	a,b
12	吉科豆 3	0.30	s	0.48	p	b,a
13	白农 11	0.23	t	0.69	j	b,a
14	垦丰 20	0.55	n	3.19	a	b,a
15	北豆 5	0.87	j	0.22	s	a,b
16	蒙豆 16	1.00	h	0.79	h	a,b
17	蒙豆 21	1.04	g	0.63	k	a,b
18	吉农 12	0.59	m	0.52	o	a,b
19	黑农 49	0.70	k	0.64	k	a,b
20	垦丰 14	0.94	i	0.55	m	a,b
21	垦丰 17	0.51	o	0.55	m	b,a
22	东农 48	0.63	l	0.77	h	b,a
23	九农 31	0.38	q	0.50	op	b,a
24	小粒豆 8	2.30	a	1.61	e	a,b
25	九农 28	1.73	b	0.35	q	a,b
26	黑农 52	1.24	f	1.67	d	b,a
27	华疆 3	1.42	d	1.69	c	b,a
28	铁豆 37	0.91	i	0.96	f	b,a
29	哈北 46- 1	1.03	g	0.80	h	a,b
30	黑河 49	0.62	l	0.60	l	a,a
31	黑河 29	1.54	c	0.72	i	a,b
	平均值	0.76		0.87		
	标准差	0.55		0.67		
	变异系数	72.23		77.19		

注 :标有不相同字母的表示多重比较 5%显著水平差异显著。

不同品种间石膏豆腐的失水率也存在显著差异。石膏豆腐失水率最大的是垦丰 20, 为 3.19%; 最小的是铁豆 44, 失水率为 0.16%。垦丰 20、长农 15、华疆 3、吉育 64、黑农 52 等大豆品种生产的石膏豆腐失水率较大, 而铁豆 44、北豆 5 和辽豆 20 等大豆品种生产的石膏豆腐失水率较小。

凝固剂种类对豆腐失水率有显著影响。卤水豆腐的平均失水率为 0.76%, 品种间变异系数为 72.23%; 石膏豆腐的平均失水率为 0.87%, 品种间变异系数为 77.19%。整体而言, 石膏豆腐的失水率大于卤水豆腐。但不同品种的反应并不一致, 其中绥农 21、合丰 50、绥农 14、长农 15 等品种生产的石膏豆腐的失水率显著高于卤水豆腐, 而合丰 43、吉育 75、铁豆 44、北豆 5 等品种生产的石膏豆腐的失水率又显著低于卤水豆腐。黑河 49 所生产的石膏豆腐与卤水豆腐的失水率差异不大, 未达到显著水平, 说明它所生产的豆腐的失水率受凝固剂的影响并不显著。

3 结 论

选用东北地区有代表性的 31 个大豆栽培品种, 分别进行卤水豆腐和石膏豆腐的加工, 对豆腐的保水性和失水率进行测定。通过方差分析和多重比较分析, 研究了大豆品种、凝固剂种类及其交互作用对豆腐保水性的影响。主要结论如下。

大豆品种和凝固剂种类对豆腐保水性具有极显著影响, 其交互作用也达到显著水平。石膏豆腐的平均保水性显著大于卤水豆腐。合丰 43、绥农 14、吉育 75、垦丰 14、哈北 46-1 等大豆品种生产的石膏豆腐保水性较高; 而合丰 43、合丰 50、吉育 64、东农 48、哈北 46-1 等大豆品种生产的卤水豆腐保水性较高。

大豆品种和凝固剂种类及其交互作用对豆腐失水率的影响也达到极显著水平, 但无论石膏豆腐还是卤水豆腐, 其平均失水率均较低。

在实际生产过程中, 选择大豆原料时, 应考虑大豆品种对凝固剂种类的特异性和适宜性。选择评价指标时, 保水性优于失水率。

参考文献:

- [1] 刘志胜. 豆腐凝胶的研究[D]. 中国农业大学, 2000.
- [2] 宋莲军, 张莹, 赵秋艳, 等. 大豆品种与北豆腐得率及品质指标的关系[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 321-323.
- [3] 宋莲军, 李争艳, 张莹. 不同大豆品种加工南豆腐的适应性研究[J]. 大豆科学, 2010, 29(5): 858-862.
- [4] Kyoko Toda, Kyoko Chiba, Tomotada Ono. Effect of components extracted from okara on the physicochemical properties of soymilk and tofu texture[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(2): 108-113.
- [5] 李景妍, 郭顺堂, 陈洋. 生浆法和熟浆法加工对豆浆香气及相应豆腐产品特征的差异[J]. 大豆科技, 2012(2): 36-39, 42.
- [6] 陈洋, 林最其, 徐丽, 等. 豆浆制备工艺对豆腐品质的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(5): 838-842.
- [7] Poysa V, Woodraw L. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality [J]. Food Research International, 2002(35): 337-345.
- [8] Mujoo R, Trinh D T, P. K. W. Ng. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture [J]. Food Chemistry, 2003 (82): 265-273.
- [9] Poysa V, Woodraw L, Yu K. Effect of soy protein subunit composition on tofu quality[J]. Food Research International, 2006(39): 309-317.
- [10] 周冬丽, 魏安池, 盖钧镒, 等. 脂质种类及含量对豆腐凝胶质地和保水性影响[J]. 粮食与油脂, 2009(11): 16-18.
- [11] 肖剑, 郭兴凤, 田少君. 大豆分离蛋白的添加对豆腐品质和得率的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(3): 146-149.
- [12] 周冬丽, 盖钧镒, 魏安池, 等. 豆渣添加量对豆腐凝胶特性和保水性的影响[J]. 粮油食品科技, 2010, 18(2): 14-17.
- [13] 张燕燕, 鲁志刚, 刘丽, 等. 细菌纤维素在传统豆腐中的应用[J]. 食品科学, 2011, 32(11): 48-51.
- [14] 王荣荣, 王家东, 刘恩岐. 豆腐复合凝固剂的研究[J]. 中国调味品, 2006(6): 25-27.
- [15] 刘志胜, 李里特, 辰巳英三. 豆腐盐类凝固剂的凝固特性与作用机理的研究[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(3): 39-43.
- [16] 刘志胜, 李里特, 辰巳英三. 大豆原料对豆腐得率和质构的影响[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(6): 101-105.
- [17] Puppo, M. C., Anon, M. C. Structural properties of heated-induced soy protein gels as affected by ionic strength and pH [J]. J. Agric. Food Chem, 1998(46): 3583-3589.
- [18] 李里特, 刘志胜, 辰巳英三. 加工条件对豆腐凝胶物性品质的影响[J]. 食品科学, 2000, 21(5): 26-29.