

# 醇提大豆磷脂副产品对面包品质的影响

## The effect of soybean phospholipid by-product from ethanol extraction on bread quality

宋莹莹 徐文迪 曹栋

SONG Ying-ying XU Wen-di CAO Dong

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**摘要:**将大豆磷脂醇提后的副产品应用到面包中,并以未添加磷脂和添加醇提前磷脂的面包作对照,通过感官评定以及比容、色泽、质构、贮藏期的老化分析来研究其对面包品质的影响。结果表明,醇提后的磷脂副产品对面包品质的改善作用比醇提前的磷脂更加显著;添加量为 0.6% 时效果最佳,能够有效增加面包的比容,降低面包的硬度和咀嚼性,改善贮藏期面包的老化现象。其可能和醇提后副产品磷脂组分的改变有关,从而提高了对面包品质的改良效果。

**关键词:**磷脂;副产品;改良剂;面包;老化

**Abstract:** To apply the soybean phospholipid by-product from ethanol extraction to bread, the effect of the by-product on bread quality was studied using the blank and the soybean phospholipid without alcohol extraction as a control, through sensory evaluation and analyses of the specific volume, color, texture and aging during storage period. The results indicated that the by-product had a better effect on the improvement of bread quality. By the optimum adding amount of 0.6%, the specific volume of bread effectively increased and the hardness and chewiness were markedly decreased. This may be due to the proportion change after alcohol extraction, which enhanced the improvement of the by-product.

**Keywords:** phospholipid; by-product; improver; bread; aging

面包作为一种营养丰富、易消化和便携的烘焙食品已经成为人们日常生活中不可或缺的消费品。然而随着现代生活水平的不断提高和生活节奏的加快,普通的面包产品已经不能够满足消费者的需求,越来越多的消费者开始青睐高品质的功能性面包产品。因此,各种功能性改良剂被陆续开发并添加到面包中改善面包产品的品质<sup>[1-4]</sup>,大豆磷脂便是其

中的一种。

大豆磷脂是大豆油提炼过程中的副产物,主要成分包含卵磷脂(PC)、脑磷脂(PE)和肌醇磷脂(PD)<sup>[5]</sup>,不仅具有促进脂肪代谢<sup>[6]</sup>,增强免疫力<sup>[7]</sup>,改善肌肉生长<sup>[8]</sup>,抵抗氧化性损伤<sup>[9]</sup>和降低胆固醇<sup>[10]</sup>等生理功能,而且具有乳化、分散、润湿、软化和增溶等作用特性<sup>[11]</sup>,能够增加面包体积,延缓面包老化,提高面包的营养价值,是一种纯天然的功能性面包改良剂<sup>[12-13]</sup>。

大豆磷脂由于产量高和价格低廉而成为提取高纯度 PC 产品的主要原料<sup>[14-16]</sup>,但是提取 PC 后的磷脂副产品却没有得到很好地利用,造成磷脂资源的浪费。因此,本课题组在之前的研究<sup>[17]</sup>中与磷脂企业合作以大豆磷脂(P1)为原料,通过乙醇提取主产品 PC 后得到一种磷脂副产品(P2),本研究欲在此基础上进一步分析 P2 对面包品质的影响,以期能够将副产品高值化的同时开发出更加优质的功能性面包改良剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

大豆磷脂 P1 和 P2:江苏曼氏生物科技股份有限公司,其中 P2 为利用乙醇从 P1 中提取 PC 后的磷脂副产品;

小麦粉:山东鲁王集团有限公司;

干酵母:广东梅山马利酵母有限公司;

起酥油:嘉里特种油脂(上海)有限公司;

食盐和白砂糖:食品级,市售。

#### 1.1.2 仪器与设备

面团搅拌机:5K5SS 型,美国 KitchenAid 公司;

醒发箱、烤箱和切片机:SM-40SP、SM-621 和 SM-302N 型,新麦机械(无锡)有限公司;

质构仪:TA-XT2i 型,英国 Stable Micro System 公司;

高精度分光测色仪:UltraScan Pro1166 型,美国

**作者简介:**宋莹莹,女,江南大学在读硕士研究生。

**通讯作者:**曹栋(1960—),男,江南大学教授,博士。

E-mail: caodong@jiangnan.edu.cn

**收稿日期:**2016-07-05

Hunterlab 公司;

差示扫描量热仪: Pyris 1 dsc 型, 美国 PerkinElmer 公司。

### 1.2 方法

1.2.1 面包的制作 根据 GB/T 14611—2008《小麦粉面包烘焙品质试验直接发酵法》修改如下: 基本配方为小麦粉 400 g, 白砂糖 60 g, 食盐 6 g, 干酵母 4 g, 起酥油 24 g, 水 188 g。分别将大豆磷脂 P1 和副产品磷脂 P2 按照小麦粉质量的 0.2%, 0.6%, 1.0% 分散溶解于起酥油后添加到面粉中, 并以空白作对照。面团分割为每块 50 g, 压平搓圆后置于温度 38 °C、湿度 85% 的醒发箱中醒发 90 min。醒发好的面团放入电烤箱中, 上火 180 °C、下火 200 °C, 烤制 10 min。

1.2.2 面包的感官评定 根据 GB/T 14611—2008《小麦粉面包烘焙品质试验直接发酵法》评分标准修改如下: 总分 100 分, 其中面包体积 35 分, 面包外观 10 分, 包芯色泽 5 分, 平滑度 10 分, 纹理结构 25 分, 弹柔性 10 分, 口感 5 分。优选评分员 10 人, 结果取平均值。

1.2.3 面包比容和包芯色泽的测定 分别根据文献[18]和[19]<sup>22</sup>。

1.2.4 面包芯质构的测定 根据文献[20]修改如下: 用面包切片器将面包切成厚度为 10 mm 薄片, 切片 3 cm×3 cm, 并将中间的两片进行叠加, 置于探头下进行测定后取平均值。参数设定: P25 型探头, 测前速率为 1.0 mm/s, 测试速率为 3.0 mm/s, 测后速率为 3.0 mm/s, 压缩程度 50%, 感应力 5 g, 两次压缩间隔时间 1 s。

1.2.5 面包芯硬度的测定 根据文献[21]修改如下: 从空白、添加 P1 和 P2 面包样品中各取出 3 个, 并对取出的面包

进行切片, 选出中心 2 片 10 mm 的面包片进行硬度测定。测试参数: P25 型探头, 测试方式为开始—返回测试模式, 触发力为 5 g, 数据采集速率为 250 pps, 测前速率为 1.0 mm/s, 测试速率为 1.7 mm/s, 测试后速率为 3.0 mm/s, 压缩程度 40%。

1.2.6 面包芯支链淀粉老化焓值的测定 根据文献[22]修改如下: 面包贮存 1, 3, 6 d 时, 利用差示扫描量热仪分别测定面包的老化焓值。取 15 mg 左右的面包芯密封于铝盒坩埚后立即放入差示扫描量热仪中, 以一个未放置样品的坩埚作为空白参样, 以 10 °C/min 的升温速率从 30 °C 升温至 100 °C。记录整个升温过程的相变焓  $\Delta H$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 面包的感官评定

对面包进行感官评定能够直观地描述和判断面包的表观特性, 从而反映面包的品质。由表 1 可知, 与空白对照相比添加磷脂 P1 和 P2 对面包的表观特性均有一定的改善作用, 这与张兴振等<sup>[23]</sup>在小麦与面包品质适应性及面包品质改良研究中的结果相符合, 说明大豆磷脂可以作为面包改良剂改善面包的品质; 而与添加 P1 的面包相比添加 P2 对面包的体积、纹理结构和口感方面的改善作用更加明显, 当 P2 添加 0.6% 时面包的评分达到最高 82.5 分, 表明就面包表观特性的改善而言 P2 比 P1 更有优势。

由于面包的感官评定带有或多或少的人为因素, 需要更为客观的数据来反映面包品质的优劣, 所以紧接着测定了面包的比容、包芯的色泽、质构以及老化方面的指标, 从而更加客观地分析出磷脂副产品 P2 对面包品质的影响。

表 1 面包的感官评定

Table 1 The sensory evaluation of bread

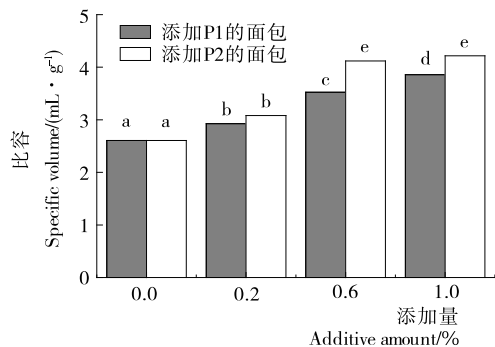
磷脂	磷脂添加量/%	面包体积	外观	包芯色泽	平滑度	文理结构	弹柔性	口感	总分
空白	0.0	25.0	4.0	4.0	7.0	17.0	7.0	2.0	66.0
	0.2	26.0	4.5	4.0	7.5	18.0	7.0	3.0	70.0
	0.6	27.0	4.5	4.0	7.5	20.0	7.5	3.5	74.0
P1	1.0	28.0	5.0	4.0	8.0	22.0	8.0	4.0	79.0
	0.2	28.0	4.5	4.0	7.0	22.0	7.0	3.5	76.0
P2	0.6	29.0	5.5	4.0	8.0	24.0	7.5	4.5	82.5
	1.0	29.0	5.0	4.0	8.0	24.0	8.0	4.0	82.0

### 2.2 面包的比容

面包的比容是用面包的体积比上质量, 能够反映面团的膨胀程度及保持能力, 从而直接影响到面包的表观品质<sup>[24]</sup>, 是评判面包品质的重要指标。由图 1 可知, 添加磷脂 P1 和 P2 的面包比容均比空白面包的比容大, 这与文献[25]<sup>21</sup>报道的结果相符, 说明添加磷脂能够提高面包的比容; 而添加 P1 的面包比容随着添加量的增加逐渐增大, 但均小于添加 P2 的面包比容, 说明 P2 对面包比容的改善作用要优于 P1, 从而维持了面包较好的体积; 添加 P2 的面包比容在添加量 0.6% 时增幅显著, 而继续添加到 1.0% 比容并没有明显增加, 说明就面包比容的改善效果而言, P2 添加量为 0.6% 时

最佳。

分析添加 P2 的面包比添加 P1 的面包比容增大的原因, 由于通过乙醇从 P1 中提取 PC 后会降低磷脂副产品 P2 中 PC 的比例同时增加 PE 和 PI 组分的比例, 从 PI 和 PC 的结构式可以看出 PI 比 PC 的亲水性强<sup>[26]</sup>, 能够加强与面筋蛋白的结合, 形成更加紧密的面筋网络结构, 增加面团持气性, 增大面包体积, 从而增加了面包的比容。Gerhard Helmerich 等<sup>[27]</sup>研究单一组分的大豆磷脂对面包品质的影响认为 PI 在面包体积的改善方面发挥着更为重要的作用, 与本结果分析具有一致性。所以添加 P2 的面包比添加 P1 的面包比容增大可能和 P2 中 PI 组分比例的增加有关。



不同字母表示各样品间存在显著性差异( $P < 0.05$ )

图 1 添加 P1 和 P2 的面包比容

Figure 1 Specific volume of the bread added with P1 and P2

### 2.3 面包芯的色泽

面包芯的色泽是评判面包品质的重要指标,而添加物可能会影响到面包的色泽。由表 2 可知, $L^*$  值代表亮度,越大白度越高,色泽越好,添加 P1 和 P2 的面包芯  $L^*$  值无明显差异,但在添加量低于 1.0% 时均稍低于空白组,说明添加磷脂会在一定程度上降低面包的亮度,可能是磷脂本身的颜色导致的; $a^*$  正值代表红色,负值代表绿色,所测样品的  $a^*$  值均处于 0 值附近,可见红、绿色所占比例很小,可以忽略不计; $b^*$  正值代表黄度,负值表示蓝度,添加 P1 和 P2 的面包芯黄度均随着添加量的增加而逐渐增大,且添加量分别达到 0.6% 和 1% 时的黄度超过空白值,说明 P1 和 P2 超过一定添加量会增加面包芯的黄度,一方面这可能是由磷脂本身的颜色造成的,另一方面可能是由于添加磷脂的面包体积比空白

表 2 面包芯的色泽<sup>†</sup>

Table 2 The color of bread crumb

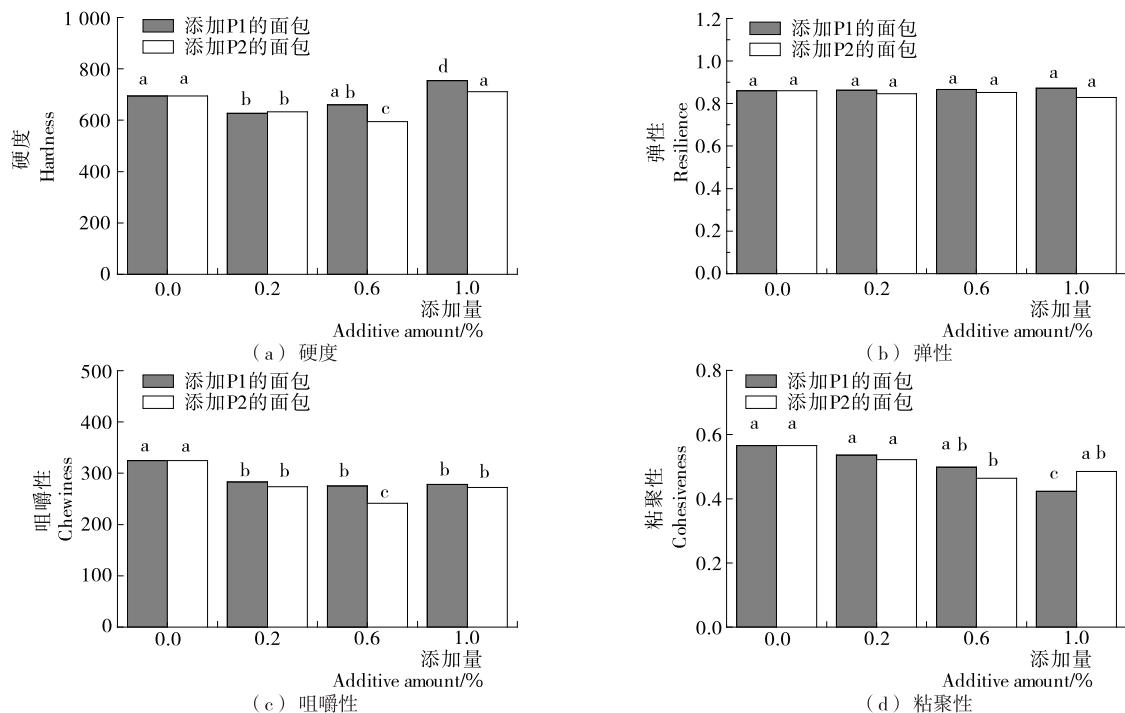
磷脂	添加量/%	$L^*$	$a^*$	$b^*$
空白	0.0	78.01 ± 0.21 <sup>a</sup>	-0.35 ± 0.02 <sup>a</sup>	12.16 ± 0.10 <sup>a</sup>
	0.2	76.45 ± 0.24 <sup>b</sup>	-0.48 ± 0.02 <sup>b</sup>	11.88 ± 0.20 <sup>a</sup>
	0.6	77.19 ± 0.36 <sup>c</sup>	-0.43 ± 0.00 <sup>c</sup>	12.60 ± 0.27 <sup>b</sup>
P1	1.0	77.82 ± 0.04 <sup>a</sup>	-0.39 ± 0.02 <sup>d</sup>	13.55 ± 0.13 <sup>c</sup>
	0.2	76.49 ± 0.21 <sup>b</sup>	-0.51 ± 0.02 <sup>b</sup>	11.35 ± 0.18 <sup>d</sup>
P2	0.6	77.22 ± 0.27 <sup>c</sup>	-0.44 ± 0.03 <sup>c</sup>	11.99 ± 0.17 <sup>a</sup>
	1.0	77.89 ± 0.14 <sup>a</sup>	-0.43 ± 0.02 <sup>c</sup>	12.58 ± 0.10 <sup>b</sup>

<sup>†</sup> 同一列中不同字母表示存在显著差异( $P < 0.05$ )。

膨胀得大,更接近烤箱顶部加热层,相对温度较高,增强了褐变反应<sup>[19]60</sup>;相对于空白而言 P2 添加量超过 1% 时会增加面包的黄度,但整体而言其黄度值仍低于添加 P1 的面包,说明 P2 对面包黄度的改善效果要优于 P1,但是与空白相比超过一定的添加量反而会增加其黄度。

### 2.4 面包芯的质构

对面包芯进行质构测定能够模拟口腔咀嚼运动,准确量化面包的食用品质特性,从而对面包的品质进行更加精确的判断<sup>[28]</sup>,而硬度、弹性、咀嚼性和粘聚性与面包感官品质的关系最为密切<sup>[25]18</sup>,所以选取质构指标中的这 4 种进行分析。由图 2 可知,添加 P1 和 P2 的面包硬度和咀嚼性均低于空白对照,而硬度和咀嚼性与面包品质呈负相关,值越大面包就越硬,越粗糙,口感越差,所以添加 P1 和 P2 能够改善面包的硬度和咀嚼性提高面包的品质;但是当添加量达到 1.0% 时添加 P1 和 P2 的面包的硬度分别大于和等于空白组,



不同字母表示存在显著性差异( $P < 0.05$ )

图 2 添加 P1 和 P2 的面包芯质构

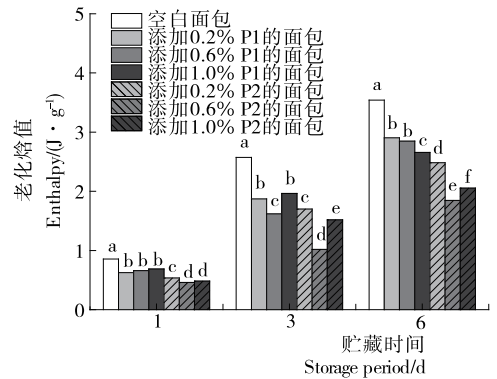
Figure 2 Texture analysis of the bread crumb added with P1 and P2

说明 P1 和 P2 超过一定的添加量反而会增加面包的硬度,这可能是过多的磷脂会导致面筋结构过强,影响面团的醒发效果<sup>[11]</sup>;而相对于 P1 而言,添加 P2 的面包硬度和咀嚼性均有所降低,尤其以添加量 0.6% 时效果最好,说明就面包硬度和咀嚼性的改善方面而言 P2 比 P1 的效果要更优一些。弹性和粘聚性与面包品质呈正相关,值越大面包吃起来越柔软,越有劲道,爽口不粘牙,而添加 P1 和 P2 的面包的弹性与空白组相比并无明显差异,尽管添加 P1 和 P2 的面包的粘聚性分别在添加量 1.0% 和 0.6% 时稍低于空白组,但是并不影响面包的整体品质。

### 2.5 贮藏期面包的老化

**2.5.1 面包芯的硬度变化** 面包的老化是影响面包品质的重要因素,严重制约着面包的货架期,而硬度的变化是面包老化的重要标志<sup>[29]</sup>,于是测定了 6 d 贮藏期内面包的硬度。由图 3 可知,随着贮藏时间的延长所有面包的硬度均有所增加,但是添加 P1 和 P2 的面包硬度均要显著低于空白对照,说明添加磷脂 P1 和 P2 能够有效降低贮藏期面包的硬度,改善面包的老化;贮藏期内添加 P1 的面包在添加量达到 1% 时其硬度增幅最小,且贮藏 6 d 的硬度值远低于添加量小于 1% 的面包,所以相对而言添加量 1% 时效果最佳;添加 P2 的面包硬度在添加量 0.6% 时效果最为明显,其硬度随着贮藏时间的延长增幅最小,而当添加量继续增加到 1% 时,面包硬度的增幅并没有显著降低,说明就 P2 而言在添加量 0.6% 时能够有效降低贮藏期面包的硬度,改善面包老化,提高面包品质;而与 P1 相比,添加 P2 的面包在贮藏期内无论是硬度还是硬度的增幅均要显著减小,说明 P2 在改善面包的老化方面比 P1 效果更佳,这可能是 P2 中 P1 组分比例的增加导致亲水性基团增多,从而与支链淀粉结合,形成分散于水中的复合物,防止支链淀粉胶形成,延缓了淀粉凝沉,起到更好的抗老化效果<sup>[30]</sup>。

**2.5.2 面包芯支链淀粉的老化** 面包在贮藏过程中会由于支链淀粉的重结晶而发生老化现象,通过测定面包芯支链淀粉的老化可以反映出面包的老化程度,而支链淀粉的老化常常会伴随着热焓( $\Delta H$ )的变化<sup>[31]</sup>。由图 4 可知,随着贮藏时



同一贮藏时间的不同字母表示存在显著性差异( $P < 0.05$ )  
 Figure 4 Amylopectin enthalpy of the bread crumb added with P1 and P2 during storage

间的增加,所有面包的老化焓值均明显增加,这可能是随着贮藏时间的延长,支链淀粉的重结晶速率和程度增大,淀粉聚合物的形成增多,从而使面包迅速老化<sup>[32]</sup>;添加 P1 和 P2 的面包的老化焓值均低于空白组,说明添加大豆磷脂可以在一定程度上抑制支链淀粉重结晶的发生,延缓面包老化;而与添加 P1 的面包相比,添加 P2 的面包在整个贮藏期内的焓值均小于添加 P1 的面包,且添加量 0.6% 时的效果最佳,说明 P2 在改善面包老化方面的效果要优于 P1。

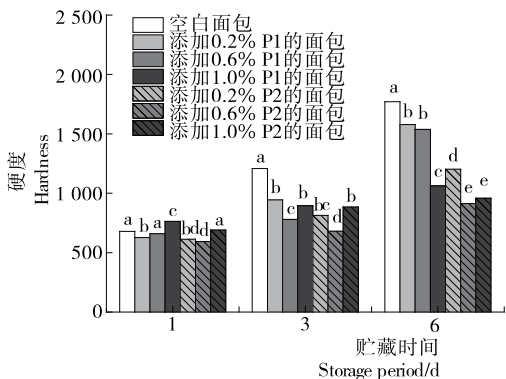
### 3 结论

本研究以未添加磷脂的面包和添加大豆磷脂 P1 的面包作为对照,分析了从 P1 中提取 PC 后的副产品 P2 在面包中的应用情况,结论如下:

- (1) P2 能够提高面包的品质,尤其对面包老化作用的改善效果明显,可以作为功能性面包改良剂应用于面包产品,综合考虑 P2 的最佳推荐添加量为 0.6%。
- (2) P2 对面包品质的改善作用要优于 P1,可能是由于用乙醇从 P1 中提取 PC 后改变了副产品 P2 中磷脂组分的比例,增强了磷脂的乳化性能,但是其作用机制仍需进行后续的研究验证。

### 参考文献

- [1] 孙国娟, 崔泰花, 王禹, 等. 乳酸菌发酵面包工艺研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 143-145.
- [2] 夏洁人, 徐学明, 臧鑫鑫. 小麦麸皮酶解产物对面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(6): 36-42.
- [3] 马涛, 周佳, 张良晨. 膨化高粱粉在面包中的应用[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 165-167.
- [4] 刘国琴, 陆启玉, 李琳, 等. 添加魔芋粉对面包品质的影响及其减肥功效研究[J]. 食品与机械, 2005, 22(4): 27-29.
- [5] 陆文达, 李剑英, 陈光华. 加快国产食用级大豆磷脂开发与应用[J]. 粮食与油脂, 2006(4): 122-125.
- [6] IDE T. Combined effect of sesamin and soybean phospholipid on hepatic fatty acid metabolism in rats[J]. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 2014, 54(3): 210-218.
- [7] SINK T D, LOCHMANN R T. The effects of soybean lecithin



同一贮藏时间的不同字母表示存在显著性差异( $P < 0.05$ )

图 3 添加 P1 和 P2 的面包芯在贮藏期硬度变化

Figure 3 Hardness analysis of the bread crumb added with P1 and P2 during storage

- supplementation to a practical diet formulation on juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*: growth, survival, hematology, innate immune activity, and lipid biochemistry[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2014, 45(2): 163-172.
- [8] SALVADOR A M, ALONSO-DAMIÁN A, CHOUBERT G, et al. Effect of soybean phospholipids on canthaxanthin lipoproteins transport, digestibility, and deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(22): 9 202-9 207.
- [9] SALEH R, BETANCOR M B, ROO J, et al. Effect of krill phospholipids versus soybean lecithin in microdiets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae on molecular markers of antioxidative metabolism and bone development[J]. Aquaculture Nutrition, 2014, 21(4): 474-488.
- [10] HOSOMI R, FUKUNAGA K, FUKAO M, et al. Combination effect of phospholipids and *n*-3 polyunsaturated fatty acids on rat cholesterol metabolism[J]. Food Science and Biotechnology, 2012, 21(5): 1 335-1 342.
- [11] 徐云峰, 杨哪, 金征宇, 等. 复配大豆磷脂和蔗糖酯对面包酵母冷冻保护作用[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(2): 213-217.
- [12] 马铁明, 戚广艳, 何雅蕾, 等. 大豆粉末磷脂对面团流变学性质和面包品质影响研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(1): 36-38.
- [13] 王建伟, 温成志, 刘全伟. 几种食品添加剂对面包抗老化及面包品质改良的研究[J]. 粮食加工, 2010, 35(1): 54-56.
- [14] 刘鹏莉. 利用大豆油脂皂脚制取高纯度大豆卵磷脂的研究[D]. 青岛: 青岛农业大学, 2014: 7-8.
- [15] 殷涌光, 陈玉江, 刘瑜, 等. 磷脂功能性质及其生产应用的研究进展[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 120-124.
- [16] 刘文倩, 廖泉, 赵玲艳, 等. 卵磷脂提取与纯化技术研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 267-271.
- [17] 曹栋, 裴爱泳, 王兴国. 分散剂对醇溶性磷脂浸出的动力学研究[J]. 中国油脂, 2004, 29(11): 34-37.
- [18] 孟嫚, 赵文秀, 杨哪, 等. 谷氨酰胺转氨酶对面团特性和面包品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2011(11): 31-34.
- [19] 李真. 大麦粉对面团特性与面包焙烤品质的影响及其改良剂研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2014.
- [20] ROUILLE J, DELLA V G, LEFEBVRE J, et al. Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components[J]. Journal of Cereal Science, 2005, 42(1): 45-57.
- [21] 张月巧, 陈龙, 卢可可, 等. 添加不同粉碎香菇粉对面团发酵特性及面包品质的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2): 211-220.
- [22] BAIK M Y, CHINACHOTI P. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling[J]. Cereal Chemistry, 2000, 77(4): 484-488.
- [23] 张兴振. 小麦与面包品质适应性及面包品质改良的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010: 48-50.
- [24] 李春燕. 添加剂对秦黑 1 号小麦面包品质及营养价值的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010: 7-13.
- [25] 胥奇. 面包、蛋糕抗老化剂的研制[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [26] 钟振声, 王荣, 魏波. 磷脂化学组成与其表面活性关系的研究[J]. 化学试剂, 2010, 32(5): 437-439.
- [27] HELMERICH G, KOEHLER P, HELMERICH G, et al. Functional properties of individual classes of phospholipids in breadmaking[J]. Journal of Cereal Science, 2005, 42(42): 233-241.
- [28] 王明. 面包品质与质构特性的研究[D]. 成都: 西华大学, 2013: 3-6.
- [29] 詹冬玲, 任玉雪, 闵伟红, 等. 面包老化机理及其分析技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 353-355.
- [30] 郭玲玲, 张巍, 黄宝玺. 面包复配改良剂配方研究[J]. 农业科学与装备, 2010(5): 41-44.
- [31] 孙银凤, 徐岩, 黄卫宁, 等. 不同发酵基质的酸面团对酵母面团体系面包烘焙及老化特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(13): 37-42.
- [32] 张君, 王凤, 贾春利, 等. 蜂蜜干粉对面包面团热机械学、烘焙及老化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(6): 185-250.

(上接第 177 页)

- [3] 刘雪源. 中式烹饪过程食品安全研究进展[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 262-266.
- [4] 李贤, 范露, 熊善柏, 等. 腌制大头菜脱盐工艺优化与保脆研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(12): 71-74.
- [5] 刘青梅, 杨性民, 杨留明, 等. 臭氧水在盐渍蔬菜脱盐工艺中应用的研究[J]. 食品工业科技, 2004(6): 57-59.
- [6] 张玉. 榨菜脱盐工艺条件的研究[J]. 食品与发酵科技, 2008, 44(5): 39-41.
- [7] 吕联通, 王弘, 刘明, 等. 盐渍蔬菜间歇式脱盐过程机理模式[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 1995(6): 40-43.
- [8] 陈婷, 邹雪梅, 陈华春, 等. 涪陵榨菜工业废水治理对策初探[J]. 南方农业, 2007, 7(7): 63-65.
- [9] 李洁莹, 王艳丽, 张其圣, 等. 蔬菜预处理和盐渍新工艺对泡菜生产用盐量的影响研究[J]. 食品与发酵科技, 2014, 50(2): 13-15.
- [10] 贺云川, 李敏. 同时蒸馏萃取—气质联机分析坛装风脱水榨菜挥发性成分[J]. 中国调味品, 2010, 35(10): 116-119.
- [11] 盖丽娟, 刘永刚. 氨基酸分析仪测定玉米浆中 17 种游离氨基酸的不确定度评定[J]. 食品工业科技, 2014, 35(7): 303-307.
- [12] 李明浩, 胡璇, 夏延斌. 剁椒坯盐酱油与普通酱油香气特征比较分析[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 58-62.
- [13] 丁晔, 刘敦华, 雷建刚, 等. 不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 16-20.
- [14] LIU Ming-chun, LI Zheng-guo, DENG Wei, et al. Changes in volatile compounds of pickled mustard tuber (*Brassica juncea*, var. *tsatsai*) during the pickling process[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2009, 44(11): 2 278-2 286.
- [15] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 21-24.