

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2020.14.009

杏鲍菇谷蛋白理化性质及功能特性研究

耿正玮¹, 樊林娟², 张咏梅¹, 程艳芬¹, 冯翠萍^{1*}

(1. 山西农业大学食品科学与工程学院, 山西 晋中 030801; 2. 临汾市国有企业监事会, 山西 临汾 041000)

摘要:以杏鲍菇为原料,采用 Osborne 法提取出杏鲍菇谷蛋白,并对其功能特性及理化性质进行研究。结果表明:杏鲍菇谷蛋白的等电点为 4.3,谷蛋白的亚基分子量分布在 30.28、25.39 kDa 附近,总巯基、游离巯基、二硫键含量分别为 67.06、28.90、14.35 $\mu\text{mol/g}$,二级结构占比为 α -螺旋 31.41%、 β -折叠 55.15%、 β -转角 13.45%,变性温度为 73.59 $^{\circ}\text{C}$,必需氨基酸占比为 40.77%。杏鲍菇谷蛋白随着离子强度的增加,溶解度(solubility, S)及乳化稳定性(emulsification stability, ES)呈先增大后减小的趋势,持水性(water holding capacity, WA)、持油性(oil holding capacity, FA)、起泡性(foam capability, FC)及起泡稳定性(foam stability, FS)、乳化性(emulsion capability, EC)则呈相反趋势;随着温度的升高, S、WA、FC 及 FS、EC 及 ES 都呈先增加后减小的趋势, FA 则呈相反趋势;随着 pH 值增大, FS 和 ES 呈先增大后减小的趋势, S、WA、FA、FC、EC 则呈相反趋势;随着蔗糖浓度的增大, S、WA、FA、FC 及 EC 都呈先增加后降低的趋势, FS 及 ES 则呈相反趋势。

关键词:杏鲍菇;谷蛋白;Osborne法提取;理化性质;功能特性

Research on Physicochemical and Functional Properties of Gluten from *Pleurotus eryngii*

GENG Zheng-wei¹, FAN Lin-juan², ZHANG Yong-mei¹, CHENG Yan-fen¹, FENG Cui-ping^{1*}

(1. College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, Shanxi, China; 2. Supervisory Board of State-owned Enterprises of Linfen City, Linfen 041000, Shanxi, China)

Abstract: The gluten was extracted from *Pleurotus eryngii* by the method of osborne and the physicochemical and functional properties were researched. The results showed that the isoelectric point of gluten was 4.3. The molecular weight distribution of gluten subunits was 30.28, 25.39 kDa. The contents of total sulfhydryl group, free sulfhydryl group and disulfide bond were 67.06, 28.90 $\mu\text{mol/g}$ and 14.35 $\mu\text{mol/g}$. The secondary structures of albumin results showed that the content of α -helix, β -sheet and β -turn were 31.41%, 55.15% and 13.45%, and the denaturation temperature of gluten was 73.59 $^{\circ}\text{C}$. The proportion of essential amino acids was 40.77%. The functional properties results showed that the solubility and emulsification stability first increased and then decreased with the ionic strength increasing, and the water holding capacity, oil holding capacity, foam capability and foam stability, emulsion capability showed opposite trends. With the temperature increasing, the solubility, water holding capacity, foam capability and foam stability, emulsion capability and emulsification stability first increased and then decreased, however, the oil holding capacity showed the opposite trends. With pH increasing, foam stability and emulsification stability first increased and then decreased, while the solubility, water holding capacity, oil holding capacity, foam capability and emulsion capability showed the opposite trends. With sucrose concentration increasing, the solubility, water holding capacity, oil holding capacity, foam capability and emulsion capability first increased and then decreased, while the foam stability and emulsification stability showed the opposite trends.

基金项目:2016年度山西省重点研发计划(重点)项目(201603D21106);山西省煤基重点科技攻关项目(FT2014-03-01);黄土高原食用菌提质增效协同创新中心项目

作者简介:耿正玮(1993—),女(汉),硕士在读,研究方向:食品加工与安全。

*通信作者:冯翠萍,教授,博士。

Key words: *Pleurotus eryngii*; gluten; Osborne extraction; physical and chemical properties; functional characteristics

引文格式:

耿正玮,樊林娟,张咏梅,等.杏鲍菇谷蛋白理化性质及功能特性研究[J].食品研究与开发,2020,41(14):55-62

GENG Zhengwei, FAN Linjuan, ZHANG Yongmei, et al. Research on Physicochemical and Functional Properties of Gluten from *Pleurotus eryngii*[J]. Food Research and Development, 2020, 41(14): 55-62

杏鲍菇又名刺芹侧耳,是欧洲南部、非洲北部以及中亚地区高山、草原、沙漠地带的一种品质优良的大型肉质伞菌,其味道鲜美、营养价值丰富,对人体具有抗衰老^[1]、抗氧化^[2]、抗病毒^[3]、抗肿瘤^[4]等生理功效。杏鲍菇中的蛋白质含量约 12.4%~35%,8种必需氨基酸齐全,是一种营养价值很高的食用菌^[5]。魏君慧等^[6]采用 Osborne 法分离杏鲍菇中的主要蛋白组分,并研究其理化性质和功能特性。陈雪洋等^[7]通过干燥、粉碎、碱提、酸沉、回调、冻干等工艺提取杏鲍菇蛋白质,并对其功能特性进行了分析。本课题组前期试验结果表明:杏鲍菇中谷蛋白含量占总蛋白含量的 30.71%,关于谷蛋白的理化性质和功能特性鲜见报道。因此,本试验以杏鲍菇粉为原料,采用 Osborne 法分离出杏鲍菇谷蛋白,对其分子量、二级结构、巯基含量、变性温度及氨基酸组成进行测定,并研究离子强度、温度、pH 值、蔗糖浓度对其功能特性的影响,为杏鲍菇谷蛋白在食品加工中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

杏鲍菇粉:山西农业大学食用菌中心提供;考马斯亮蓝 G-250 染料试剂:上海源叶生物科技有限公司;5,5'-二硫双(2-硝基苯甲酸)[5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid),DTNB]、乙二胺四乙酸(ethylene diamine tetraacetic acid,EDTA)、十二烷基硫酸钠(sodium dodecyl sulfate,SDS):美国 sigma 公司;色拉油:市售;其它试剂均为国产分析纯。

1.2 主要仪器与设备

HH-2 型电子恒温水浴锅:天津市赛得利斯有限公司;ST3100 型酸度计、AR224 型电子分析天平:奥豪斯仪器(常州)有限公司;LD5-2B 型高速离心机:北京雷勃尔医疗器械有限公司;UV-120 型紫外-可见分光光度计:上海美谱达仪器有限公司;GZX-G 型漩涡振动仪器:上海跃进医疗器械有限公司;Tensor 傅里叶红外变换光谱仪:Bruker;Lab Sys 同步热分析仪:法国 SE

TARAM;Biochro 氨基酸自动分析仪:英国百康。

1.3 试验方法

1.3.1 杏鲍菇谷蛋白的提取

称取一定量的杏鲍菇粉,以蒸馏水为提取剂,先提取清蛋白,将提取清蛋白后的沉淀用 3%NaCl 浸提球蛋白,将提取球蛋白后的沉淀用 70%乙醇浸提醇溶蛋白,将提取醇溶蛋白后的沉淀用 1%NaOH 浸提得到谷蛋白。

1.3.2 杏鲍菇谷蛋白理化性质研究

1.3.2.1 等电点的测定

将提取醇溶蛋白后的沉淀按一定的料液比加入 0.01 mol/L NaOH 溶液,调节 pH 值提取谷蛋白,离心后分别吸取 10.0 mL 上清液于 9 个离心管中,调节各上清液的 pH 值,以 pH4.1 开始按照 0.1 的梯度进行调节最终至 5.0,在 4 500 r/min 离心 20 min,取上清液 1.0 mL,用考马斯亮蓝法测定上清液中蛋白质含量,蛋白质含量最低时的 pH 值即为等电点。

1.3.2.2 巯基含量的测定

1) 二硫键的测定:

$$\text{二硫键}/(\mu\text{mol/g}) = \frac{A_{412}}{\epsilon} \times D$$

式中: A_{412} 为 412 nm 条件的吸光值; ϵ 为分子吸光度 13 900[(mol×cm)/L]; D 为稀释倍数。

2) 自由巯基的测定:

$$\text{自由巯基}/(\mu\text{mol/g}) = \frac{A_{412}}{\epsilon} \times D$$

式中: A_{412} 为 412 nm 条件的吸光值; ϵ 为分子吸光度 13 900[(mol×cm)/L]; D 为稀释倍数。

3) 总巯基的测定:

$$\text{总巯基}/(\mu\text{mol/g}) = \frac{A_{412}}{\epsilon} \times D$$

式中: A_{412} 为 412 nm 条件的吸光值; ϵ 为分子吸光度 13 900[(mol×cm)/L]; D 为稀释倍数。

1.3.2.3 二级结构的测定

取谷蛋白固体样品 2.0 mg、光谱醇 KBr 约 200.0 mg,在玛瑙研钵中研磨至细腻的粉末状,取适量样品分散

系置于压片模具中,将压片模具置于压片机上,在一定的压力下压制成薄片,在光谱仪中做全波长扫描。

1.3.2.4 变性温度的测定

采用示差量热扫描(differential scanning calorimetry, DSC)仪测定杏鲍菇谷蛋白变性温度,称取谷蛋白固体样品 10.0 mg 于样品皿中,用压样机封样,进行扫描。

1.3.2.5 氨基酸组成的测定

参照 GB/T 5009.124-2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》方法,准确称取杏鲍菇谷蛋白冻干粉,将蛋白质经盐酸水解成游离氨基酸,利用氨基酸分析仪对杏鲍菇谷蛋白氨基酸进行测定。

1.3.3 杏鲍菇谷蛋白功能特性研究

1.3.3.1 离子强度对蛋白质功能特性的影响因素

配制浓度为 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1% 的 NaCl 溶液,分别测定不同浓度的 NaCl 溶液对谷蛋白的溶解性(solubility, S),持水性(water holding capacity, WA),持油性(oil holding capacity, FA),起泡性(foam capability, FC)及起泡稳定性(foam stability, FS),乳化性(emulsion capability, EC)及其乳化稳定性(emulsification stability, ES)的影响。

1.3.3.2 温度对蛋白质功能特性的影响因素

将处理好蛋白液置于温度分别置于以 30℃ 开始按照 10℃ 梯度递增至 70℃ 的水浴锅中,加热 10 min 后取出,待其冷却至 25℃ 后,分别测定不同温度对杏鲍菇谷蛋白 S、WA、FA、FC 及 FS、EC 及其 ES 的影响。

1.3.3.3 pH 值对蛋白质功能特性的影响因素

将处理好的蛋白液,用 0.01 mol/L 的 HCl 或者 NaOH 调节溶液 pH 值,以 pH 3.0 开始按照 0.5 梯度递增至 5.0,分别测定不同 pH 值对杏鲍菇谷蛋白 S、WA、FA、FC 及 FS、EC 及其 ES 的影响。

1.3.3.4 蔗糖浓度对蛋白质功能特性的影响因素

分别配制浓度为 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1% 的蔗糖溶液,测定不同浓度的蔗糖溶液对杏鲍菇谷蛋白 S、WA、FA、FC 及 FS、EC 及其 ES 的影响。

1.3.3.5 功能特性指标测定

1) 蛋白含量的测定:采用考马斯亮蓝法测定蛋白含量,根据标准曲线计算待测样品中蛋白含量(g)。

$$\text{谷蛋白提取率}/\% = \frac{\text{提取液中蛋白的占比}}{\text{原料中谷蛋白占比}} \times 100$$

2) 溶解性:参照冯笑笑^[8]的方法,用考马斯亮蓝法测定上清液中蛋白含量,按下式计算溶解性(S)。

$$S/\% = \frac{\text{上清液中蛋白质含量}}{\text{样品蛋白质含量}} \times 100$$

3) 持水性:参照庞庭才等^[9]的方法,按下式计算蛋白质持水性(WA)。

$$WA/\% = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

式中: m 为蛋白样品质量,g; m_1 为离心管和蛋白样品的质量,g; m_2 为离心管和沉淀物的质量,g。

4) 持油性:参照张艳荣等^[10]的方法,按下式计算蛋白质持油性(FA)。

$$FA/\% = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

式中: m 为蛋白质样品的质量,g; m_1 为离心管和蛋白样品的质量,g; m_2 为离心管和沉淀物的质量,g。

5) 起泡性及起泡稳定性:照杨华连等^[11]的方法,按下式计算其起泡性(FA)及起泡稳定性(FS)。

$$FC/\% = \frac{V_0}{V} \times 100$$

$$FS/\% = \frac{V_{30}}{V_0} \times 100$$

式中: V 初始溶液体积,mL; V_0 为剪切后 0 min 的泡沫体积,mL; V_{30} 为剪切后 30 min 的泡沫体积,mL。

6) 乳化性:参照林洋^[12]方法,按下式计算蛋白质乳化稳定性(ES)及乳化稳定性(ES)。

$$EC/\% = \frac{\text{被乳化层的高度(mm)}}{\text{离心管中液体高度(mm)}} \times 100$$

$$ES/\% = \frac{\text{仍保持乳化状态的液体高速(mm)}}{\text{原乳化层的高度(mm)}} \times 100$$

1.4 数据处理

每份样品重复测定 3 次,取平均值,使用 OriginPro8.5 进行数据处理、分析。

2 结果与分析

2.1 杏鲍菇谷蛋白理化性质

2.1.1 等电点

杏鲍菇谷蛋白等电点见图 1。

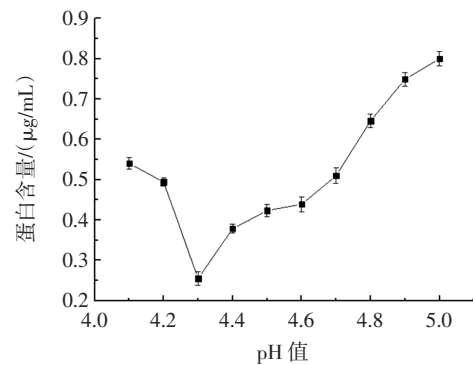


图 1 杏鲍菇谷蛋白等电点

Fig.1 The protein isoelectric point of *Pleurotus eryngii* gluten

由图 1 可知,随着蛋白液 pH 值的增加,溶液中蛋白含量先迅速减小,在 pH 值为 4.3 时蛋白含量达到最

小,随着 pH 值的增加,溶液中蛋白质含量趋于稳步的增长趋势。

2.1.2 分子量

杏鲍菇谷蛋白分子量见图 2。

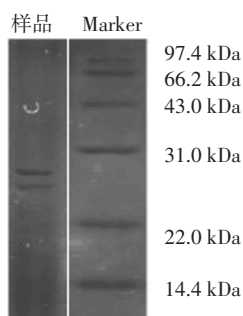


图 2 杏鲍菇谷蛋白 SDS-PAGE 图

Fig.2 SDS-PAGE diagram of *Pleurotus eryngii* albumin and glutelin

由图 2 可知,谷蛋白分布在 30.28、25.39 kDa 附近。

2.1.3 巯基含量

蛋白质的空间结构是通过巯基和二硫键维持的,

二硫键和巯基可通过氧化还原进行相互的转化,杏鲍菇谷蛋白巯基和二硫键含量见表 1。

表 1 谷蛋白的巯基和二硫键含量

Table 1 Sulfhydryl and disulfide bond contents of glutenin

指标	含量/($\mu\text{mol/g}$)
总巯基	67.06
游离巯基	28.90
二硫键	14.35

由表 1 可知,杏鲍菇谷蛋白总巯基含量为 $67.06 \mu\text{mol/g}$,易与水结合。二硫键是一种共价键,它的形成使蛋白质肽链的空间结构更加紧密,其可通过还原反应转化形成巯基,二硫键的减少使蛋白质的空间结构松散。杏鲍菇谷蛋白二硫键含量相对较高,说明谷蛋白具有很好的热稳定性,在加工过程中热稳定性高。

2.1.4 二级结构含量

杏鲍菇谷蛋白二级结构含量见图 3、表 2。

由图 3 可见, $2000 \text{ cm}^{-1} \sim 1500 \text{ cm}^{-1}$ 为双键伸缩振

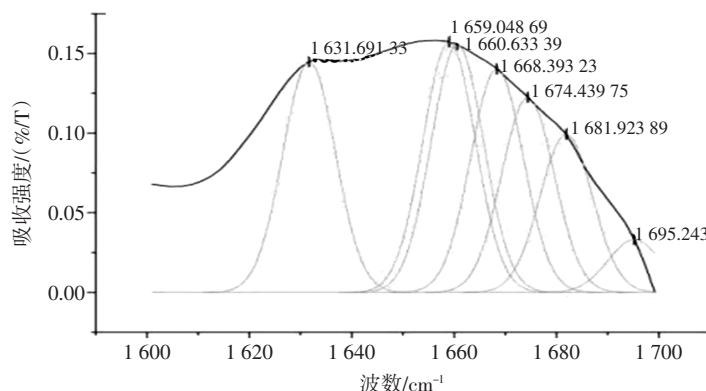


图 3 杏鲍菇谷蛋白红外光谱图

Fig.3 DSC scans of the *Pleurotus eryngii* glutenin

表 2 杏鲍菇谷蛋白二级结构含量

Table 2 Secondary structure contents of glutenin in *Pleurotus eryngii*

二级结构	含量/%
α -螺旋	31.41
β -折叠	55.15
β -转角	13.45

动区, 1659 、 1661 cm^{-1} 附近的峰说明杏鲍菇谷蛋白在酰胺 I 带有 α 螺旋;在 1631 cm^{-1} 附近出现的峰说明杏鲍菇谷蛋白在酰胺 I 带存在 β 折叠;在 1668 、 1674 cm^{-1} 的峰证明杏鲍菇谷蛋白在酰胺 I 带存在 β 转角,由表 2 可知, α -螺旋、 β -折叠和 β -转角含量分别为 31.41% 、 55.15% 、 13.45% 。

2.1.5 热变性温度

杏鲍菇谷蛋白热变性温度见图 4。

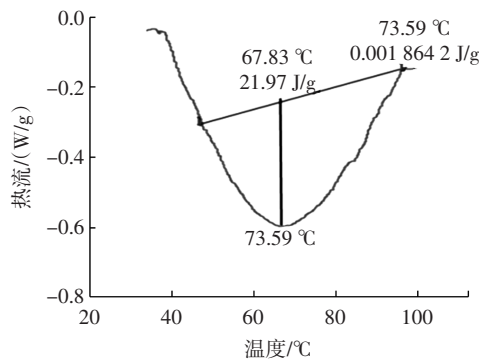


图 4 杏鲍菇谷蛋白 DSC 扫描图

Fig.4 DSC scan of glutenin in *Pleurotus eryngii*

由图 4 可知,谷蛋白的变性温度为 73.59 ℃。不同结构的蛋白质对温度的敏感性不同,在加工过程中,温度的控制及其重要。

2.1.6 氨基酸分析

杏鲍菇谷蛋白氨基酸组成成分见表 3。

表 3 杏鲍菇谷蛋白氨基酸组成成分

Table 3 Amino acid composition list of *Pleurotus eryngii* glutenin

氨基酸类别	含量/%
天门冬氨酸 Asp	11.06
苏氨酸 Thr	4.81
丝氨酸 Ser	5.20
谷氨酸 Glu	10.55
甘氨酸 Gly	5.22
丙氨酸 Ala	7.05
缬氨酸 Val	8.50
蛋氨酸 Met	1.28
异亮氨酸 Ile	5.91
亮氨酸 Leu	9.02
酪氨酸 Tyr	4.49
苯丙氨酸 Phe	7.01
组氨酸 His	2.28
赖氨酸 Lys	5.52
精氨酸 Arg	5.95
脯氨酸 Pro	6.13
总量 Total	100

由表 3 可知,杏鲍菇谷蛋白中含人体所需的必需氨基酸有缬氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、苏氨酸,总含量为 40.77%,属于优质蛋白质。杏鲍菇谷蛋白中酸性氨基酸的含量占总氨基酸含量的 21.07%,分别为:天门冬氨酸、谷氨酸。碱性氨基酸含量占总氨基酸含量的 13.75%,分别为:精氨酸、赖氨酸、组氨酸。在中性溶液中,酸性氨基酸带负电,呈酸性,碱性氨基酸带正电,呈碱性。由此可知,谷蛋白中性溶液呈酸性。支链氨基酸是理想的运动补充剂,它通过特殊的方式促进代谢,其中谷蛋白支链氨基酸占总氨基酸组分的 23.44%,是较好的运动补充剂。芳香族氨基酸能促进多肽链中蛋白质分子间的相互作用^[3],杏鲍菇清蛋白所测得的芳香族氨基酸占总氨基酸组分的 18.56%。

2.2 杏鲍菇谷蛋白功能特性研究

2.2.1 离子强度对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响

离子强度对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响见图 5。

由图 5 中可见,随着离子强度的增大,持水性呈下降趋势;持油性、起泡性、起泡稳定性及乳化性呈先降低后增加的趋势,在离子强度为 0.8 g/100 mL 时持油性

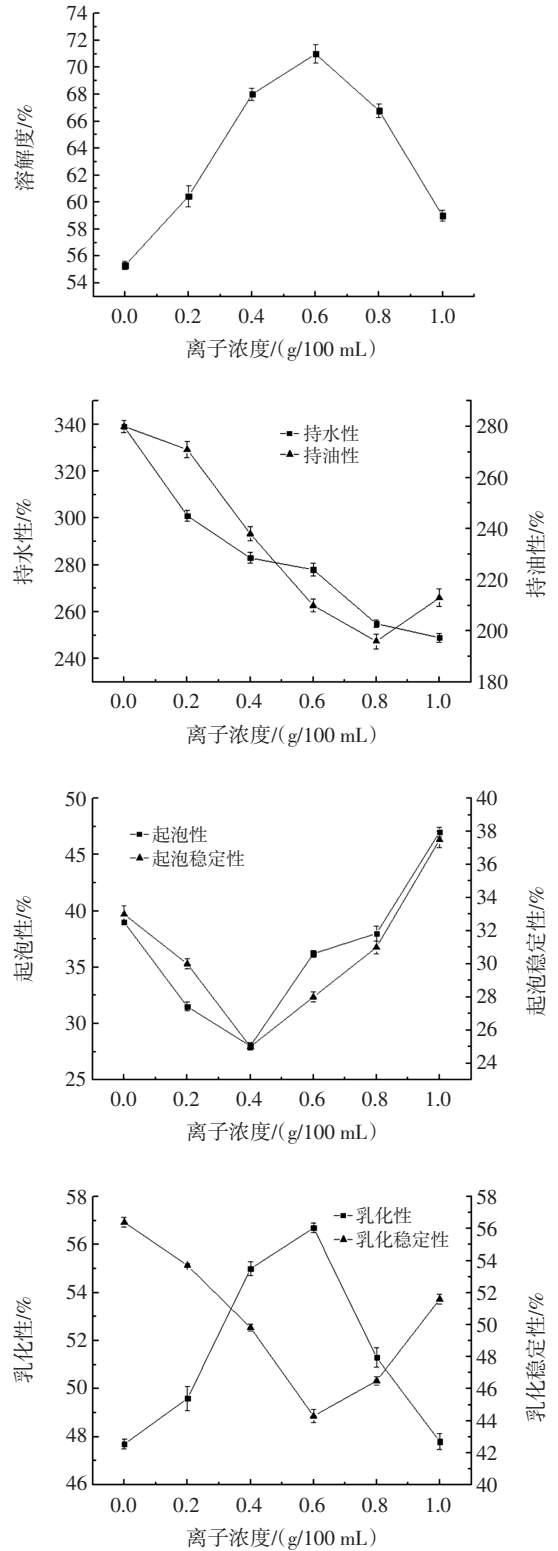


图 5 离子强度对谷蛋白功能性质的影响

Fig.5 Effects of ionic strength on the functional properties of *Pleurotus eryngii* glutenin

最差,在离子浓度为 0.4 g/100 mL 时起泡性、起泡稳定性及乳化性最差;溶解性及乳化稳定性呈先上升后下降的趋势,离子强度为 0.6 g/100 mL 时溶解性和乳化

稳定性最好。

2.2.2 温度对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响

温度对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响见图 6。

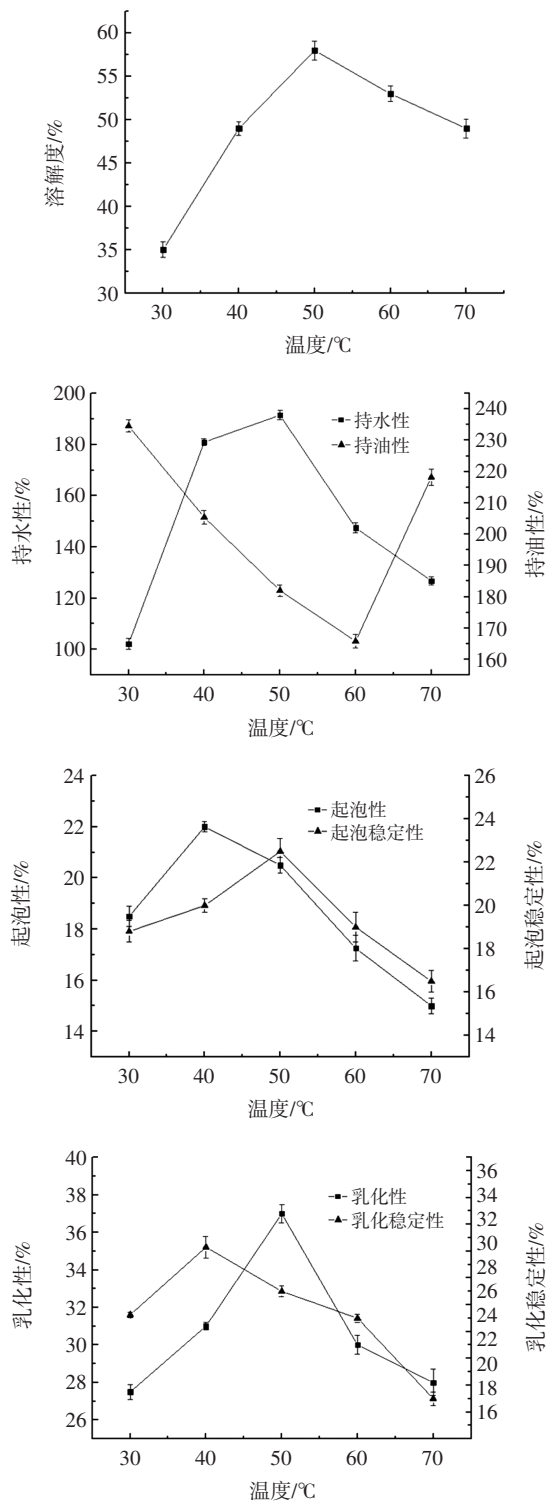


图 6 温度对谷蛋白功能性质的影响

Fig.6 Effects of temperature on the functional properties of *Pleurotus eryngii* glutenin

由图 6 中可知,在测定温度的范围内,除持油性外,溶解性、持水性、起泡性、起泡稳定性、乳化性和乳

化稳定性均先增大后减小,在 40 °C 时起泡性和乳化稳定性最好,在 50 °C 时溶解度、持水性及乳化性最好,持油性呈先减小后增大的趋势,在 60 °C 时最差。

2.2.3 pH 值对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响

pH 值对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响见图 7。

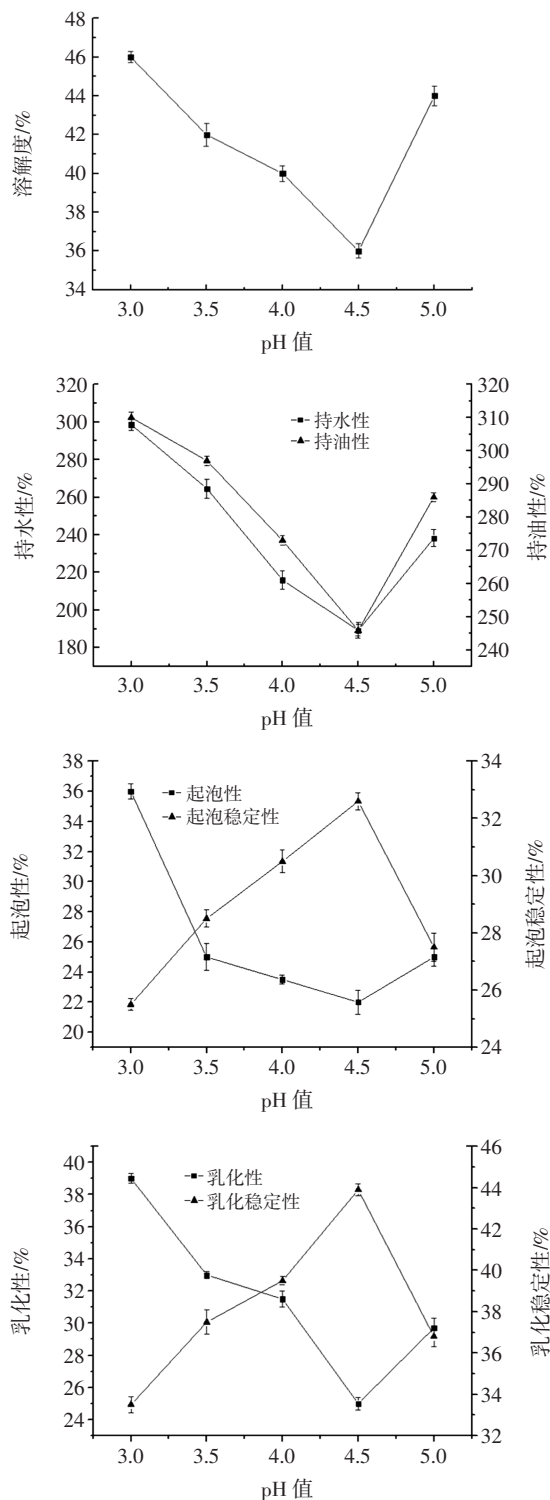


图 7 pH 值对谷蛋白功能性质的影响

Fig.7 Effects of pH on the functional properties of *Pleurotus eryngii* glutenin

图7可见,pH 值在 4.5 时,杏鲍菇谷蛋白的溶解性、持水性、持油性、起泡性和乳化性均为最小值。在等电点两侧呈上升趋势,可溶性蛋白才会有泡沫的形成。当 pH 值大于或小于等电点时,蛋白质溶液中的带电离子电荷量不同,增加了其在水中的溶解度,同时提高了起泡性。当 pH 值为 4.5 时,蛋白液中带电荷离子相等,使得乳化能力处于最低水平。当溶液的 pH 值不在等电点时,使得蛋白质更容易溶于溶剂,增加了溶解度,这时更有利于蛋白质分子参与乳化作用^[14]。乳化作用的增强使得油与水之间更易形成带有电荷的薄膜,这样可以抑制蛋白质形成颗粒或块状物质,乳化性随之提高^[15]。泡沫稳定性在等电点附近时升高,可能是因为蛋白质缺乏静电排斥作用,从而使得泡沫稳定性得以升高^[16-18]。

2.2.4 蔗糖浓度对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响

蔗糖浓度对杏鲍菇谷蛋白功能性质的影响见图 8。

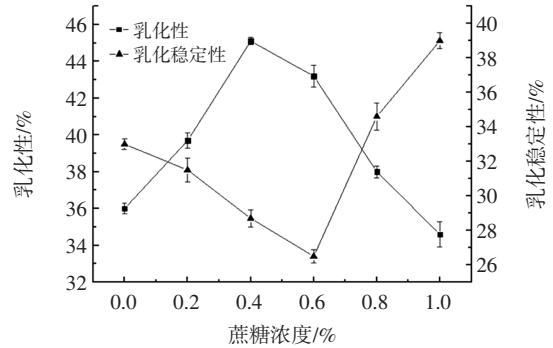
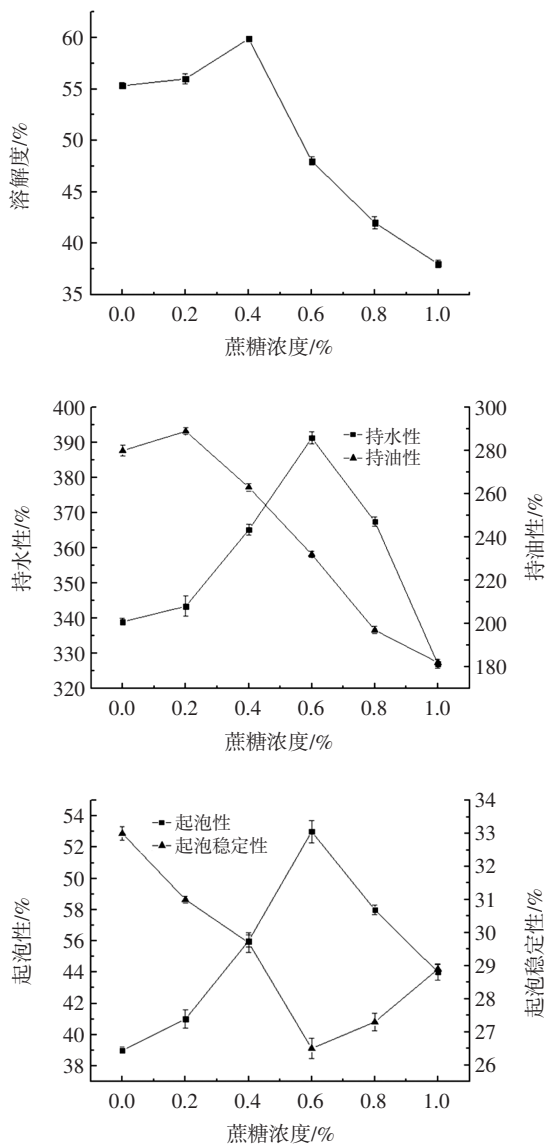


图 8 蔗糖对谷蛋白功能性质的影响

Fig.8 Effects of sugar on the functional properties of *Pleurotus eryngii* glutenin

由图 8 可见,随着蔗糖浓度的增大,杏鲍菇谷蛋白的溶解性、持水性、持油性、起泡性和乳化性呈先增大后减少的趋势,当蔗糖浓度为 0.4%、0.6%、0.2%、0.6%、0.6% 时分别达到最大值,起泡稳定性和乳化稳定性的变化趋势则与之相反;在蔗糖浓度为 0.6% 时,稳定性都最差。这可能是由于蔗糖浓度的增大导致溶液体系的粘稠度增加,此时减小了蛋白质分子的运动,不易于蛋白质在界面的展开^[19],因此在高速搅拌时减小了蛋白质产生泡沫的能力,使蛋白质的起泡性下降。

3 结论

杏鲍菇粉中的谷蛋白的等电点为 4.3,其亚基分子量分布在小分子范围内,易于被人体吸收,在蛋白质中巯基与二硫键可以通过氧化还原进行互相转化,总巯基、游离巯基、二硫键含量分别为 67.06、28.90、14.35 μmol/g,二级结构占比为 α-螺旋 31.41%、β-折叠 55.15%、β-转角 13.45%,变性温度为 73.59℃,含有人体所必需的氨基酸,属于优质蛋白质。离子强度、温度、pH 值和蔗糖浓度对杏鲍菇谷蛋白的功能特性均有一定的影响。本研究结果可以为杏鲍菇谷蛋白在食品加工中的应用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 侯金鑫,江一帆,赵晓静,等. 杏鲍菇发酵产物冻干粉功能成分分析及抗氧化活性[J]. 食品科学, 2013, 34(21): 329-332
- [2] Ma G X, Yang W J, Fang Y, et al. Antioxidant and cytotoxicities of *Pleurotus eryngii* residue polysaccharides obtained by ultrafiltration[J]. LWT, 2016, 73: 108-116
- [3] 苏畅,周兴鑫. 杏鲍菇液体发酵产物胞外多糖工艺研究[J]. 食品工业, 2016, 37(9): 52-54
- [4] Ren D Y, Wang N, Guo J J, et al. Chemical characterization of *Pleurotus eryngii* polysaccharide and its tumor-inhibitory effects against

硒素对草莓果实抗氧化活性及相关物质含量的影响

张守花, 许真, 蒋安, 王永刚*
(鹤壁职业技术学院, 河南 鹤壁 458030)

摘要: 该试验以草莓“章姬”“红颜”为试材, 叶面喷施不同浓度亚硒酸钠溶液, 探究硒素对草莓果实抗氧化活性及相关物质含量的影响。结果表明: 在适当浓度范围内, 草莓果实中总硒、抗氧化活性和抗氧化物质含量都随着施硒浓度的升高而增加。硒浓度为 20 mg/L 时, 总硒含量、抗氧化活性和抗氧化物质含量均达最大值, 此浓度为最佳喷施浓度。

关键词: 草莓; 硒; 抗氧化活性; 抗氧化物质; 含量

Effects of Selenium on Antioxidant Capacity and Antioxidant Substance of Strawberry

ZHANG Shou-hua, XU Zhen, JIANG An, WANG Yong-gang*

(Hebi College of Vocation and Technology, Hebi 458030, Henan, China)

Abstract: In order to explore the selenium treatment effects on strawberry antioxidant activity and related substances content, the strawberry “Zhang Ji” “Hong Yan” as the test material, were applied of different concentrations of sodium selenite. The results showed that: in the appropriate concentration range, the strawberry in total selenium, antioxidant activity and antioxidant substances content increased with increasing of concentration of sodium selenite, concentration was 20 mg/L, total selenium, antioxidant activity and antioxidant substances reached maximum value, this concentration was the best.

Key words: strawberry; selenium; antioxidant capacity; antioxidant substance; content

作者简介: 张守花(1977—), 女(汉), 副教授, 本科, 研究方向: 精细化工和食品品质研究。

* 通信作者: 王永刚(1983—), 男(汉), 讲师, 硕士, 研究方向: 食品保鲜技术。

- human hepatoblastoma HepG-2 cells[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 138: 123-133
- [5] 于丽娜, 高俊安, 杨庆利, 等. 不同处理条件对花生抗氧化肽抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 104-110
- [6] 魏君慧, 薛媛, 冯莉, 等. 杏鲍菇分离蛋白和清蛋白的理化性质及功能分析[J]. 食品科学, 2018, 39(18): 54-60
- [7] 陈雪洋, 刘亚琼, 于振林, 等. 杏鲍菇蛋白质提取及功能性质测定[J]. 食品科技, 2017, 42(5): 235-240
- [8] 冯笑笑. 翅果油树种仁蛋白制备及其活性肽研究[D]. 太原: 山西大学, 2017
- [9] 庞庭才, 胡上英, 范和良, 等. 羊栖菜蛋白质提取及功能性研究[J]. 中国酿造, 2017, 36(9): 148-152
- [10] 张艳荣, 高宇航, 刘婷婷, 等. 白灵菇蛋白提取及功能特性和结构分析[J]. 食品科学, 2018, 39(14): 42-50
- [11] 杨华连, 陈莉, 卢红梅, 等. 薏仁米糠多肽的功能特性研究[J]. 中国酿造, 2019, 38(4): 126-130
- [12] 林洋. 黑木耳蛋白质的提取、分离纯化及特性研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2016
- [13] 郭丰铭. 杏鲍菇蛋白质提取及其功能特性研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2017
- [14] 王艳菲. 黑木耳四种蛋白质的提取及特性研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017
- [15] 管军军, 裘爱泳, 周瑞宝. 提高大豆分离蛋白乳化性及乳化稳定性的研究[J]. 中国油脂, 2003, 28(11): 38-4
- [16] 傅亮, 田利春. 均质条件与大米饮料乳化稳定性关系研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 20-21
- [17] 郭兴凤, 阮诗丰. 影响大豆分离蛋白乳化稳定性测定的几种因素研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(6): 59-61
- [18] 朱卫红, 许时婴, 江波. 微胶囊壁材辛烯基琥珀酸酯化淀粉的界面性质和乳化稳定性[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 79-84
- [19] 王艳萍, 李双喜, Zaheer Ahmed, 等. 蚕豆蛋白的提取及 NaCl 浓度和 pH 值对其溶解性和乳化性的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 380-384

收稿日期: 2018-01-23