

超声波处理 对豌豆分离蛋白功能特性的影响

王忠合^{1,2}, 王 军^{2,*}, 李珍妮², 孙远明¹, 柳春红¹, 赖长鸿³

(1.华南农业大学食品学院, 广东广州 510630;

2.韩山师范学院生命科学与食品科技学院, 广东潮州 521041;

3.华南农业大学资源与环境学院, 广东广州 510630)

摘要:以豌豆分离蛋白为原料,采用不同强度的超声波处理,研究超声波处理对豌豆分离蛋白溶解性、起泡性、乳化性、持水性、吸油性等功能特性的影响。结果表明,一定强度的超声波处理范围内,豌豆分离蛋白的溶解度、乳化性和乳化稳定性均随着超声波强度的提高而增大,当超声波强度超过 69.36 W/cm^2 时,豌豆分离蛋白的溶解度逐渐趋于平稳;豌豆分离蛋白的乳化性和乳化稳定性的变化在超声波强度分别为 75.68 W/cm^2 和 59.28 W/cm^2 后趋于稳定。豌豆分离蛋白的起泡性、泡沫稳定性、持水性和吸油性随着超声波强度的增大呈现先上升后下降的趋势,在超声波强度为 69.36 W/cm^2 时,起泡性和泡沫稳定性达到最高,持水性和吸油性则在超声波强度分别为 75.68 、 49.35 W/cm^2 时达到最高。上述分析表明,适度强度的超声波处理可改善豌豆分离蛋白的功能特性。

关键词:超声波,豌豆分离蛋白,功能性

Effect of ultrasound treatment on functional properties of pea protein isolate

WANG Zhong-he^{1,2}, WANG Jun^{2,*}, LI Zhen-ni¹, SUN Yuan-ming¹, LIU Chun-hong¹, LAI Chang-hong³

(1.College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510630, China;

2.College of Life Science and Food Technology, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China;

3.College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510630, China)

Abstract: In this paper, pea protein isolate (PPI) was subjected to ultrasound treatment, and the effects of ultrasonic intensity on functional properties of PPI, such as solubility, foaming ability and foam stability, emulsifying properties, water binding ability and oil absorbency, were investigated. Results showed that ultrasonic intensity significantly influenced solubility, emulsifying capacity and emulsifying stability of PPI, and with the increase of ultrasonic intensity level, solubility of PPI were increased at first and then tended to maintain a steady value at ultrasonic intensity level of 69.36 W/cm^2 . Moreover, with the increase of ultrasonic intensity level, emulsifying capacity and emulsifying stability of PPI was increased at first and then tended to maintain a steady value at ultrasonic intensity level of 75.68 W/cm^2 and 59.28 W/cm^2 , respectively. However, foaming ability, foam stability, water binding ability and oil absorbency of PPI appeared in the trend of first increase then decrease with the increase of ultrasonic intensity. The highest value of foaming ability and foam stability were achieved at ultrasonic intensity of 69.36 W/cm^2 . Meanwhile, water binding ability and oil absorbency showed the peak value at ultrasonic intensity of 75.68 W/cm^2 and 49.35 W/cm^2 , respectively. From the above results, ultrasound treatment could be used to modify some functional properties of PPI by appropriate selection of ultrasonic intensity level.

Key words: ultrasound; pea protein isolate; functional properties

中图分类号: TS214.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)23-0116-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.23.015

豌豆 (*Pisum sativum* L.) 是重要的粮食作物之一,既可以作为粮食来食用,在其生长期间采摘也可

收稿日期: 2015-04-09

作者简介: 王忠合 (1980-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 食品加工与安全控制技术, E-mail: wangzh20@163.com。

* 通讯作者: 王军 (1981-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品加工技术, E-mail: wangjun19811210@163.com。

基金项目: 广东省自然科学基金项目 (S2013040015478); 广东省高校优秀青年创新人才培养计划项目 (2013LYM0056); 韩山师范学院博士启动项目 (QD20130516 & QD20140324); 韩山师范学院一般项目 (LY201306); 潮州市科技计划项目 (2013X05 & 2013X06) 资助。

作为蔬菜,营养丰富,蛋白质含量占干豌豆的23%~25%,是一种比较理想的植物蛋白,其组成比较平衡,特别是赖氨酸的含量高达1.5%^[1-2],并且含有丰富的维生素和矿物质。豌豆蛋白是一种较好的必需氨基酸源,与FAO/WHO推荐的标准模式较为接近,富含赖氨酸,缺乏含硫氨基酸,并与其它植物蛋白一样,蛋氨酸和胱氨酸是限制氨基酸^[3]。然而,由于豌豆蛋白溶解度低以及抗营养因子的存在,降低了其消化率和生物效价,并大大限制了其应用范围,因此为了改善豌豆蛋白的营养性和生物利用率常采用发酵法或酶法将豌豆蛋白水解制备豌豆多肽^[4]或采用糖基化法制备具有益生特性的糖蛋白^[1]。

超声波作为一种新型的非热处理技术,具有空化作用,对大分子可产生机械性断键作用,可以强化提取过程和加速反应,且产生的气泡经挤压破裂,可以在瞬间产生较强的机械剪切力,改变蛋白质的构象和特性,从而影响蛋白的功能特性^[5-6]。研究表明,(低频)高场强超声波是频率介于16~100 kHz、功率介于10~1000 W/cm²之间,其能量较大,常用于食品工业中改善物料的特性、促进反应、辅助提取和超声嫩化等领域^[6-8]。蛋白质的功能特性,如溶解性、起泡性和乳化性等,在提高食品品质方面尤为重要,因而提高蛋白质的功能特性是国内外学者研究的热点内容之一^[9-10]。本文采用超声波处理豌豆分离蛋白,研究其对豌豆分离蛋白功能特性的影响,以揭示超声波技术在改善豌豆分离蛋白功能性方面的可行性。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

豌豆 当地市场,常温保存备用;花生油 当地市场;亚硝基铁氰化钠、十二烷基硫酸钠(SDS) 生工生物工程(上海)有限公司;牛血清白蛋白、硫酸铵、蔗糖、浓硫酸、硫酸铜、无水硫酸钠、磷酸氢二钠、磷酸三钠、酒石酸钾钠、氢氧化钠、水杨酸钠、次氯酸钠、磷酸等均为分析纯。

JY92-2D型超声波细胞粉碎机 宁波新芝生物科技股份有限公司;FD-1D-50真空冷冻干燥机 北京博医康实验仪器有限公司;PHSJ-3F型pH计 上海精密仪器仪表有限公司;TU-1901紫外可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;DHG-9123A型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;HH-2型数显恒温水浴锅 江苏金坛市环宇科学仪器厂;2-16P离心机 美国Sigma有限公司;IKA T18 basic高速分散器 德国ULTRA TURRAX公司;风选中药粉碎机 山东省青州市益康中药机械有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 豌豆分离蛋白(PPI)的制备 将豌豆经干燥、脱皮、粉碎,过80目筛,按照料液比1:5加入正己烷脱脂制成脱脂豌豆粉。称取100g脱脂豌豆粉分散于500mL去离子水中,用2.0mol/L氢氧化钠溶液调pH至9.0于40℃水浴中搅拌提取处理30min。然后以4000r/min离心10min,沉淀物重复提取一

次,合并上清液,用0.05mol/L盐酸调节pH到4.5进行酸沉,再以4000r/min离心10min,收集沉淀,用蒸馏水清洗2~3次,用0.5mol/L氢氧化钠调节其pH到7.0,然后进行冷冻干燥24h,得到豌豆分离蛋白^[4]。采用微量凯氏定氮法消化-水杨酸比色法^[11]测定其蛋白质含量为:87.3%±1.2%。

1.2.2 超声波处理 配制浓度为3%(w/v)的PPI溶液,置于超声波细胞破碎仪中用直径为0.6cm的超声波探头插入溶液内1~2cm深度处理10min,工作参数为:工作4s、间歇2s、最高温度50℃,为减少热效应采用冰水浴进行控温。超声波功率分别为0、100、200、300、400、500、600W,处理后的样品冷冻干燥,测定功能特性。

1.2.3 超声强度的测定 采用量热法测定超声强度,将蛋白样品溶液置于绝热容器中于不同功率下处理,超声过程中温度的升高通过电子温度计TASI 601记录,根据温度随时间的变化曲线,用下式估算声能的大小^[5-6],方程如下:

$$P = mC_p \left(\frac{d_T}{d_t} \right)$$

式中, P 是超声功率,W; m 是指超声处理的溶液质量,g; C_p 为溶液的比容,J/(kg·K); d_T/d_t 是指该曲线的斜率,K/s。

超声强度的计算公式如下:

$$UI = \frac{4P}{\pi D^2}$$

式中,UI是超声强度,W/cm²; P 是超声功率,W; D 是探针直径,0.6cm。

1.2.4 溶解度的测定 配制浓度为0.2mg/mL的待测样品溶液,用0.5mol/L的氢氧化钠溶液或0.5mol/L的盐酸调节样品溶液的pH至7.0,在30℃水浴下搅拌30min(搅拌过程中测定并保持pH),于3000r/min的转速离心20min,取上清液采用微量凯氏定氮法消化-水杨酸比色法^[11]测定上清液中蛋白质的含量,根据总蛋白的含量计算蛋白质的溶解性,结果表示为上清液中蛋白浓度占相应的总蛋白浓度的百分比。

1.2.5 起泡性和泡沫稳定性的测定 配制3%的蛋白质溶液,用0.5mol/L的氢氧化钠或者盐酸调节样品溶液的pH至7.0,在30℃水浴下保温10min,然后用高速分散器在10000r/min下均质2min,迅速倒入500mL量筒中,记录均质停止时泡沫的体积 V (mL),并记录均质停止后10min的泡沫体积 V_{10} (mL),按照下式^[12]计算起泡性FC和泡沫稳定性FS:

$$FC(\%) = \frac{V-50}{50} \times 100$$

$$FS(\%) = \frac{V_{10}}{V} \times 100$$

1.2.6 乳化性和乳化稳定性的测定 采用经典的比浊法^[13]测定乳化特性。取1.8mL 1mg/mL待测样品,溶于0.2mol/L pH7.2的磷酸盐缓冲液中,加入0.6mL花生油,经高速搅拌器于10000r/min下处理1min,分别在搅拌后0min和10min时从测试管底

部取样 100 μL , 用 0.1% (w/v) 十二烷基硫酸钠 (SDS) 稀释 50 倍后, 测定 500 nm 处吸光度值, 以 SDS 溶液做空白。乳化性指数 (EAI, m^2/g) 和乳化稳定性指数 (ESI, min) 的计算公式^[13]如下:

$$\text{EAI}(\text{m}^2/\text{g}) = \frac{2 \times 2.303 \times A_0 \times \text{DF}}{C \times \varphi \times (1-\theta) \times 10000}$$

$$\text{ESI}(\text{min}) = \frac{A_0}{A_0 - A_{10}} \times 10$$

式中: DF-稀释倍数, DF = 100; C-为样品浓度, g/mL; φ -光程, $\varphi = 1$ cm; θ -乳液中油相所占比例, $\theta = 0.25$; A_0 -0 min 时测定的吸光度; A_{10} -10 min 时测定的吸光度。

1.2.7 持水性的测定 准确称取 1.0 g 样品分散于 20 mL 蒸馏水中, 80 $^{\circ}\text{C}$ 水浴保温 60 min 后, 用自来水冷却至 30 $^{\circ}\text{C}$, 3000 r/min 离心 10 min, 测出上清液的体积 V (mL)。按照下式^[14]计算持水性:

$$\text{持水性}(\%) = \frac{20 - V}{1.0} \times 100$$

1.2.8 吸油性的测定 准确称取 2.0 g 样品于离心管中, 加入色拉油 10 mL 混匀, 静置 30 min, 以 3000 r/min 转速离心 25 min, 测出游离油的体积 V (mL)。按照下式^[15]计算吸油性:

$$\text{吸油性}(\%) = \frac{10 - V}{2.0} \times 100$$

1.3 数据处理

实验平行测定 3 次, 结果以平均值 \pm 标准偏差 SD 表示。

2 结果与讨论

2.1 超声强度的测定结果

超声能量是超声波在机械作用过程中产生的能量, 当超声波穿过介质时, 这种能量会有部分以热能的方式损失, 使被超声的液体发热, 依据温度对时间的变化曲线可求得实际的超声功率^[16]。根据超声强度的计算公式可求得 20 kHz 超声波于不同功率下处理 220 mL 豌豆分离蛋白溶液的超声强度, 结果如表 1 所示。超声输出功率与超声强度之间具有一定的相关性, 且随着超声功率的增加超声强度也逐渐增大, 超声处理过程中介质的特性、处理容器的尺寸与形状以及阻抗的匹配等因素均影响超声波的有效功率, 因而选择超声强度可以更准确的表达超声波处理的有效性。

2.2 超声强度对 PPI 溶解性的影响

溶解度是蛋白的重要功能特性之一, 蛋白质溶解度的大小在实际应用中非常重要, 如可用于评定蛋白质的变性程度和聚集度等。超声强度对 PPI 溶解性的影响如图 1 所示。

当超声强度在 0~85.36 W/cm^2 的范围内, PPI 的溶解度随着超声强度的增大而迅速增大, 这可能是

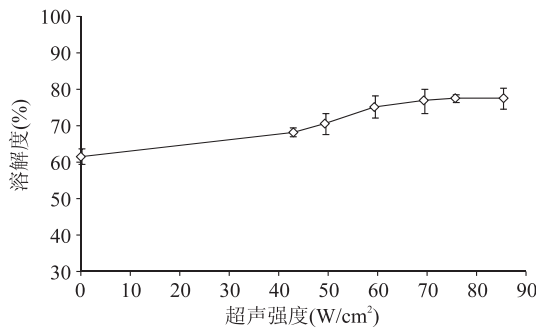


图1 超声波强度对豌豆分离蛋白溶解度的影响

Fig.1 Effect of ultrasound intensity on solubility of PPI

由于超声波处理可引起蛋白质变性, 能够打断自由氨基群和邻近羧基群之间的次级键, 使溶解度得到提高。同时, 超声波产生的空化效应和机械效应打开蛋白聚集体的同时打断了蛋白质分子的四级结构, 形成溶于水的非共价键分子, 与溶剂水的相互作用力加强, 使其溶解度增加^[6]。当超声强度超过 69.36 W/cm^2 时, PPI 溶解度的变化逐渐趋于平稳, 这可能是由于超声强度增大到一定程度, 蛋白质分子高级结构受到破坏, 使分子表面结构发生变化, 原来藏在分子内部的疏水基团大量暴露在分子表面, 蛋白质溶解度有所下降或趋于平稳^[17]。豌豆蛋白的其他修饰也可提高其溶解度, 如美拉德反应将糖基通过共价键连接而引入豌豆蛋白质分子中, 所连接的糖基分子中羟基的亲水特性能够显著提高蛋白质的溶解性, 但是由于糖基化修饰过程中的副产物影响安全性而限制了其应用范围^[1]。然而, 超声波修饰豌豆蛋白属于绿色加工技术, 产物的安全性高、应用范围广。

2.3 超声强度对 PPI 起泡特性的影响

由图 2 可知, 随着超声强度的增大, PPI 的起泡性和泡沫稳定性均呈现先增加后减小的趋势, 当超声强度在 69.36 W/cm^2 时, 豌豆分离蛋白的起泡性和泡沫稳定性达到最大。原因可能是, 其一, 超声波处理改变了 PPI 的表面疏水性, 蛋白分子发生伸展, 而适度伸展的蛋白分子间能形成更为稳定的网络结构和界面膜, 因而超声处理后 PPI 的起泡性增强。其二, 当超声强度逐渐增大时, PPI 的表面疏水性降低, 这样由蛋白分子间相互作用形成的稳定网络结构和界面膜遭到破坏, 产生的泡沫界面膜由于缺乏韧性而容易破裂, 导致 PPI 的起泡性和泡沫稳定性开始下降^[18]。

2.4 超声强度对 PPI 乳化特性的影响

由表 2 可知, PPI 的乳化性和乳化稳定性均随着超声强度的增大而逐渐增加, 乳化活性和乳化稳定性在超声强度分别达到 75.68、59.28 W/cm^2 后其值趋于稳定, 但是在超声强度超过 75.68 W/cm^2 时, PPI

表1 超声功率与超声强度的关系

Table 1 Correlation of ultrasound power and ultrasound intensity

超声功率 (W)	100	200	300	400	500	600
超声强度 (W/cm^2)	42.88 \pm 1.20 ^d	49.35 \pm 1.89 ^d	59.28 \pm 2.81 ^c	69.36 \pm 3.15 ^b	75.68 \pm 2.10 ^b	85.36 \pm 4.23 ^a

注: 同一行中数据右上角标注不同的小写字母表示差异显著, $p < 0.05$, 表 2 同。

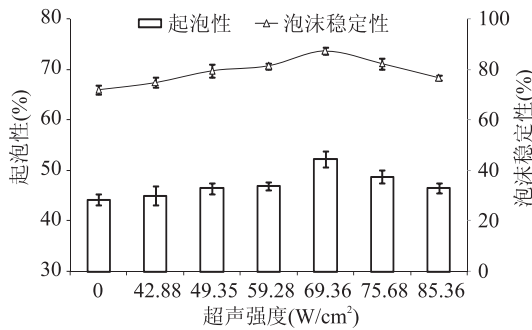


图2 超声强度对豌豆分离蛋白起泡性和泡沫稳定性的影响

Fig.2 Effect of ultrasound intensity on foaming ability and foam stability of PPI

的乳化性和乳化稳定性都有所降低,而乳化稳定性在超声强度超过 59.28 W/cm² 后其值趋于稳定。这可能因为,其一,当超声强度增大时,蛋白质结构的完整性被破坏,造成空穴,蛋白质分子的结构变得疏松,乳化能力和乳化稳定性提高,且蛋白质的乳化性与其溶解度存在正相关,当超声强度不断增大,蛋白质高级结构造成大的破坏,蛋白质变性增大,溶解度降低,乳化性能随之降低。其二,蛋白质的乳化性与其表面疏水性存在着正相关的关系,当超声强度逐渐增大至 75.68 W/cm² 时,蛋白质的表面疏水性开始增加,促使蛋白质分子与水形成油-水界面膜,但是过高的超声强度使得蛋白质表面疏水性显著降低,使蛋白质分子与水不易形成油-水界面膜,从而使蛋白质乳化性能开始降低^[19]。另外,采用中性蛋白酶法改性豌豆蛋白后乳化性和乳化稳定性明显提高,但豌豆蛋白的一级结构发生了一定的变化,酶解形成了较多的小分子肽段^[20],因而超声处理是一种较好的改善豌豆蛋白乳化特性的处理方法。

表2 超声强度对豌豆分离蛋白乳化性和乳化稳定性的影响
Table 2 Effect of ultrasound intensity on emulsifying ability and emulsifying stability of PPI

超声强度 (W/cm ²)	EAI (m ² /g)	ESI (min)
0	9.21 ± 0.15 ^e	18.75 ± 0.64 ^d
42.88	9.61 ± 0.13 ^{de}	20.46 ± 0.54 ^c
49.35	10.13 ± 0.38 ^d	22.00 ± 1.13 ^b
59.28	11.05 ± 0.07 ^c	22.50 ± 0.57 ^{ab}
69.36	11.67 ± 0.47 ^b	23.31 ± 0.41 ^{ab}
75.68	12.31 ± 0.12 ^a	23.59 ± 0.27 ^a
85.36	12.28 ± 0.18 ^a	22.86 ± 0.42 ^{ab}

2.5 超声强度对 PPI 持水性的影响

蛋白质的持水性是指蛋白质将水截留在其组织内的能力。由图 3 可知,超声强度在 0~75.68 W/cm² 时,PPI 的持水性随着超声强度的增大而增大,但是超过 75.68 W/cm² 时持水性又开始降低,这可能是因为,超声处理使蛋白分子发生伸展,将原来被掩盖的一些肽键和极性基团暴露于表面,提高了蛋白质的水结合能力,但是随着超声强度的继续增大,蛋白质的变性增大,降低了蛋白质的表面积和极性氨基酸与水结合的有效性,从而降低蛋白质的持水性^[14]。

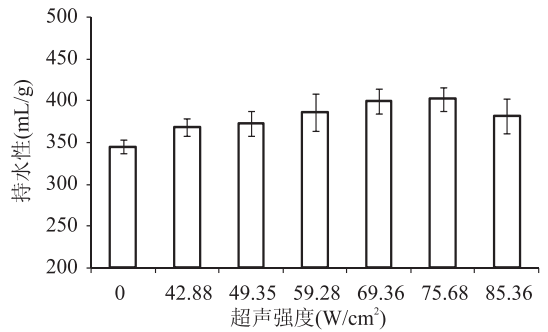


图3 超声强度对豌豆分离蛋白持水性的影响

Fig.3 Influence of ultrasound intensity on water binding ability of PPI

2.6 超声强度对 PPI 吸油性的影响

蛋白质的非极性区域和脂类的非极性脂肪族链间存在疏水作用,蛋白质与甘油三酸酯形成脂-蛋白复合物,因而具有吸油性。由图 4 可知,当超声强度小于 49.35 W/cm² 时,PPI 的吸油性随着超声强度的增大而增大,之后 PPI 的吸油性呈现下降的趋势,这是因为超声作用使得蛋白质分子原有结构发生变化,变得疏松,将原来在分子内部的一些非极性基团暴露在分子表面,从而提高了蛋白质分子的吸油性,但是,随着超声强度的增加,蛋白质变性程度增大,使得蛋白质分子的吸油性降低^[21]。

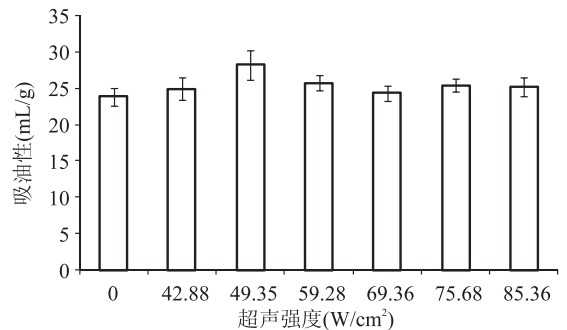


图4 超声强度对豌豆分离蛋白吸油性的影响

Fig.4 Influence of ultrasound intensity on oil absorbency of PPI

3 结论

在超声波强度一定的范围内,超声波处理对 PPI 功能特性的影响有促进作用。PPI 的溶解度随着超声波强度的提高而增大,当超声强度超过 69.36 W/cm² 时,溶解度的变化逐渐趋于平稳;起泡性和泡沫稳定性随着超声强度的增大而呈现先增加后减小的趋势,在超声强度为 69.36 W/cm² 时达到最大;乳化性和乳化稳定性均随着超声强度的增加而增大,当超声强度分别超过 75.68、59.28 W/cm² 时乳化性和乳化稳定性的变化趋于平缓的趋势;持水性和吸油性则随着超声强度的增大呈现先上升后下降的趋势,分别在 75.68 W/cm² 和 49.35 W/cm² 时达到最高。因此,适宜的超声波处理可以改善豌豆分离蛋白的功能特性。

参考文献

[1] Swiatecka D, Arjan N, Karyn RP, et al. The study on the

- impact of glycated pea proteins on human intestinal bacteria[J]. International Journal of Food Microbiology, 2011, 145 (1): 267-272.
- [2] de Almeida Costa GE, da Silva Queiroz-Monici K, Pissini Machado Reis SM, et al. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes [J]. Food Chemistry, 2006, 94 (3): 327-330.
- [3] Rodrigues IM, Coelho JFJ, Carvalho MGVS. Isolation and valorisation of vegetable proteins from oilseed plants: Methods, limitations and potential [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 109(3):337-346.
- [4] Jakubczyk A, Karaś M, Baraniak B, et al. The impact of fermentation and *in vitro* digestion on formation angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from pea proteins [J]. Food Chemistry, 2013, 141(4):3774-3780.
- [5] Hu H, Wu J, Li-Chan ECY, et al. Effects of ultrasound on structural and physical properties of soy protein isolate (SPI) dispersions [J]. Food Hydrocolloids, 2013, 30(2):647-655.
- [6] Arzeni C, Martinez K, Zema P, et al. Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108(3):463-472.
- [7] Patist A, Bates D. Ultrasonic innovations in the food industry: from the laboratory to commercial production [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2008, 9(2):147-154.
- [8] Zhang Q, Tu Z, Wang H, et al. Improved glycation after ultrasonic pretreatment revealed by high-performance liquid chromatography-linear ion trap/orbitrap high-resolution mass spectrometry [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2014, 62(12):2522-2530.
- [9] 宋国胜, 胡松青, 李琳. 超声波技术在食品科学中的应用与研究 [J]. 现代食品科技, 2008, 24(6):609-612.
- [10] Foegeding EA, Davis JP. Food protein functionality: A comprehensive approach [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25 (8): 1853-1864.
- [11] Choi SJ, Kim HJ, Park KH, et al. Molecular characteristics of ovalbumin-dextran conjugates formed through the Maillard reaction [J]. Food Chemistry, 2005, 92(1):93-99.
- [12] Wang P, Tao H, Wu F, et al. Effect of frozen storage on the foaming properties of wheat gliadin [J]. Food Chemistry, 2014, 164 (12):44-49.
- [13] 王军, 王晓合, 王晓丽. 超声波辅助酶解鲑鱼肉制备抗氧化肽及活性评定 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(21):197-202.
- [14] Thompson LU, Cho YS. Chemical composition and functional properties of acylated low phytate rapeseed protein isolate [J]. Journal of Food Science, 1984, 49(8):1584-1588.
- [15] Sergio K, Kumazawa Y, Ohtsuka T, et al. Microbial transglutaminase and E-(Y-Glutamyl) lysine cross-links effects on elastic properties of kamaboko gels [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(3):305-311.
- [16] Santhirasegaram V, Razali Z, Somasundram C. Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2013, 20(5):1276-1282.
- [17] 丁青芝, 马海乐, 骆琳, 等. 超声处理对菜籽蛋白酶解效果的影响 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(1):294-299.
- [18] 顾炜, 刘远洋, 杨晓泉, 等. 喷射蒸煮辅助提取对花生分离蛋白结构和功能的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9):151-156.
- [19] Jitngarmkusol S, Hong SJ, Tananuwong K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours [J]. Food Chemistry, 2008, 110(1):23-30.
- [20] 胡婷婷, 胡二坤, 吴欣欣, 等. 中性蛋白酶水解豌豆蛋白水解条件的优化及水解产物乳化性的研究 [J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2012, 33(4):29-35
- [21] 刘高梅, 任海伟. 不同功率超声波对芸豆蛋白理化和功能性质的影响 [J]. 中国粮油学报, 2012, 27(12):20-23.

蜂蜜包装学问多 行业标准待统一

蜂蜜是一种古老的天然食物,在食品包装并不发达的古代,蜂蜜或被放在坛子中存储,或被放在动物皮囊中保存。随着食品工业的发展,科学技术的进步,新材料的研发,食品包装有了翻天覆地的变化。尤其是包装材料对整个包装行业的影响。

过去蜂蜜以散装或者是玻璃蜂蜜瓶包装为主,而现在,塑料PET蜂蜜瓶在市场上开始使用越来越广泛。PET蜂蜜瓶配以尖嘴盖,有利于蜂蜜的挤出以及使用量的控制。消费者在超市里买到的蜂蜜制品基本以这个类型的包装为主。这类蜂蜜瓶包装成本较大,适合规模化的生产销售,同时也便于运输等。因此,在市场上这种类型的蜂蜜瓶逐渐占据了主要位置。不过,对于大部分从事PET蜂蜜瓶生产的厂家来说,在产品的设计开发上还是显得很不足,需要不断的改进。

食品包装的学问很多,蜂蜜包装需要与时俱进,顺应消费者的变化。但与此同时,包装材料、包装机械、包装设计等等都要跟上才行,不然蜂蜜厂家也是心有余而力不足。未来随着影响蜂蜜包装的客观因素有所改变,蜂蜜包装的更新换代亦将开始。

来源:中国食品机械设备网