

凝固剂对白玉饺品质特性的影响

Effect of coagulants on quality properties of tofu dish jade-like dumpling

叶 韬¹ 丁凯丽¹ 陈志娜¹ 尹琳琳¹ 王 云¹ 陆剑锋²

YE Tao¹ DING Kai-li¹ CHEN Zhi-na¹ YIN Lin-lin¹ WANG Yun¹ LU Jian-feng²

(1. 淮南师范学院生物工程学院, 安徽 淮南 232038; 2. 合肥工业大学食品科学与工程学院, 安徽 合肥 230009)

(1. College of Bioengineering, Huainan Normal University, Huainan, Anhui 232038, China;

2. College of Food Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China)

摘要:为丰富豆腐深加工产品的形式,以豆腐为饺皮、猪肉为馅料制备一种特色传统豆腐菜肴——白玉饺,并比较凝固剂种类对白玉饺质构(Texture Profile Analysis, TPA)、色泽、感官特性、持水性以及基本营养成分(水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分)的影响。结果表明:盐卤、石膏和内酯(GDL)制备白玉饺皮的最适添加量分别为2.5、2.5、2.0 g/100 g干豆;石膏白玉饺与内酯白玉饺持水性无显著差异($P>0.05$),但显著($P<0.05$)高于盐卤白玉饺(62.89%),且硬度(石膏白玉饺和内酯白玉饺分别为760.88、745.08 g)显著小于盐卤白玉饺(861.86 g),而咀嚼性、回复性、凝聚性、黏附性方面无显著差异($P>0.05$);石膏白玉饺的 a^* 值显著($P<0.05$)低于盐卤和内酯白玉饺,但亮度值 L^* 值无显著($P>0.05$)差异;石膏白玉饺在折叠破碎情况、口感细腻和外形等感官特性方面优于盐卤和内酯白玉饺。因此,可选择2.5 g/100 g干豆的石膏作为特色菜肴白玉饺加工的凝固剂。

关键词:白玉饺;豆制品;凝固剂;品质特性

Abstract: To enrich the form of tofu deep-processing products, jade-like dumpling, a special traditional tofu dish, was prepared using tofu and minced pork as dumpling paper and stuffing respectively. The effects of different coagulants on quality parameters, including the texture, color, sensory characteristic, water holding capacity and nutritive compositions, of jade-like dumpling were compared. The results indicated that the optimal concentration of $MgCl_2$, $CaSO_4$ and GDL for jade-like dumpling was 2.5 g, 2.5 g and 2.0 g per 100 g dried soybeans, respectively. The water holding capacity of $CaSO_4$ -dumpling and GDL-dumpling had no significant difference ($P>0.05$), which were significantly higher than that of $MgCl_2$ -dumpling (62.89%) ($P<0.05$). The hardness of $CaSO_4$ -dumpling and GDL-

dumpling which was 760.88 g and 745.08 g, respectively, and were obviously lower than 861.86 g of $MgCl_2$ -dumpling ($P<0.05$). However, the dumpling made from different coagulants showed no significant difference with respect to chewiness, resilience, cohesiveness and adhesiveness. The a^* values for the $CaSO_4$ -dumpling was significantly less than $MgCl_2$ -dumpling and GDL-dumpling, while there was no significant difference in L^* values. The $CaSO_4$ -dumpling was superior to others with regard to sensory characteristic such as damage during wrapping, taste and appearance. Therefore, 2.5 g $CaSO_4$ per 100 g dried soybeans could be chosen to prepare jade-like dumpling.

Keywords: jade-like dumpling; soybean product; coagulant; quality properties

大豆蛋白作为优质的植物蛋白深受消费者喜爱,市场上90%的大豆蛋白质是以凝胶的形式(豆腐)进行消费^[1]。然而,豆腐加工企业当前的产品主要有初级加工产品豆腐以及深加工产品腐乳和即食休闲豆干^[2],这些产品附加值低,且深加工种类和形式不够丰富,严重制约了豆腐加工企业的规模化发展。开发工业化的豆腐菜肴是实现其精深加工的一个重要方向^[3]。

白玉饺是中国传统菜肴,它是以豆腐凝胶为皮,经过分片、切圆、包馅、定型而得到,其形如水饺,色白如玉,鲜嫩爽口,深受消费者喜爱。然而,白玉饺的制作需要娴熟的技术和繁杂的操作规程,目前尚无标准化的制作工艺,关于白玉饺加工工艺的相关研究也较少。因此,对白玉饺的加工工艺进行定性定量,有助于白玉饺的手工操作向现代工业化生产方式转变。此外,这也能进一步丰富豆腐深加工产品的形式,提高大豆蛋白凝胶的附加值。

凝固工艺是大豆蛋白凝胶制备过程中最关键的工艺,凝固剂的种类对大豆蛋白凝胶特性至关重要^[4]。本研究拟通过预试验确定3种常用于制作白玉饺的凝固剂的最适添加量,比较不同凝固剂对白玉饺的质构、色泽、感官特性、持水

基金项目:淮南师范学院自然科学研究重点项目(编号:2017xj02zd)

作者简介:叶韬,男,淮南师范学院助教,硕士。

通信作者:陆剑锋(1976—),男,合肥工业大学教授,博士。

E-mail: lujianfenghufut@sohu.com

收稿日期:2017-12-06

性、基本营养成分等品质特性的影响,以期为特色豆腐菜肴白玉饺的工业化生产提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

大豆:东北大豆,市售;
盐卤(MgCl₂):食品级,天津瑞泽顺畅化工科技有限公司;
石膏:食品级,湖北膏业玉兰股份有限公司;
葡萄糖酸-δ-内酯(GDL):食品级,上海绿宙食品添加剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

自分离磨浆机:FDM-100-40型,镇江新区鑫宝机械厂;
折光仪:LYT-330型,上海力辰仪器科技有限公司;
恒温玻璃水浴锅:76-1A型,金坛区白塔新宝仪器厂;
分析天平:SQP型,赛多利斯科仪器(北京)有限公司;
白度色度仪:YT-48A型,杭州研特有限公司;
物性测试仪:TA-XTPLUS型,英国 STABLE 公司;
凯氏定氮仪:Kjeltec™8400型,丹麦 Foss 公司;
脂肪测定仪:SOX500型,济南海能仪器股份有限公司;
压力数显豆腐压榨机:实验室自组装。

1.2 试验方法

1.2.1 白玉饺的制备工艺

(1) 工艺流程:

大豆→浸泡→磨浆→调整固形物含量→煮浆→点浆→蹲脑→破脑→压榨→分片→切圆→包馅→蒸煮定型→白玉饺

(2) 操作要点:称取干大豆 1 000 g,按 1:3 的豆水质量比,室温(25℃)下浸泡 16 h 后沥干,再按 1:7 的豆水质量比进行磨浆,调整生豆浆的固形物含量为 8%,加热煮沸 5 min,冷却至所需温度(盐卤为 80℃,石膏为 85℃,葡萄糖酸-δ-内酯为 90℃)进行点浆(约 150 r/min),保温蹲脑 20 min,破脑入模,使用 2 325 Pa 压榨,恒压 2 h 后得到原料豆腐。用圆形刀将豆腐切成直径为 5 cm 的圆形,分成约 2 mm 厚薄片得到白玉饺的皮;包馅时将饺皮放在纱布上,取拌好调味料的猪肉馅 0.45 g 于饺皮上,用纱布将其包裹并对折,轻压成饺子的形状;将包馅后的白玉饺用 115℃ 蒸汽定型 3 min 得到白玉饺。

1.2.2 预试验筛选 由预试验可知,白玉饺所需凝固剂的最适浓度分别为:石膏 2.5 g/100 g 干豆,盐卤 2.5 g/100 g 干豆,内酯 2.0 g/100 g 干豆。比较凝固剂种类对白玉饺质构(TPA)、色泽、感官特性、持水性以及基本营养成分(水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分)的影响。

1.2.3 质构测定 用质构仪进行二次压缩试验可测定样品的硬度、黏附性、凝聚性、咀嚼性、回复性。将白玉饺置于载物台上,将探头对准样品。设定参数,选定探头为 P/36R;测定模式为 TPA;触发类型为 Auto;触发力为 10 g;测定前运行速度为 1 mm/s;测定时运行速度为 5 mm/s;测定后运行速度为 5 mm/s;压缩程度为 25%,两次间隔时间为 5 s。

1.2.4 色泽测定 用白度色度仪测量样品的 L^* 、 a^* 、 b^*

值,其中 L^* 指明暗度,当 L^* 为正值时说明样品偏亮,为负值则说明偏暗; a^* 指红绿度,当 a^* 为正值时说明样品偏红,为负值时则说明偏绿; b^* 指黄蓝度,当 b^* 为正值时说明样品偏黄,为负值则说明偏蓝。测量时,先对仪器进行调零校准,再将样品正放于测量口进行测量,并记录数据^[5]。

1.2.5 感官评定 选取 10 名食品专业的学生和老师组成感官评定小组。按表 1 对白玉饺进行评分,总分 100 分,最终感官总评分值以各项指标的平均值相加呈现出来,其他指标的分值经去权重(所评分值/权重值)后呈现出来,凝固成型情况、折叠破碎情况、表面细腻情况和口感粗老情况权重分别为 0.6,0.2,0.1,0.1。

表 1 白玉饺感官评定标准
Table 1 The sensory evaluation standards of jade-like dumpling

凝固成型	折叠破碎	表面质地	口感
能成型,表明光洁(60分)	折叠后不易破碎(20分)	无孔状,偏细腻(10分)	口感细嫩(10分)
勉强成型,表面呈稀糊状(60~30分)	折叠后较易破碎(20~10分)	有孔状,细腻适中(10~5分)	口感较粗老(10~5分)
不能成型,冷却后仍为浆状(30分以下)	折叠后易破碎(10分以下)	孔状多,不细腻(5分以下)	口感粗老(5分以下)

1.2.6 持水性测定 参照刘灵飞等^[6]的方法略有修改,称取 2.000 g(精确至 0.001)白玉饺皮,置于底部带孔的 5 mL 离心管中,将 5 mL 离心管套于去盖的 10 mL 离心管中,于 1 000 r/min 离心 10 min 后,称重记录重量(m_2),并于 105℃ 下干燥至恒重(约 8 h)后,称重记录重量(m_1),持水性 $R(\%)$ 按式(1)计算:

$$R = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:
 R ——白玉饺的持水性,%;
 m_1 ——白玉饺干燥至恒重的重量,g;
 m_2 ——白玉饺离心后的重量,g。

1.2.7 基本营养成分测定

- (1) 水分:按 GB 5009.3—2016 的直接干燥法执行。
- (2) 灰分:按 GB 5009.4—2016 的高温灼烧法执行。
- (3) 粗蛋白:按 GB 5009.5—2016 的凯氏定氮法执行,蛋白质系数选为 5.71。
- (4) 粗脂肪:按 GB 5009.6—2016 的索氏抽提法执行。

1.3 数据分析

使用 SPSS 17.0 软件中的 Duncan 法进行显著性分析,显著性水平为 0.05,并用 OriginPro 8 作图。每次试验设 3 组平行,最终试验结果用平均值±标准差($\bar{X} \pm SD$)表示。

2 结果与分析

2.1 凝固剂对白玉饺质构(TPA)特性的影响

由表 2 可知,凝固剂对白玉饺的硬度有显著影响($P <$

0.05),但对黏附性、凝聚性、咀嚼性、回复性并无显著影响($P>0.05$)。盐卤白玉饺硬度(861.86 g)显著大于($P<0.05$)石膏和内酯白玉饺的,而石膏白玉饺和内酯白玉饺的硬度(分别为 760.88,745.08 g)无显著差异($P>0.05$)。

白玉饺的口感特点是嫩若凝脂,鲜嫩爽口,其硬度越小,白玉饺感官品质越高。由于 3 种白玉饺采用的馅料是一样的,各种凝固剂引起白玉饺质构上的差异,主要表现在凝固

剂对豆腐质构的影响,如赵海波^[7]¹³对比市售 3 种豆腐(盐卤、石膏、内酯)的硬度时发现,盐卤豆腐的硬度最大约是内酯豆腐的 3 倍,其次是石膏豆腐,硬度大约是内酯豆腐的 2 倍,而本研究得到的结果与其稍有不同,可能是制备豆腐时所采用的压榨参数和凝固剂的添加量不同而导致豆腐凝胶网状结构发生变化^[5,8-9]。因此,从质构方面考虑,石膏白玉饺和内脂白玉饺要优于盐卤白玉饺。

表 2 凝固剂对白玉饺质构特性(TPA)的影响[†]

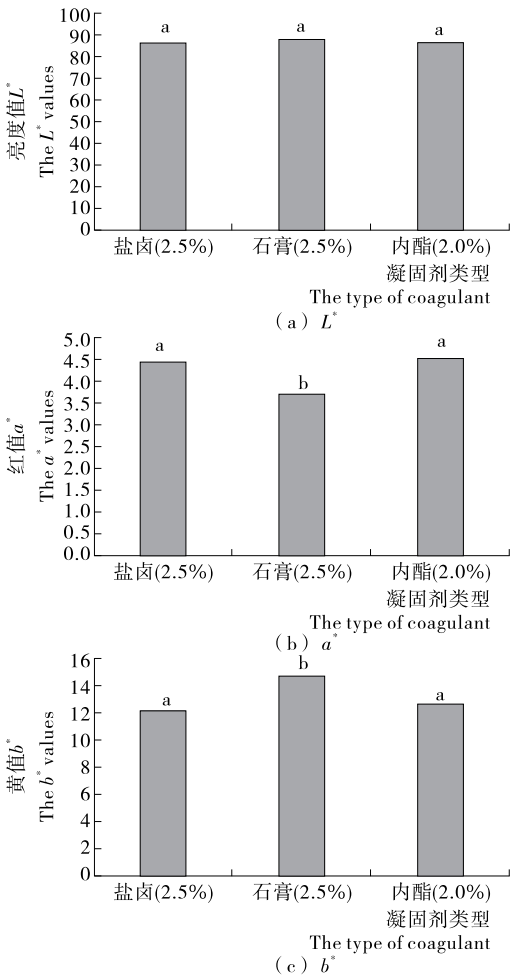
Table 2 The effect of coagulants on the texture profile analysis of jade-like dumpling

凝固剂类型	硬度/g	黏附性/(g·s)	凝聚性	咀嚼性	回复性
盐卤	861.86±28.21 ^a	0.841±0.041 ^a	724.61±41.95 ^a	792.47±91.26 ^a	0.481±0.024 ^a
石膏	760.88±8.49 ^b	0.807±0.014 ^a	646.19±53.41 ^a	702.06±149.64 ^a	0.470±0.043 ^a
内酯	745.08±56.48 ^b	0.816±0.031 ^a	609.38±69.77 ^a	602.70±67.98 ^a	0.507±0.055 ^a

[†] 同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 凝固剂对白玉饺表现色泽的影响

由图 1 可知,3 种白玉饺的亮度值 L^* 无显著性差异;但石膏白玉饺的红值 a^* 显著小于盐卤和内酯白玉饺的($P<0.05$),而黄值 b^* 略高于其他 2 种;石膏白玉饺皮的颜色为白色偏黄,其他 2 种豆腐水饺皮的颜色为白色偏红。



不同字母表示差异显著($P<0.05$)

图 1 凝固剂对白玉饺表现色泽的影响

Figure 1 The effect of coagulants on the apparent color of jade-like dumpling

白玉饺的感官要求是色白如玉,因此石膏白玉饺的表现色泽要优于盐卤和内酯白玉饺。Prabhakaran 等^[5]在研究凝固剂对豆腐品质影响时发现,石膏、盐卤以及醋酸豆腐其亮度值、红值、黄值无显著差异,本研究结果与其不同。白玉饺在用豆腐包馅后还需蒸煮定型,豆腐在经过高温处理后会发非酶褐变,颜色由白色向褐色加深^[10],可能是由于不同凝固剂所得豆腐组分不同,导致蒸煮定型时的美拉德反应程度不同造成的^[11]。由此可知,石膏白玉饺的色泽优于内脂和盐卤白玉饺的。

2.3 凝固剂对白玉饺感官特性的影响

由图 2 可知,3 种凝固剂凝固成型效果均较好,但石膏和内酯豆腐的凝固成型要优于盐卤豆腐的;从折叠破碎情况看,石膏白玉饺的折叠破碎情况最好,内酯白玉饺的折叠破碎最差,具体表现为包馅时容易破碎,白玉饺的出品率低;蒸煮后的表面细腻情况是白玉饺外观品质中重要的特性,内酯白玉饺的表面最细腻,其次是石膏白玉饺,盐卤白玉饺的最差(表面有较多的小孔);白玉饺的口感粗,老性与表面细腻性较一致,盐卤白玉饺的口感较粗糙,而石膏白玉饺和内酯白玉饺的口感细腻。

不同凝固剂形成大豆蛋白凝胶结构的紧实度不同^[9],凝固剂的种类影响着其与蛋白的反应速度,盐卤凝固速度最快,其次是石膏,凝固速度越快使得热变性的蛋白迅速聚集,形成较大的聚集体,经过压榨后大颗粒蛋白整体黏合在一

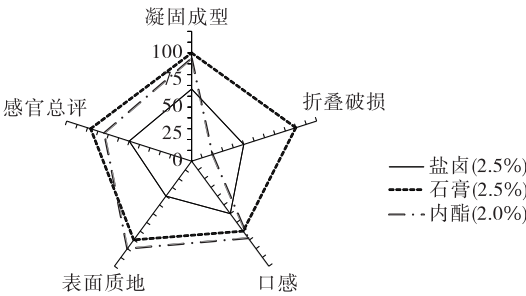


图 2 凝固剂对白玉饺感官特性的影响

Figure 2 The effect of coagulants on the sensory characteristics of jade-like dumpling

起,所得凝胶颗粒间的缝隙较大,大豆蛋白的凝胶结构不够均匀、致密,而导致口感较粗糙、外观多孔^{[7][14][12]}。由此可知,兼顾制备过程的操作可行性和最终产品的感官特性,以石膏为凝固剂制备的白玉饺感官品质较高。

2.4 凝固剂对白玉饺皮持水性的影响

白玉饺皮的持水性是指饺皮在外力作用下保持原有水分的能力,持水性影响着大豆蛋白的凝胶特性和感官品质^[13],图3为不同凝固剂对白玉饺持水性的影响。由图3可知,石膏白玉饺和内酯白玉饺的持水性(分别为74.49%,72.80%)无显著差异($P>0.05$),且显著($P<0.05$)高于盐卤白玉饺(62.89%)。Li等^[14]应用低场核磁共振技术(Low-field nuclear magnetic resonance,LF-NMR)研究凝固剂对豆腐持水性的影响时发现,持水性与蛋白凝胶中水分的存在形式有关,豆腐中水分主要存在形式是大豆蛋白凝胶网状结构中的不易流动水(约占总水分的90%);不同凝固剂制作的豆腐持水性不同,其中,内酯豆腐不易流水的含量最高,其次是石膏豆腐,含量最低的是盐卤豆腐,而本研究中内酯白玉饺皮的持水性与石膏白玉饺皮无显著差异($P>0.05$),可能是由于加工白玉饺的内酯豆腐需要经过压榨来增加大豆蛋白的凝胶强度,该工序排出了部分凝胶网络中的不易流动水,使得内酯白玉饺的持水性有所下降,不同凝固剂的凝固机理和最终所得的凝胶微观结构上的差异会造成持水性的差异。

凝固剂与热变性大豆蛋白的反应速度不同,反应速度越快越不利于形成线性的均匀凝胶网络,使得豆腐凝胶保持水分的能力下降,持水性差^[15]。朱巧梅等^[12]报道称盐卤在凝固过程中释放速度快,易造成蛋白的持水性差,结构粗糙,与本研究结果类似,且盐卤豆干的表面细腻情况差,口感粗糙也证实了这一点。白玉饺的持水性越高,其口感越细腻,且在蒸煮定型过程中水分的损失就越少,易于保持最终产品的品质,因此,可选择石膏和内脂作为凝固剂以制备出持水性较高的白玉饺。

表3 凝固剂对白玉饺皮基本营养成分的影响[†]

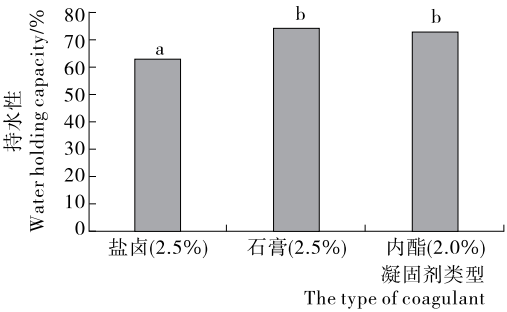
Table 3 The effect of coagulants on the nutritive compositions of jade-like dumpling %

样品	水分含量	粗蛋白	粗脂肪	灰分
盐卤白玉饺皮	75.43±0.31 ^a	11.86±0.35 ^a	2.13±0.09 ^a	3.77±0.07 ^a
石膏白玉饺皮	80.46±0.47 ^b	8.66±0.86 ^b	1.50±0.04 ^b	5.83±0.03 ^b
内酯白玉饺皮	82.78±0.11 ^c	8.33±0.48 ^b	1.47±0.03 ^b	2.15±0.01 ^c

[†] 同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

3 结论

经研究发现,盐卤白玉饺的持水性差,水分含量低,硬度较大,口感较差,包馅易碎,不适合用于白玉饺的制备;内酯豆腐的口感细腻,嫩滑度优于石膏豆腐,但是包裹馅料非常容易破碎,而导致出品率低,不易于实际操作;石膏白玉饺质构、色泽、感官品质、持水性等方面都较好,且宜选择2.5 g/100 g干豆的添加量来制作白玉饺。本研究可为基于豆腐深加工新产品的开发提供一定参考,但关于复配凝固剂



不同字母表示差异显著($P<0.05$)

图3 凝固剂对白玉饺持水性的影响

Figure 3 The effect of coagulants on water holding capacity of jade-like dumpling

2.5 凝固剂对白玉饺皮基本营养成分的影响

由表3可知,白玉饺皮的水分含量较高,占总质量的75.43%~82.79%。3种白玉饺皮的水分含量间存在着显著差异($P<0.05$),内酯白玉饺皮的水分含量最高,其次是石膏白玉饺皮,盐卤白玉饺皮的含水量最低;白玉饺粗蛋白含量为8.33%~11.86%,其中盐卤白玉饺皮的蛋白含量显著高于($P<0.05$)其他2种的;粗脂肪含量在1.47%~2.13%,石膏和内酯白玉饺皮的脂肪含量明显($P<0.05$)低于盐卤白玉饺皮的;灰分含量为2.15%~5.83%。这些基本营养成分的差异主要是由凝固剂以及白玉饺蒸煮定型过程中大豆蛋白凝胶水分损失程度不同导致的^[5]。

市售内酯豆腐的水分含量一般在90%,而石膏豆腐在83%~85%,盐卤豆腐略低于80%^{[7][11]},本研究中3种凝固剂白玉饺皮水分含量都低于相应的市售豆腐。针对不同用途的豆腐,对大豆蛋白的凝胶有着不同要求;水分含量低的豆腐较粗糙,不易于白玉饺爽滑的口感;水分含量高的豆腐较爽滑;但水分含量过高豆腐易破碎,给包馅带来困难^[6,9]。试验所选取的3种凝固剂均能够完成白玉饺的制备,因此,可将水分含量作为加工白玉饺专用豆腐的指标之一。

的优化以及凝固剂对白玉饺抗氧化性、大豆异黄酮含量等的影响还有待进一步研究。

参考文献

[1] 叶韬,王云,尹琳琳,等.即食豆干加工过程中挥发性风味物质的研究[J].现代食品科技,2016,32(6):271-280.
[2] ZHANG Qing, WANG Chen-zhi, LI Bo-kang, et al. Research progress in tofu processing: From raw materials to processing conditions[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,

- 2017, 6(2): 1-20.
- [3] 张泓, 张春江, 张雪, 等. 提升我国传统菜肴加工业水平的主要途径[J]. 农业工程技术, 2012, 1(9): 28-33.
- [4] ZHANG Qin, LI Wei, FENG Mei-qin, et al. Effects of different coagulants on coagulation behavior of acid-induced soymilk[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 33(1): 106-110.
- [5] PRABHAKARAN M P, PERERA C O, VALIYAVEETIL S. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu[J]. Food Chemistry, 2006, 99(3): 492-499.
- [6] 刘灵飞, 陈颖慧, 徐婧婷, 等. 凝固剂混合方式对盐卤豆腐品质特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(7): 102-108.
- [7] 赵海波. 硫酸钙诱导热变性大豆蛋白凝胶的影响因素及应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
- [8] 刘志胜, 李里特, 辰巳英三, 等. 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.
- [9] OBATOLU V A. Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk[J]. European Food Research and Technology, 2008, 226(3): 467-472.
- [10] HUI Lee-ka, EASA A M, ISMAIL N. Effects of thermal treatments on texture of soy protein isolate tofu[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2000, 24(4): 275-286.
- [11] YASIR S B M, SUTTON K H, NEWBERRY M P, et al. The impact of Maillard cross-linking on soy proteins and tofu texture[J]. Food Chemistry, 2007, 104(4): 1 502-1 508.
- [12] 朱巧梅, 酆金龙, 刘妍, 等. 新型 W/O 盐卤凝固剂对大豆蛋白凝胶中水分变化的影响[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(5): 100-105.
- [13] 齐宝坤, 李杨, 王中江, 等. 超声处理对豆腐品质的影响及工艺优化[J]. 食品工业, 2016, 37(2): 138-142.
- [14] LI Teng, RUI Xin, LI Wei, et al. Water distribution in tofu and application of T₂ relaxation measurements in determination of tofu's water-holding capacity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(34): 8 594-8 601.
- [15] 孙小鲁, 顾振宇, 杨玥熹, 等. 石膏豆腐凝胶特性的研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(3): 133-138.

(上接第 79 页)

- [22] RAMASWAMY R, KRISHNAMURTHY K, JUN S. Microbial decontamination of food by infrared (IR) heating[J]. Microbial Decontamination in the Food Industry, 2012: 450-471.
- [23] BINGOL G, YANG Jing, BRANDL M T, et al. Infrared pasteurization of raw almonds[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 104(3): 387-393.
- [24] 丁丁, 胡梁斌, 丁武, 等. 紫外线照射对黄曲霉菌产毒影响的研究[J]. 江西农业学报, 2012, 24(10): 140-141.
- [25] 罗剑毅. 稻谷的远红外干燥特性和工艺的实验研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006: 7-8.
- [26] LV Shi-wen, SUN Li-hui, ZHAO Shu-yan, et al. Effect of dry heat stabilisation on the functional properties of rice bran proteins[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 52(8): 1 836-1 843.
- [27] RUNYON J R, SUNILKUMAR B A, NILSSON L, et al. The effect of heat treatment on the soluble protein content of oats[J]. J Cereal Sci, 2015(65): 119-124.
- [28] ZILIC S, BOZOVIC I, SAVIC S, et al. Heat processing of soybean kernel and its effect on lysine availability and protein solubility[J]. Open Life Sciences, 2006, 1(4): 572-583.

(上接第 123 页)

- [2] 文怀兴, 俞祖俊, 史鹏涛, 等. 一种大枣自动去核、切片一体化设备: 中国, 201420746012.4[P]. 2015-04-29.
- [3] 康宁波, 尚梦玉, 马建华, 等. 自动上料气动式去核机: 中国, 201720983054.3[P]. 2018-02-27.
- [4] 李福来. 新型红枣去核机: 中国, 201510927245.3[P]. 2017-06-20.
- [5] 陈永裕. 一种家用大枣去核器: 中国, 201710497473.0[P]. 2017-10-24.
- [6] 田东. 基于 AT89C51 芯片控制的激光功率计的设计[J]. 西安邮电大学学报, 2014, 19(3): 91-94.
- [7] 袁东阁. 红枣自动去核机的设计与技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014: 13.
- [8] 刘蒋龙, 张淑娟, 周靖博, 等. 一种单工位红枣去核机去核结构的仿真分析研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(9): 154-160.
- [9] 关建行, 王玉亮, 袁东阁, 等. 一种使用不完全齿轮机构传动的红枣去核机的设计[J]. 食品工业, 2015, 36(10): 261-263.
- [10] 张鹏霞, 党凯锋, 张毅, 等. 红枣去核设备的研制[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(4): 33-37.

(上接第 215 页)

- [6] 邓资靖, 蒋和体. 不同干燥方式对紫薯全粉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 360-364.
- [7] 胡婷, 樊明聪, 车丽, 等. 脉冲微波处理对大米理化指标和流变特性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(4): 100-105.
- [8] 唐小闲, 罗杨合, 汤泉, 等. 马蹄湿淀粉微波干燥的实验研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(11): 107-110.
- [9] 李海龙, 何小平, 陈建胜. 响应面优化松花粉微波干燥及灭菌关键技术参数的研究[J]. 食品工业, 2015, 36(4): 104-106.
- [10] SHAH U, GANI A, ASHWAR B A, et al. Effect of infrared and microwave radiations on properties of Indian Horse chestnut starch[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016(84): 166-173.
- [11] NATH A, CHATTOPADHYAY P K. Optimization of oven toasting for improving crispness and other quality attributes of ready to eat potato-soy snack using response surface methodology[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(4): 1 282-1 292.
- [12] 上官佳, 吴卫国, 傅冬和, 等. 不同加工工艺制备葛根全粉的成分和特性研究[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 36-41.