

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.09.029

W/O及W/O/W乳液型缓释凝固剂对卤水豆腐品质的影响*

郦金龙¹ 程永强¹ 焦翔² 朱巧梅¹ 殷丽君¹

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083;

2. 北京中绿华夏有机食品认证中心, 北京 100081)

摘要: 以W/O、W/O/W乳状液形式包埋盐卤, 制备成具有缓释作用的新型乳液型豆腐凝固剂, 应用于豆腐生产。研究发现: 乳化型凝固剂可以减缓凝固剂与大豆蛋白的作用强度, 改善豆腐凝胶的空间结构, 降低凝胶硬度, 而保持原有弹性。乳液凝固剂的使用能一定程度上减少豆腐加工过程中蛋白质和大豆异黄酮的物理损失, 提高大豆异黄酮保有量。此外, 豆腐凝胶亮度与白度均有上升。

关键词: 卤水豆腐 大豆异黄酮 凝固剂 乳液 质构

中图分类号: TS201.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2013)09-0162-07

Effect of W/O and W/O/W Controlled-release Emulsion Coagulants on Characteristic of Bittern-solidified Tofu

Li Jinlong¹ Cheng Yongqiang¹ Jiao Xiang² Zhu Qiaomei¹ Yin Lijun¹

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

2. China Organic Food Certification Center, Beijing 100081, China)

Abstract: Water-in-oil (W/O) and water-in-oil-in-water (W/O/W) emulsions with bitter solution as internal aqueous phase were prepared. These emulsion coagulants showed good controlled-release property when used in traditional firm tofu preparation. Compared with the traditional bitter coagulant, emulsion coagulants significantly improved the water content from 70% to the maximum 84% or 79%, as well as increased the yield of tofu gel. In addition, the use of emulsion coagulants modified the tofu gel to be more smooth and homogenous, as well as significantly reduced the hardness of tofu gel while remained the spring and improved the bright. Results also indicated that the loss of protein and soy isoflavones during tofu preparation was decreased, along with a higher yield of soy isoflavones.

Key words: Bittern-solidified tofu Soy isoflavones Coagulant Emulsion Texture

引言

传统的豆腐制作过程中, 点卤环节是最关键的步骤, 也是最难控制的环节, 受到温度、豆浆浓度、凝固剂种类与浓度以及搅拌速度等因素的影响^[1~5]。其中, 凝固剂的种类是影响豆腐品质的关键。依据凝固剂种类不同, 豆腐品种繁多, 凝胶微结构也存在较大差异。豆腐凝固剂主要有: 葡萄糖酸内酯

(GDL)、盐卤或卤水($MgCl_2$ 为主要成分)、熟石膏($CaSO_4$ 为主要成分)^[6]。传统的卤水豆腐具有大豆特有的风味以及略带甜味的口感。但是, $MgCl_2$ 在点卤时与大豆蛋白相互作用快而剧烈, 不仅引起豆腐凝胶结构粗糙, 持水力低下, 也导致出品率大大降低, 营养损失。正是由于点卤操作难于控制, 目前, 点卤工序仍然无法机械化操作。因此, 若能找到一种合适的缓释平台, 实现凝固剂的可控释放, 将有助

收稿日期: 2012-09-08 修回日期: 2012-09-27

* 国家自然科学基金资助项目(31171648)和中国农业大学基本科研业务费专项资金资助项目(2012YJ087)

作者简介: 郦金龙, 博士生, 主要从事食品乳化液的修饰改良与应用研究, E-mail: lijnlong@cau.edu.cn

通讯作者: 殷丽君, 教授, 博士生导师, 主要从事食品材料的微细化加工及相关评价技术研究, E-mail: lijyin@cau.edu.cn

于解决上述难题。

现代技术发展,特别是控释技术的发展已可以改善食品的加工特性。与常见的O/W型乳液不同,W/O型乳液是以水相为分散相、油相为连续相而形成的分散体系。许多研究表明W/O型乳液具有对亲水物质良好的缓释特性,能够减缓亲水物质在加工过程中的释放^[7~11]。另外,W/O/W型乳液是在W/O型乳液的基础上,将W/O型乳液作为分散相、水及水溶液作为连续相而制备成的多重乳液,除了具有缓释特性外,比W/O型乳液具有更好的流动性,容易分散^[12~19]。因此,本文基于传统卤水豆腐的制作特性,利用W/O、W/O/W型乳液的缓释性制备新型凝固剂,用来改善传统豆腐的加工特性及品质。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大豆(中国农业科学院,中黄13号),卤片(天津市塘沽金轮盐化有限公司, $MgCl_2$ 质量分数47%),卤水按照卤片与水的质量比2:1进行配置。聚甘油缩合蓖麻醇酸酯(PGPR,商品名818SK)与聚甘油脂肪酸酯(PGFE,商品名Q12S)(日本太阳化学株式会社上海分部),大豆油(市售食用大豆油),牛血清白蛋白(Bovine serum albumin,BSA,瑞士Roche公司),乳清分离蛋白(Whey protein isolate,WPI,美国Glanbia公司),大豆苷(Daidzin,质量分数98%以上,国家标准物质中心),大豆苷元(Daidzein,质量分数98%以上,国家标准物质中心),染料木苷

(Genistin,质量分数98%以上,日本和光纯药工业株式会社),染料木素(Genistein,质量分数98%以上,日本和光纯药工业株式会社),乙腈、冰乙酸、甲醇、纯净水皆为色谱纯,其他试剂皆为分析纯。

1.2 仪器与设备

FSM-100型分离式磨浆机(沈阳机床第三机械制造厂),自制通电加热槽(20 cm × 20 cm × 15 cm),高速均质仪(德国IKA公司,T25basic型),高压均质机(意大利GEA Niro Soavi公司,NS1001L型),HC2017恒温水浴槽(重庆银河试验仪器有限公司),TMS-Pro型质构仪(美国FTC公司),CRI300色差计(日本MINOLAT公司),KDY9820型凯氏定氮仪(北京通润源机电技术有限责任公司),HPLC系统(日本岛津仪器公司):LC-10AT型溶剂输送泵2台,SPD-10AV_{VP}型紫外检测器,CTO-10AV_{VP}型柱温箱,SCL-10AV_{VP}型系统控制器。

1.3 实验方法

1.3.1 W/O、W/O/W乳液的制备

W/O、W/O/W乳状液的制备流程如图1所示。其中W/O乳状液的制备采用初均质与高压均质结合的方法。首先以卤水为分散相,溶解有818SK的大豆油为连续相,按照分散相与连续相质量比2:3在65℃水浴槽中搅拌15 min,其中818SK占总体质量分数为0.8%或1.0%。水浴后的混合液先用高速均质机在13 000 r/min下均质2 min,将获得的初级乳液在60 MPa压力下进行高压均质,最终获得W/O乳状液,4℃保存。

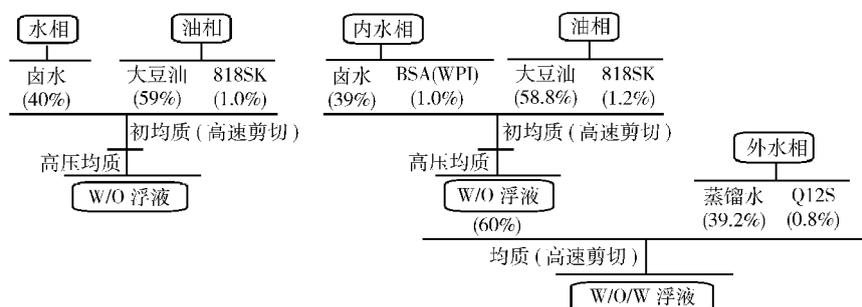


图1 W/O及W/O/W乳状液的制备流程图

Fig. 1 Preparation process of W/O and W/O/W emulsions

W/O/W乳状液的制备采用两步法。第一步根据上述W/O乳液的制备方法制备出稳定的W/O乳状液,只是在卤水(内水相)中加入一定量的BSA或者WPI,乳液组成改为分散相与连续相质量比为2:3,818SK占W/O总体系的质量分数为1.2%,BSA或者WPI占W/O总体系的质量分数为1.0%。第二步,以稳定的W/O乳液为分散相,含有一定质量分数的Q12S水溶液为连续相(外水相),W/O乳液与外水相的质量比为3:2,Q12S占W/O/W总体

系的质量分数为0.8%,常温下混合后,用高速均质机在11 000 r/min下均质2 min即获得W/O/W乳状液。

1.3.2 豆腐的制备

豆腐的制作参照文献[20~22]。大豆经过去残、除杂、清洗后,按豆水质量比1:3.5的比例于室温下浸泡12 h。浸泡后的大豆经过清洗、沥干,按照豆水质量比1:6的比例进行磨浆,控制生豆浆固形物质量分数为8.0%。之后,豆浆通过通电加热装

置快速加热煮沸,并在 100℃ 温度下持续煮浆 15 min。取 500 mL 煮好后的豆浆,冷却至 85℃,按照对照组加入 5.0 g 卤水,实验组加入 11 g W/O 乳液凝固剂或者 23 g W/O/W 乳液凝固剂进行点卤,为了使 W/O 乳液凝固剂更好分散,在用 W/O 乳液作为凝固剂时采用高速均质仪以 11 000 r/min 的转速进行分散。将形成的豆腐凝胶放于 85℃ 水浴槽中保温 30 min,使凝胶结构充分形成。之后将豆腐凝胶轻度打碎,倒入底部带孔压箱(10 cm × 7 cm × 8 cm)中,用质量 2 200 g 的铁块压制 30 min,最终得到成品豆腐。

1.3.3 豆腐凝胶含水率及产量的测定

豆腐凝胶含水率通过恒重法测定,测 3 个平行值并取平均值。豆腐凝胶产量通过直接称取压制后的豆腐成品质量获得,对制作的 3 次豆腐分别称质量,取平均值。

1.3.4 豆腐凝胶物性评价

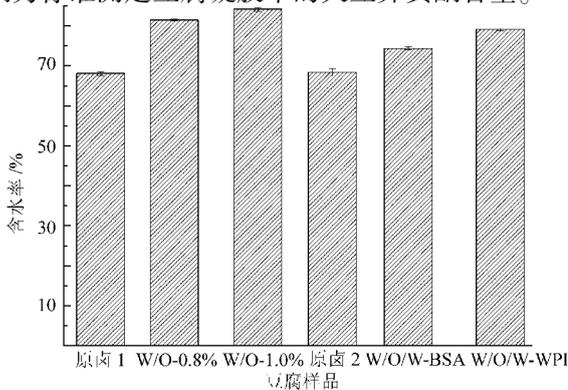
豆腐凝胶的质构特性评价采用 TPA 分析模型。切取 1.5 cm³ 的豆腐凝胶块置于 TPA 分析平台,测试参数为:压头直径 38 mm,压缩形变率 30%,压缩速度 20 mm/min。仪器自动获得样品硬度、弹性、咀嚼性等指标。取同一批次相同样品不同区域的凝胶块,测定 3 次取平均值。

采用色差计测定豆腐凝胶间的颜色差异。以标准颜色白瓷片为仪器参照,其 *L* 值为 92.7, *a* 值为 0.313 6, *b* 值为 0.319 3。测同一批次相同样品 3 个不同区域的凝胶色差值并取平均值。

1.3.5 豆腐凝胶营养品质评价

豆腐凝胶蛋白质含量采用凯氏定氮法,具体操作参照 GB/T 5009.5—2010^[23]。

非发酵豆腐制品中大豆异黄酮主要以大豆苷、染料木苷、大豆苷元和染料木素形式存在,其他形态的大豆异黄酮含量较少,因此实验中以这 4 种大豆异黄酮为标准测定豆腐凝胶中的大豆异黄酮含量。



分别精确称取大豆苷、大豆苷元、染料木苷、染料木素各 5.0 mg,分别置于 25 mL 容量瓶中,加入甲醇(色谱级)至接近刻度,超声溶解 2 h,放置 12 h 后再超声处理 2 h,冷却至室温,用甲醇(色谱级)定容,得到 200 μg/mL 的标品储备液,4℃ 保存待用。分别称取 4 种储备液各 0.2、0.4、0.8、1.2、1.6、2.0 mL,分别混合加入到 10 mL 容量瓶中,用甲醇(色谱级)溶液定容,得到一定质量浓度梯度的标准曲线工作液。

豆腐样品中异黄酮提取参考苗虹^[24]的方法。色谱条件:色谱柱为 Diamonsil C18(5 μm, 250 × 4.6 mm)。流动相 A 为体积分数 0.1% 的冰乙酸水溶液,流动相 B 为体积分数 0.1% 的冰乙酸乙腈溶液,采用梯度洗脱,洗脱程序如表 1 所示。流速为 1.0 mL/min,紫外检测波长为 254 nm,柱温 36℃,进样量 20 μL。以大豆异黄酮质量浓度为横坐标,高效液相色谱图中对应质量浓度大豆异黄酮单体的峰面积为纵坐标作图并线性拟合,得到标准曲线,并测定豆腐样品中大豆异黄酮含量。总异黄酮含量为 4 种异黄酮含量之和。

表 1 流动相 B 的梯度洗脱时间程序

Tab.1 Gradient elution procedures of flow B

序号	时间/min	体积分数/%
1	0.01	10
2	5	15
3	10	20
4	15	25
5	30	35
6	40	50
7	45	50
8	48	10

2 结果与分析

2.1 豆腐凝胶含水率及产量

图 2 中原卤 1 是对应于 W/O 凝固剂点卤的对照,采用传统卤水点卤,原卤 2 与 W/O/W 凝固剂点

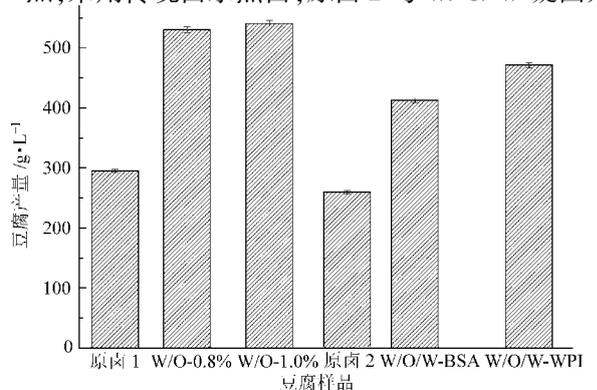


图 2 不同豆腐样品的含水率与产量

Fig.2 Water content and yield of different tofu samples

卤相对应的对照,采用传统卤水点卤。W/O-0.8% (1.0%)是指乳液中乳化剂818SK质量分数为0.8% (1.0%)。W/O/W-BSA (WPI)是指乳液内水相中含有BSA (WPI)。

盐卤豆腐由于采用以 $MgCl_2$ 为主要成分的卤水作为凝固剂,因此 Mg^{2+} 与大豆蛋白快速而剧烈地形成“Mg桥”的独特凝固方式,决定了在 Mg^{2+} 周围的大豆蛋白瞬间通过“Mg桥”桥架作用交联收缩,导致形成的凝胶网络网孔大,结构松散,因此截流水分子的能力弱,很大一部分水分子无法留在大孔径的网络中而在凝胶形成以及压制过程中外流,因此豆

腐凝胶含水率较低,在70%左右(图2)。而采用W/O型凝固剂或W/O/W型凝固剂点卤,均能较大幅度地提高凝胶含水率,其中采用W/O型凝固剂的凝胶含水率最高可达84%,用W/O/W型凝固剂的凝胶含水率最高也达79%。从图2可以看出,豆腐凝胶的产量与凝胶中含水率呈正相关。因此,无论是采用W/O型凝固剂还是W/O/W型凝固剂,都能较大幅度提高豆腐凝胶产量,与对照相比,平均提高了84%。由于豆腐凝胶结构致密而均匀,含水率上升,因此从感官上明显发现,采用乳液凝固剂后的豆腐凝胶更加细腻光滑,嫩度提高(图3)。

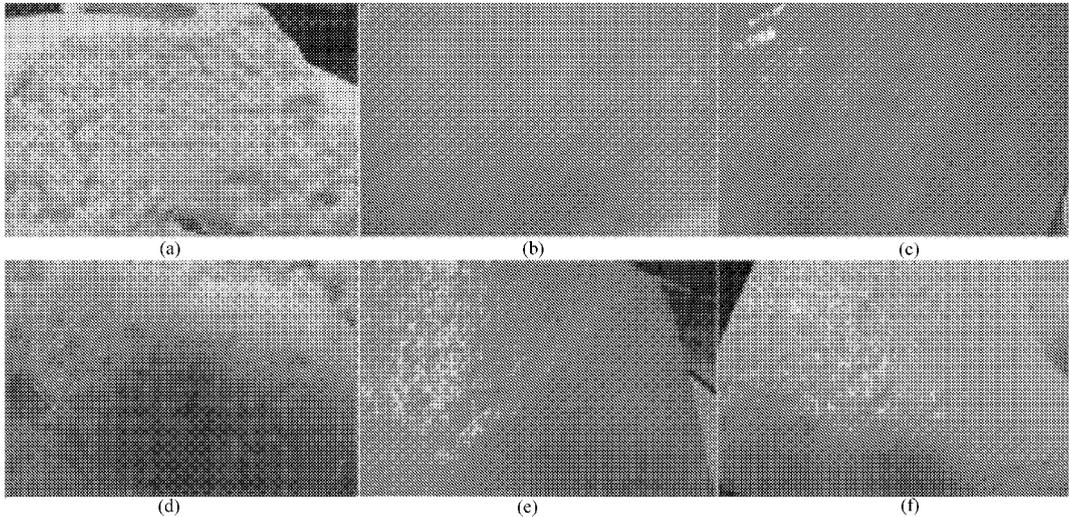


图3 不同凝固剂作用下的豆腐凝胶外观

Fig. 3 Appearance of tofu gel solidified by different kinds of coagulants

(a) 原卤1 (b) W/O-0.8% (c) W/O-1.0% (d) 原卤2 (e) W/O/W-BSA (f) W/O/W-WPI

W/O以及W/O/W乳状液中,由于油膜界面以及乳化剂界面的存在,较大程度上减缓了 $MgCl_2$ 从水相透过油相向豆浆中迁移,这种缓速的迁移,在充分搅拌分散的配合下,使得 Mg^{2+} 能够充分分散,并且低强度地与大豆蛋白相互作用形成“Mg桥”,由于大豆蛋白周围的 Mg^{2+} 浓度是逐渐上升的过程,大豆蛋白分子间有较充分的空间与时间形成网孔细、网络致密的凝胶结构,因此截流水分子的能力大幅提升,含水率以及产量提升。同时,由于W/O/W乳液外连续相为水相,因此与W/O乳液相比,其在豆浆中无需配合剪切,只需手动搅拌即能分散良好,另一方面,W/O/W乳液的油膜明显薄于W/O乳液,因此W/O型凝固剂的缓释效果略好于W/O/W型乳液凝固剂,导致用W/O型凝固剂点卤的豆腐含水率、产量都略高于后者,凝胶也更光滑致密。

2.2 豆腐凝胶物性

质构是评价豆腐凝胶特性的关键指标。质构特性直接与豆腐凝胶的一些物理性质,包括含水率、凝胶网络结构等相关联。从图4可以看出,通过使用

改良后的凝固剂,豆腐凝胶的硬度大幅下降,从对照的9 N左右下降到4 N以下,有的样品甚至低至2 N。其原因在于,缓释型的凝固剂提高了豆腐凝胶中的含水率以及凝胶空间网络结构的有序分布,因此凝胶硬度下降。另一方面,咀嚼性反映了人牙齿嚼碎豆腐凝胶的受力情况,其值越大,嚼碎豆腐所需使用的力越大,并且其值与豆腐凝胶硬度正相关。与对照组比较,新型豆腐凝胶咀嚼性下降,表明适口性更好。两者弹性保持基本不变,说明改良后的豆腐凝胶依然有着良好的组织结构,不会出现凝胶结

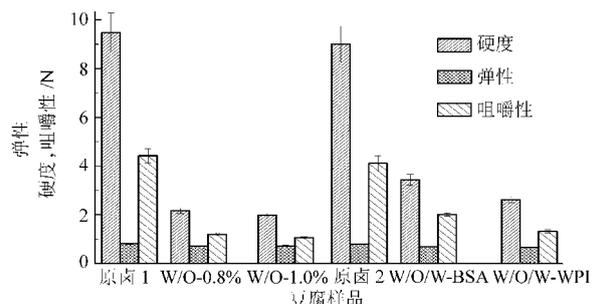


图4 不同豆腐凝胶质构特性差异

Fig. 4 Textural property of different tofu gel samples

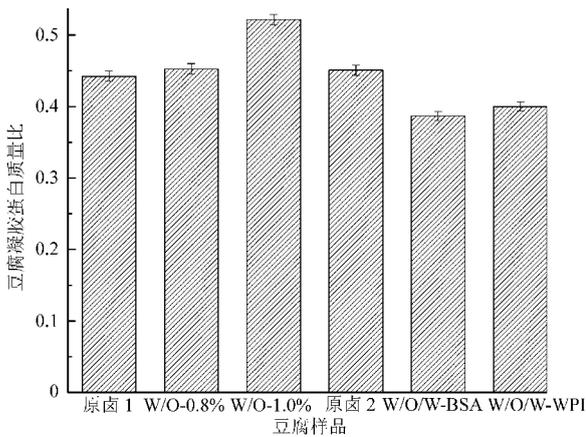
构受力坍塌的现象。

从表2的结果可以看出,新型凝固剂的使用同样会影响豆腐凝胶的色差。一方面,无论是W/O型凝固剂还是W/O/W型凝固剂,豆腐凝胶的L值上升,说明凝胶亮度上升;并且b值明显下降,说明豆腐凝胶白度上升,商品价值提高。根据李里特^[25]的理论, $\Delta E_{ab} = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$, 当 ΔE_{ab} 值在3.0~6.0时,表明两种物质的颜色在人类视觉上有明显差异。本实验中,实验组与对照组的 ΔE_{ab} 值在4.2~6.8之间,说明差异明显。

表2 不同豆腐凝胶色差性质

Tab.2 Color property of different tofu gel samples

样品	L值	a值	b值	标准差		
				L值	a值	b值
原卤1	82.99	-2.51	17.88	0.32	0.12	0.78
W/O-0.8%	84.81	-2.13	12.53	0.41	0.109	0.49
W/O-1.0%	86.65	-2.64	12.09	0.55	0.132	0.51
原卤2	83.62	-2.6	17.86	0.38	0.127	0.74
W/O/W-BSA	86.27	-2.27	14.54	0.61	0.112	0.62
W/O/W-WPI	85.64	-2.15	12.65	0.58	0.109	0.57



2.3 豆腐凝胶蛋白含量

以卤水作为凝固剂时,一方面其快速剧烈的凝固方式导致部分蛋白未能充分地相互结合;另一方面卤水的快速作用也导致豆浆局部未能有效接触凝固剂而无法结合,因此理论上会有部分蛋白质损失。图5表明,相比于对照组,采用W/O乳液点卤时,在乳化剂818SK质量分数为0.8%时,单位干物质中蛋白含量基本不变,当818SK提高至1.0%时,乳液的缓释效果提升,因此单位干物质中蛋白含量有小幅度提高。而W/O/W型乳液凝固剂的缓释效果略差于W/O乳液型凝固剂,因此与对照组相比,单位干物质中蛋白含量略有下降。由之前的结果表明,新型豆腐产量明显提升,因此无论是采用W/O型凝固剂还是W/O/W型凝固剂,蛋白质的总产量都有一定幅度的提升(图5)。需要说明的是,传统的卤水作为凝固剂点卤时,虽然理论上会存在一定量的蛋白损失,但是这种损失幅度是轻微的,因此这也是图3实验结果中蛋白含量提升幅度较少的内在原因。

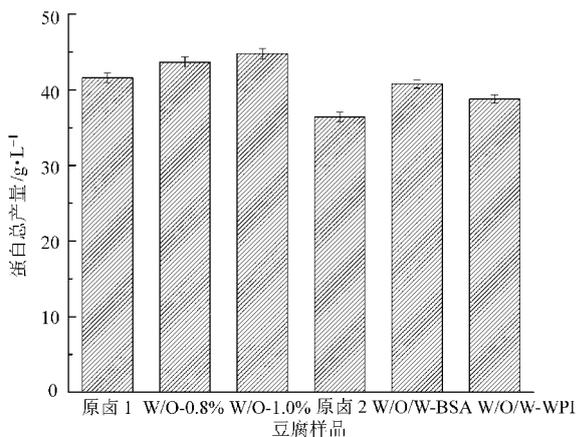


图5 豆腐凝胶干基蛋白含量与蛋白总产量

Fig.5 Protein content in dry basis and protein yield

2.4 豆腐凝胶大豆异黄酮含量

大豆异黄酮是豆腐制品中的主要活性营养物质之一。在本实验条件下,采用高效液相法测定豆腐凝胶中大豆异黄酮含量时,由表3可知,目标检测物保留时间合适并且线性良好。

表3 大豆异黄酮的标准曲线

Tab.3 Standard curves of soy isoflavones

大豆异黄酮 单体样品	保留时间 /min	标准曲线方程	R ²
大豆苷	15.932	$y = 29\ 148x - 8\ 740.4$	0.998 9
染料木苷	20.332	$y = 43\ 866x + 2\ 579.9$	0.993 6
大豆苷元	29.198	$y = 56\ 155x + 11\ 326$	0.998 4
染料木素	37.665	$y = 66\ 556x + 19\ 356$	0.998 6

根据汪立君、黄才欢等^[26~27]的研究,传统豆腐

加工过程中,大豆异黄酮主要在豆腐凝固以及压制过程中以黄浆水的形式损失,并且损失量较大。图6的实验结果表明,通过采用具有缓释作用的乳液型凝固剂代替传统卤水点卤,单位质量蛋白质中总大豆异黄酮含量有较明显上升。理论上,若不存在外源大豆异黄酮的加入,则单位质量蛋白质中总大豆异黄酮含量应基本保持不变,而结果中这种反常的提升,正是由于豆腐凝胶结构中水分子截留较牢固,使得在压制过程中,黄浆水损失少,因此豆腐凝胶中大豆异黄酮损失减少,从而在未加入外源大豆异黄酮的情况下,内源大豆异黄酮含量上升,从而与蛋白含量的比值,即单位质量蛋白质中总大豆异黄酮含量上升。

与此同时,虽然单位湿基豆腐中大豆异黄酮含

量仍然低于对照组(数据未显示),但是由于同时存在着大豆异黄酮损失减少以及豆腐产量上升双重提

升效应,因此,总大豆异黄酮的产量上升,提升幅度在11%~46%之间(图6)。

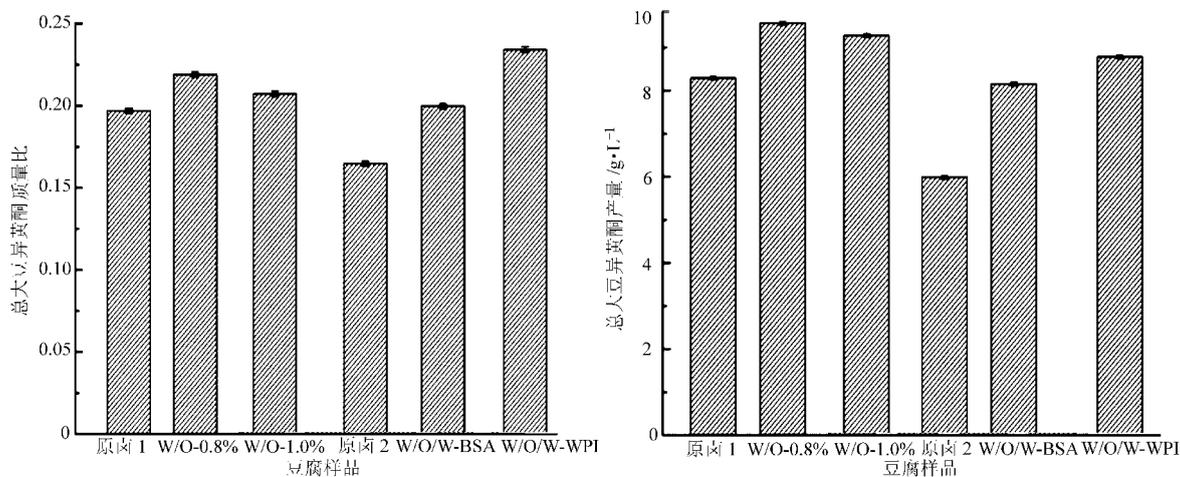


图6 单位蛋白质中总大豆异黄酮含量及总大豆异黄酮产量

Fig. 6 Total soy isoflavones content per protein and yield of total soy isoflavones

3 结束语

利用油包水(W/O)与水包油包水(W/O/W)乳化技术,将卤水以内水相的形式包埋于乳液中,制得的乳液型凝固剂具有明显的缓释效果。一方面,与传统的利用卤水点卤制得的豆腐产品相比,乳液型凝固剂不仅能够提高豆腐凝胶含水率,扩大产量,改善凝胶结构,提高实用性以及外观品质,而且在一定

程度上能够减少加工中蛋白质的损失,并减少大豆异黄酮的物理损失,提高大豆异黄酮的保有量。另一方面,结果显示,相比W/O/W乳液而言,W/O乳液具有更好的缓释效果,因此对于含水率以及产量的提升效果也更明显,相比之下,W/O/W乳液由于外相为水,易于分散,更适合在食品加工中作为添加剂使用。

参 考 文 献

- Cai T D, Chang K C. Dry tofu characteristics affected by soymilk solid content and coagulation time [J]. *Journal of Food Quality*, 1997, 20(5): 391~402.
- Shen C F, de Man L, Buzzel R I, et al. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics; Glucono-delta-lactone coagulant [J]. *Journal of Food Science*, 1991, 56(1): 109~112.
- Sun N, Breene W M. Calcium sulphate concentration influence on yield and quality of tofu from five soybean varieties [J]. *Journal of Food Science*, 1991, 56(6): 1604~1607.
- Shih M C, Hou H J, Chang K C. Process optimization for soft tofu [J]. *Journal of Food Science*, 1997, 62(4): 833~837.
- Cai T D, Chang K C. Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method; propeller blade size, mixing time and coagulant concentration [J]. *Food Research International*, 1998, 31(4): 289~295.
- 王菁文, 刘涛. 豆腐凝固剂的种类与特点[J]. *大豆通报*, 1997(3): 24.
- Clément P, Laugel C, Marty J P. In vitro release of caffeine from concentrated W/O emulsions; effect of formulation parameters [J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 2000, 207(1~2): 7~20.
- Clément P, Laugel C, Marty J P. Influence of three synthetic membranes on the release of caffeine from concentrated W/O emulsions [J]. *Journal of Controlled Release*, 2002, 66(2~3): 243~254.
- Ferreira L A M, Doucet J, Seiller M, et al. In vitro percutaneous absorption of metronidazole and glucose; comparison of O/W, W/O/W and W/O systems [J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 1995, 121(2): 169~179.
- Ferreira L A M, Doucet J, Seiller M, et al. Vehicle influence on in vitro release of glucose: W/O, W/O/W, O/W systems compared [J]. *Journal of Controlled Release*, 1995, 33(3): 349~356.
- Frasch-Melnik S, Norton I, Spyropoulos F. Fat-crystal stabilised W/O emulsions for controlled salt release [J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 98(4): 437~442.
- Florence A T, Whitehill D. The formulation and stability of multiple emulsions [J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 1982, 11(4): 277~308.
- Owusu R K, Zhu Q, Dickinson E. Controlled release of L-tryptophan and vitamin B2 from model W/O/W multiple emulsions [J]. *Food Hydrocolloids*, 1992, 6(5): 443~453.
- Garti N, Aserin N. Double emulsions stabilized by macromolecular surfactants [J]. *Advances in Colloid and Interface Science*,

- 1996, 65: 37 ~ 69.
- 15 Garti N, Bisperink C. Double emulsions: progress and applications [J]. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 1998, 3(6): 657 ~ 667.
- 16 Garti N. Progress in stabilization and transport phenomena of double emulsions in food applications [J]. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 1997, 30(3): 222 ~ 235.
- 17 Garti N. Double emulsions-scope, limitations and new achievements [J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 1997, 123 ~ 124: 233 ~ 246.
- 18 Benichou A, Aserin A, Garti N. Double emulsions stabilized with hybrids of natural polymers for entrapment and slow release of active matters [J]. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2004, 108 ~ 109: 29 ~ 41.
- 19 Fechner A, Knoth A, Scherze I, et al. Stability and release properties of double-emulsions stabilised by caseinate-dextran conjugates [J]. *Food Hydrocolloids*, 2007, 21(5 ~ 6): 943 ~ 952.
- 20 Li J L, Qiao Z H, Tatsumi E, et al. A novel approach to improving the quality of bitterm-solidified tofu by W/O controlled-release coagulant. 1: preparation of W/O bitterm coagulant and its controlled-release property [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 6(7): 1790 ~ 1800.
- 21 Li J L, Qiao Z H, Tatsumi E, et al. A novel approach to improving the quality of bitterm-solidified tofu by W/O controlled-release coagulant. 2: using the improved coagulant in tofu processing and product evaluation [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 6(7): 1801 ~ 1808.
- 22 芦鑫,程永强,李里特. 全子叶豆腐凝胶性质研究[J]. *农业机械学报*, 2010, 41(9): 128 ~ 141.
Lu Xing, Cheng Yongqiang, Li Lite. Gelatin properties of Okara-containing tofu [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2010, 41(9): 128 ~ 141. (in Chinese)
- 23 GB/T 5009.5—2010 食品安全国家标准:食品中蛋白质的测定[S].
- 24 苗虹,赵云峰,周蕊,等. 高效液相色谱法测定食品中大豆异黄酮含量[J]. *中国食品添加剂*, 2004(5): 92 ~ 96.
Miao Hong, Zhao Yunfeng, Zhou Rui, et al. Determination of total isoflavones in food by high-performance liquid chromatography [J]. *China Food Additives*, 2004(5): 92 ~ 96. (in Chinese)
- 25 李里特. 食品物性学[M]. 北京:中国农业出版社, 1998: 139 ~ 148.
- 26 汪立君,李栋,刘志胜,等. 豆腐加工过程中异黄酮的流失[J]. *粮油加工与食品机械*, 2000(5): 30 ~ 31.
- 27 黄才欢,李爱军,欧云富,等. 加工工艺对豆腐中异黄酮保留率的影响[J]. *食品科学*, 2005, 26(7): 159 ~ 162.
Huang Caihuan, Li Aijun, Ou Yunfu, et al. Processing effects on recovery of isoflavones during manufacturing of tofu [J]. *Food Science*, 2005, 26(7): 159 ~ 162. (in Chinese)

欢迎订阅 2014 年《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学;耕作栽培·生理生化·农业信息技术;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺;贮藏·保鲜·加工;畜牧·资源昆虫;兽医;农业经济与管理等栏目。读者对象是国内外农业科研院(所)、农业大专院校的科研、教学及管理人员。

《中国农业科学》中文版大 16 开,每月 1、16 日出版,国内外公开发售。每期 208 页,定价 49.50 元,全年定价 1188.00 元。国内统一刊号:CN11-1328/S,国际标准刊号:ISSN 0578-1752,邮发代号:2-138,国外代号:BM43。

《中国农业科学》英文版(*Agricultural Sciences in China*), 2002 年创刊,月刊,2012 年更名为《农业科学学报》(*Journal of Integrative Agriculture*, JIA)。2006 年 1 月起与国际著名出版集团 Elsevier 合作,全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行。2009 年被 SCI 收录,2012 年 JCR 影响因子为 0.527。

JIA 大 16 开,每月 20 日出版,国内外公开发售。每期 160 页,国内订价 80.00 元,全年 960.00 元。国内统一刊号:CN 10-1039/S,国际标准刊号:ISSN 2095-3119,邮发代号:2-851,国外代号:1591M。

《中国农业科学》中、英文版均可通过全国各地邮局订阅,也可向编辑部直接订购。