

弱电解水对豆腐品质的影响

刘海杰 朱叶 乔支红 李里特

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要 将电解产生的弱酸性水(pH 3.81 ±0.25)和弱碱性水(pH 9.38 ±0.32)用于豆腐加工,探讨弱酸性水和弱碱性水对大豆吸水率、豆腐含水量、豆腐得率及豆腐硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性等质构指标的影响,并与自来水(pH 7.52 ±0.23)处理作对照。结果表明:不同浸泡时间3种水浸泡的大豆吸水率均依次为弱碱性水>弱酸性水>自来水,浸泡8 h时大豆吸水率分别为自来水 116%、弱酸性水 118%、弱碱性水 121%;弱碱性水、弱酸性水和自来水所制豆腐的含水率分别为 78.56%、73.96%和 76.19%,弱碱性水所制豆腐含水率显著高于自来水($P < 0.05$),弱酸性水所制豆腐含水率显著低于自来水($P < 0.05$);弱碱性水所制豆腐得率最高(171.67 g/100 g)且显著高于自来水制豆腐(163.63 g/100 g)($P < 0.05$),弱酸性水制豆腐得率最低(160.37 g/100 g)且与自来水没有显著性差异($P > 0.05$);不同水制作的豆腐硬度依次为弱碱性水制作的<自来水制作的<弱酸性水制作的,其他质构指标与对照无显著差异($P > 0.05$)。

关键词 弱酸性电解水;弱碱性电解水;豆腐品质

中图分类号 TS 214.2

文章编号 1007-4333(2007)06-0067-04

文献标识码 A

Effect of weakly electrolyzed water on quality of tofu

Liu Haijie, Zhu Ye, Qiao Zhihong, Li Lite

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract We investigated the effects of weakly electrolyzed water with various pH values, including weak alkaline water (pH 3.81 ±0.25) and weak acid water (pH 9.38 ±0.32), on tofu processing and quality parameters. These parameters consist of the changes of water absorption of soybean, moisture content of tofu, yield of tofu, and texture parameters of tofu including hardness, springiness, cohesiveness and chewiness. Non-electrolyzed tap water (pH 7.52 ±0.23) was used as control. It showed that water absorption of soybean was in the order of weak alkaline water > weak acid water > tap water when three different water types were used. The water absorption of soybean was 116% in tap water, 118% in weak acid water and 121% in weak alkaline water, respectively, after the soybean had been soaking for 8 h. The moisture content in tofu made from weak alkaline water (78.56%) was significantly higher than that from tap water (76.19%); while the moisture content in tofu made from weak acid water (73.96%) was lower than that from tap water. Yield of tofu, made from weak alkaline water, was highest in all of products, which was up to 171.67 g/100 g raw soybean. However, the yield of tofu was lowest (160.37 g/100 g) when it was made from weak acid water; and there was no significant difference compared with that from tap water ($P > 0.05$). Change in hardness of tofu was opposite with yields of tofu; it increase by degrees in the order of weak alkaline water < tap water < weak acid water. No significant differences among other texture parameter ($P > 0.05$) were observed.

Key words weak alkaline water; weak acid water; properties of tofu

用不同水质的水制作的食品品质有很大差异。除了自然条件导致的水质差别外,还可以通过微能处理(如电场、磁场等)进行水质改良,近年来电解水

的研究受到越来越广泛的关注^[1-2]。电解水又称离子水,根据电解程度的不同可分为强酸性电解水(pH 2.0 ~ 3.5,氧化还原电位(ORP) 1 000 ~

收稿日期: 2007-07-15

作者简介: 刘海杰, 博士, 讲师, 主要从事食品功能性评价和电解水方面的研究, E-mail: liuhaijie@cau.edu.cn; 李里特, 教授, 博士生导师, 通讯作者, 主要从事粮油和食品加工方面的研究, E-mail: llt@cau.edu.cn

1 150 mV)、强碱性电解水 (pH 11.0 ~ 12.2, ORP - 850 ~ - 1 000 mV) 和弱酸性电解水 (pH 3.5 ~ 6.5, ORP 700 ~ 800 mV)、弱碱性电解水 (pH 8.5 ~ 9.8, ORP - 450 ~ - 700 mV) 4 类^[3]。强酸性电解水具有低 pH 和高 ORP 及一定的有效氯浓度, 具有强力杀菌作用, 杀菌迅速且无残留, 广泛用于食品业、医疗业的杀菌消毒及农业的病虫草害防治^[4-5]; 另外, 强酸性水及强碱性水用于果蔬保鲜及减少农药残留, 其效果已被肯定^[6]。但关于弱电解水的研究较少, 仅见关于用碱性离子水改善陈米煮饭特性的研究报道^[7]。

豆腐是我国的传统豆制品, 影响其品质的因素很多, 如原料大豆的品种、凝固剂的种类、豆腐加工用水的水质等。关于前两者的研究报道已有很多, 但关于水质对豆腐品质影响的报道较少。鲍松林等用稀碱液 (0.4% 碳酸钠) 浸泡大豆, 发现稀碱液浸泡可以缩短浸泡时间, 提高蛋白质溶出率, 但没有对豆腐品质的影响作出评价^[10]。李博等研究了强酸性电解水对大豆原料的杀菌作用及对豆腐品质的影响, 得出用强酸性水浸泡的大豆制得的豆腐细菌总数可减少 1.5 个对数值, 且酸性水浸泡对豆腐品质不会产生不良影响的结论^[11]。本研究以弱电解水作为豆腐加工用水, 通过测定大豆吸水率及豆腐品质评价的主要指标: 含水率、硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性等, 探讨弱电解水对豆腐品质的影响, 以期对豆腐品质的改善提供理论和实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1) 原料大豆。品种为绥农 35 号, 购于中国农业科学院。除去霉豆、残豆、杂质, 质量为 (50.0 ± 0.2) g/100 粒。

2) 试验用水。试验用弱电解水使用 CE-7001 型赛爱牌便携式电解水发生装置制备, 弱酸性电解水 pH 3.81 ± 0.25, 弱碱性电解水 pH 9.38 ± 0.32。自来水作为对照, pH 7.52 ± 0.23。

3) 试剂。试验用豆腐凝固剂氯化镁 (分析纯) 购自北京四环化学试剂厂; 硼酸、浓硫酸、硫酸铜、硫酸钾、甲基红乙醇、臭甲酚绿乙醇均为分析纯, 购自北京化学试剂有限公司。

4) 主要仪器与设备。包括: F-23 型 pH 计 (堀场制作所 (株), 日本)、TPX-90i 型氧化还原电位计 (东兴化学研究所 (株), 日本)、PR203 型电子天平 (南京

庚辰科学仪器公司)、FSM-100 型分离式磨浆机 (沈阳机床第三机械制造厂)、通电加热装置 (实验室自制)、BK43 型恒温水浴装置 (Yamato 科学株式会社, 日本)、JHS-1 型电子恒速搅拌机 (杭州仪表电机厂)、DDY-2A 型凯氏定氮仪 (北京真空仪表厂)、RT-2002D.D 型流变仪 (RHEO TECH 公司, 日本)。

1.2 试验方法

1) 豆腐的制备。豆腐制备流程见图 1。

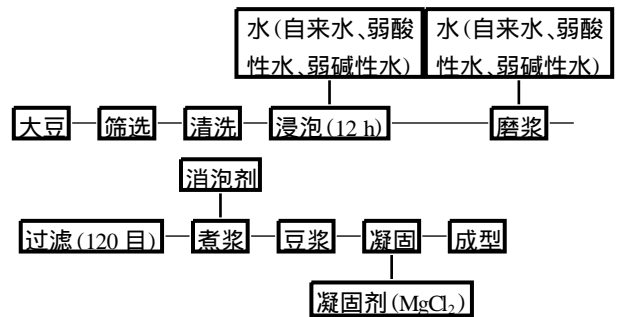


图 1 豆腐制备流程

Fig. 1 Processing procedure of tofu

2) 大豆吸水率测定。称取 20 g 大豆 3 份, 分别加入自来水、弱酸性水和弱碱性水 100 mL, 20 °C 下浸泡 12 h, 每隔 1 h 测 1 次吸水率。吸水率的测定采用称重法, 即用滤纸粗吸、纱布细吸的方法沥干大豆表面水分, 吸水率 $Q = (m_t - m_1) / m_1$, 式中 m_1 和 m_t 分别为初始大豆质量和浸泡后大豆湿质量, g。

3) 豆腐含水率测定^[12]。参照《食品、粮食、油料检验水分测定法》(GB/T 5497-85), 用直接干燥法测定。

4) 豆腐得率的测定。参照 Cai 等^[13]的方法, 即将新鲜的北豆腐在室温下静置 5 min 后, 称质量, 计算每 100 g 大豆所得鲜豆腐质量。

5) 豆腐质构参数测定。豆腐的质构参数是豆腐产品重要的品质指标, 可以根据流变学原理通过仪器量化测定, 本试验中采用二次压缩试验测定。将豆腐保存在 4 °C 下过夜, 取出后平衡至室温, 用流变仪测定进行二次压缩试验: 用直径 2 cm 的取样器在豆腐中部取样, 样品高 2 cm; 选择直径为 2 cm 的探头, 力臂 2 kg; 载物台速度 1 mm/s。豆腐的硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性按照 Bourne^[14]方法测定。

6) 数据处理。使用 Microcal Origin 7.5 软件 (Microcal Software 公司), 采用单因素方差分析 (Tukey Test, 0.05 水平) 处理数据。所有试验均重复 3 次。

2 结果与讨论

2.1 弱电解水浸泡对大豆吸水率的影响

干燥条件下大豆子叶坚硬,很难将其蛋白质与纤维素分开,所以加工豆腐时要通过浸泡使整粒大豆充分吸收水分,使外壳和豆瓣变软,结构疏松,便于大豆磨碎加工,且浸泡后大豆细胞内蛋白质易溶于水,有利于大豆蛋白质的提取。不同浸泡条件会使大豆内部物质及加工特性发生变化,从而影响产品质量。大豆的吸水速率与其种类、水温 and 水质有关,一般来说,充分吸水后的大豆质量是吸水前干质量的 2.0~2.2 倍,即此时大豆吸水率达到 100%~120%,吸水不充分或吸水率过高对豆腐品质都有不良影响^[15]。从图 2 可以看出:浸泡过程不同时间段,3 种水浸泡的大豆吸水率依次为弱碱性水 > 弱酸性水 > 自来水,说明使用弱酸性水和弱碱性水都可以缩短大豆浸泡时间。浸泡 9 h 时,3 种水浸泡的大豆吸水率均超过 120%,分别为自来水 121%、弱酸性水 123%、弱碱性水 125%;浸泡 8 h 时大豆吸水率分别为自来水 116%、弱酸性水 118%、弱碱性水 121%。说明与自来水相比,使用弱碱性水浸泡可以使大豆吸水率达到 120% 的时间缩短 1 h。最新的研究表明,无论是弱酸性电解水还是弱碱性电解水,其电导、电离度均大于对照(HCl 和 NaOH 水溶液),说明弱电解水的渗透、溶解能力较对照增强,因此使用弱电解水浸泡大豆时,水分向大豆内部移动的速率加快,从而缩短了浸泡时间^[16]。

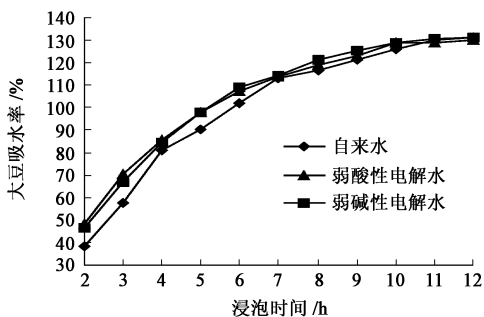


图 2 不同水浸泡后大豆的吸水率

Fig. 2 Water absorption of soybean soaked in different water types at 20

2.2 弱电解水对豆腐含水率的影响

弱碱性水、弱酸性水和自来水制作的豆腐含水率分别为 78.56%、73.96% 和 76.19%。弱碱性水制作的豆腐含水率显著高于自来水 ($P < 0.05$),弱酸

性水制作的豆腐含水率显著低于自来水 ($P < 0.05$)。豆腐是一种大豆蛋白质凝胶体,以氯化镁作为凝固剂时,由于镁离子的桥联作用,将肽链象搭桥一样连接起来,形成大豆蛋白质网络结构。网络组织的形态与豆浆中蛋白质含量有关,蛋白质含量越高,蛋白质粒子之间接触的几率就越高,形成的网络组织结构就越均匀细密,豆腐的持水性也就越高^[17]。本研究对 3 种水制作的豆腐的蛋白质含量做了测定,弱碱性水、自来水和弱酸性水制作的豆腐蛋白质质量分数分别为 54.28%、51.38% 和 51.15%。弱碱性水制作的豆腐蛋白质含量最高,含水率也最高,这与文献^[17]关于凝胶化过程中蛋白质形成的网络组织结构越细密豆腐内部容持的水分含量也越多的结论相吻合。

2.3 弱电解水对豆腐质构的影响

豆腐的质构参数包括硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性等,这些指标对豆腐的品质以及消费者的可接受性具有重要决定作用。豆腐的硬度即 1 次压缩的最大峰值,它表示达到既定变形所用的力;豆腐的弹性为第 1 次压缩后的相对回复高度;凝聚性为 2 次压缩所需功的比值。

如表 1 所示,不同水质制作的豆腐硬度有显著差别,其硬度顺序为:弱酸性水 > 自来水 > 弱碱性水 ($P < 0.05$)。Wang^[18]认为豆腐的硬度与豆腐的含水量呈负相关关系。本研究中用弱碱性水制作的豆腐含水量最高,因此与其他 2 种水所制豆腐相比较软,硬度较小,弱酸性水的情况则相反:这与 Wang 的结论一致。3 种水制作的豆腐凝聚性由高到低分别是:弱酸性水 > 自来水 > 弱碱性水,但 2 种弱电解水制作的豆腐凝聚性与自来水没有显著性差异 ($P > 0.05$)。弱碱性水制作的豆腐弹性和咀嚼性都小于自来水,但弱酸性水制作的豆腐弹性和咀嚼性与对照没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 1 不同水质豆腐的质构参数测定结果

Table 1 Textural parameters of tofu produced by water with different qualities

| 水质 | 硬度/kg | 弹性 | 凝聚性 | 咀嚼性 |
|------|-------|------|------|------|
| 自来水 | 1.38 | 0.84 | 0.50 | 0.58 |
| 弱碱性水 | 1.19 | 0.73 | 0.48 | 0.42 |
| 弱酸性水 | 1.81 | 0.89 | 0.51 | 0.63 |

2.4 弱电解水对豆腐得率的影响

豆腐的得率对豆腐的商品性有重要意义。3 种

不同水制作的豆腐得率存在差异,其中弱碱性水制作的豆腐得率最高,为171.67 g/100 g,且显著高于自来水制作的豆腐(163.63 g/100 g) ($P < 0.05$);弱酸性水制作的豆腐得率最低(160.37 g/100 g),与自来水制作的豆腐没有显著性差异($P > 0.05$)。一般来说,水分含量大,豆腐得率高^[13]。本研究中弱碱性水制作的豆腐含水率最高,得率也最高,这与文献[13]一致。李辉尚认为豆腐的得率受大豆中水溶性蛋白含量的影响较大,与其成正相关关系^[19]。本试验条件下,由于碱性水的还原作用(氧化还原电位-450~700 mV)能够打断蛋白质分子内和分子间的各种二硫键,形成-SH基团,从而增加了蛋白质分子的溶解性,使豆腐中蛋白质含量提高。大豆中的水溶性蛋白质被充分提取出来,在豆腐制作过程中能形成较好的网络结构,提高了豆腐的持水性,因此提高了豆腐的得率。

3 结论

用弱电解水浸泡大豆可以缩短浸泡时间,弱碱性水效果尤为显著,可缩短浸泡时间1 h(大豆吸水率121%);弱碱性水制得的豆腐含水率显著高于自来水制豆腐,弱酸性水制作的豆腐含水率显著低于自来水制豆腐($P < 0.05$);3种不同水制作的豆腐得率存在差异,其中弱碱性水制作的豆腐得率最高,弱酸性水制豆腐得率最低。弱酸性水、弱碱性水、自来水所制豆腐的硬度和凝聚性具有相同趋势,碱性水<自来水<酸性水;弱碱性水制作的豆腐弹性和咀嚼性小于自来水,但弱酸性水所制豆腐的弹性和咀嚼性与自来水没有显著性差异($P > 0.05$)。

参 考 文 献

- [1] 关东胜,李里特. 强酸化水的制备及其灭菌效果[J]. 中国农业大学学报, 1997, 2(2): 109-113
- [2] 李里特,刘海杰. 酸性离子水的消毒效果[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(2): 104-106
- [3] 三浦俊之. 電解水の殺菌殺果とその利用[J]. 食品と殺菌, 1994, 29(7): 13-14
- [4] 堀田国元. 殺酸性電解水の殺菌殺果と殺用[J]. 食品と殺菌, 1998, 33(3): 5-9
- [5] 清水信. 酸化電位水による院内感染防止[J]. Infection Control, 1995, 4(6): 81-85
- [6] 郝建雄,李里特. 电生功能水消除蔬菜残留农药的实验研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(5): 164-166
- [7] 野口殺,佐藤之殺. 食品における新しい水の科学[J]. 食品と殺菌, 1994, 29(7): 16-22
- [8] 小林健治,土佐典照,原安夫,等. 電解水による炊殺特性の殺菌[J]. 日本食品科学工学会殺, 1996, 43(8): 930-938
- [9] 大西理恵子,原安夫,新井映子. 弱電解アルカリ性水による古米の米殺特性改殺と米殺の保存性[J]. 日本食品科学工学会殺, 2001, 48(2): 112-118
- [10] 鲍松林,丁霄林. 稀碱液中的大豆浸泡行为()—浸泡条件对固形物、可溶性蛋白质损失的影响[J]. 中国调味品, 1995, 10(12): 6-9
- [11] 李博,李里特,辰巳英三. 电生功能水在豆腐生产工艺上的应用[J]. 中国粮油学报, 2001, 26(2): 59-61
- [12] 张英. 食品理化与微生物检测实验[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2004
- [13] Cai Tiande, Chang Kow-Ching. Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality [J]. J Agric Food Chem, 1999, 47(2): 720-727
- [14] Bourne M C. Texture profile analysis. Food Technol [J]. 1978, 32(7): 62-66
- [15] 石彦国,李刚,胡春林,等. 大豆浸泡过程质构变化及其对豆腐质量的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 167-169
- [16] 守田和夫,殺谷喜殺. 電解水の乖殺度の食品への影殺に殺する基殺的研究[C]. 「FOOMA」JAPAN2007アカデミックプラザ研究殺表要旨集, 东京:日本食品殺械工殺会, 2007, 14, 154-157
- [17] 程润达. 大豆蛋白质在豆腐制作过程的变化[J]. 中国酿造, 1993, 6(4): 8-12
- [18] Wang H L, Swain E W, Kwolek W F, et al. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu [J]. Cereal Chem, 1983, 60(3): 245-248
- [19] 李辉尚,李里特,陈明海,等. 大豆蛋白质含量对北豆腐得率和品质的影响[J]. 粮油食品, 2005, 12(3): 16-18