

奇亚籽蛋白的功能性质研究

钱雪丽¹, 宁伟伟¹, 陶宁萍^{1,2*}

¹上海海洋大学食品学院; ²上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306

摘要:为提高奇亚籽蛋白资源利用价值,对奇亚籽蛋白的功能性质进行研究。以制备的奇亚籽蛋白为原料,研究 pH 值、温度、NaCl 浓度、蔗糖质量浓度和蛋白质量浓度对奇亚籽蛋白功能特性(溶解性、持水性、吸油性、乳化性及乳化稳定性、起泡性及起泡稳定性)的影响,并与大豆分离蛋白进行比较。结果表明:奇亚籽蛋白的持水性、吸油性及起泡稳定性优于大豆分离蛋白,但奇亚籽蛋白的溶解性、乳化性及乳化稳定性、起泡性均低于大豆分离蛋白。本实验对奇亚籽蛋白的功能性质做了较为全面的研究,对奇亚籽蛋白的开发应用具有理论指导性意义。

关键词: 奇亚籽; 蛋白; 功能特性; 大豆分离蛋白

中图分类号: Q946.1

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.S.004

Functional Properties of Protein from Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed

QIAN Xue-li¹, NING Wei-wei¹, TAO Ning-ping^{1,2*}

¹College of food science and technology, Shanghai Ocean University; ²Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China

Abstract: In order to improve the utilization value of chia seed protein resource, the functional properties of chia seed protein were analyzed. Chia seed protein as the research object, compared with soy protein isolate (SPI), the effects of pH, temperature, NaCl concentration, sucrose concentration, protein concentration on functional properties (solubility, water-holding capacity, oil-absorbing capacity, emulsifying capacity, emulsion stability, foaming capacity and foam stability) were investigated systematically. The results showed that the water holding capacity, oil-binding capacity and foaming stability of chia seed protein were higher than that of SPI, while the solubility, emulsifying property, emulsifying stability and foaming ability were lower than SPI. This study has made a more comprehensive research on the functional properties of Chia seed protein, which has a guiding significance for the development and application of Chia seed protein.

Key words: chia seed; protein; functional properties; soy protein isolate

奇亚籽 (Chia seed), 学名 *Salvia hispanica* L., 属被子植物门 (Angiospermae), 双子叶植物纲 (Dicotyledoneae), 唇形目 (Lamiales), 唇形科 (Labiatae), 鼠尾草属 (*Salvia*), 起源于墨西哥南部和危地马拉北部的年生作物, 是莢欧鼠尾草的种子^[1]。2014年5月, 国家卫生和计划生育委员会在发布的《关于批准塔格糖等6种新食品原料的公告》中批准奇亚籽为新食品原料^[2]。

奇亚籽含 omega-3 多不饱和脂肪酸、蛋白质、水溶性膳食纤维、矿物质、抗氧化物等多种营养成分, 是一种营养价值较高的食品资源, 具有较高的开发

价值^[3-5]。奇亚籽富含优质蛋白, 其蛋白质含量略低于大豆, 远高于小麦、大麦、玉米、稻米、小米、燕麦、荞麦等传统谷物^[6]。参考联合国粮农组织和世界卫生组织 (FAO/WHO) 提出的食物蛋白氨基酸组成比例推荐标准^[7], 奇亚籽蛋白的氨基酸组成合理, 基本符合 FAO/WHO 推荐的氨基酸标准模式^[8], 且奇亚籽不含任何有毒成分和麸质蛋白, 而麸质蛋白是诱发乳糜泻的物质因素, 因此特别适合于乳糜泻患者食用^[9]。以奇亚籽饼为原料^[10], 采用碱提酸沉^[11]的方法提取奇亚籽蛋白质 (粗蛋白 73.06%、膳食纤维 7.18%、碳水化合物 6.83%、水分 4.23%、灰分 8.41%), 用于研发蛋白粉作为食品加工添加成分和高蛋白营养棒等。

蛋白质的功能特性是指除营养性之外, 蛋白质在提取、生产、储存和消费过程中影响食品系统观

收稿日期: 2018-02-05 接受日期: 2018-04-08

基金项目: 国家重点研发计划专项 (2016YFD0400202-8)

* 通讯作者 E-mail: nptaoo@shou.edu.cn

和质构的理化性质,包括蛋白质溶解性、持水性、吸油性、乳化性、起泡性、流变性、凝胶性等^[12]。在植物蛋白研究范畴,有关大豆蛋白、马铃薯蛋白、花生蛋白等功能性质的研究文献比较广泛,而奇亚籽作为一种优良的植物蛋白质资源,国内外关于其蛋白质功能性质的研究报道较少。因此本实验以奇亚籽蛋白为原料,对奇亚籽蛋白的功能特性包括溶解性、持水性、吸油性、乳化性及乳化稳定性、起泡性及起泡稳定性进行分析研究,重点分析研究 pH 值、温度、NaCl 浓度、蔗糖质量浓度四种试验因素对奇亚籽蛋白功能特性的影响,并与大豆分离蛋白进行分析比较。本实验对奇亚籽蛋白的功能性质做了较为全面的研究,以期对奇亚籽蛋白的开发应用提供理论依据。

1 材料与仪器

1.1 实验材料

大豆分离蛋白(蛋白质含量 > 90%)购自上海乐香生物科技有限公司。

1.2 试剂与仪器

金龙鱼食用调和油(食品级)购自上海福临门食品有限公司;考马斯亮蓝 G-250(分析纯)、牛血清蛋白标准溶液(分析纯)购自国药集团化学试剂有限公司;其他试剂为分析纯。HWS-24 电热恒温水浴锅(上海一恒公司);THZ-82CAI 恒温振荡器(上海沪粤明仪器有限公司);Avanti J-26XP 高速冷冻离心机(美国 Beckman 公司);IKA T25 分散均质仪(上海书培实验设备有限公司);UV-2200 紫外可见分光光度计(美国 Unico 公司)。

2 实验方法

2.1 牛血清蛋白标准曲线的绘制

参照明亮蓝 G-250 染色法绘制牛血清蛋白标准曲线。以牛血清蛋白标准品浓度为横坐标(mg/mL),吸光度为纵坐标,绘制标准曲线,所得回归方程为 $y = 5.8186x + 0.0006$, $R^2 = 0.9991$,在相应浓度范围内线性关系良好。

2.2 溶解性的测定

奇亚籽蛋白溶解性的测定参考马勇、吴晓红^[13,14]的方法,并做适当修改。具体操作如下:准确称取 0.5 g 样品加入 25 mL 蒸馏水或含有一定离子浓度的 NaCl 溶液或蔗糖溶液中,并用 0.1 mol/L 的 HCl 或 NaOH 调至不同 pH 值,于一定温度条件

下水浴并搅拌 30 min,6000 rpm 离心 10 min,沉淀不溶蛋白,采用考马斯亮蓝法测定上清液中蛋白含量,根据公式计算奇亚籽蛋白溶解性。

溶解性(%) = 水溶液蛋白含量 / 奇亚籽粕中蛋白质含量 × 100

2.3 持水性的测定

奇亚籽蛋白持水性的测定参考谢良等^[15]的方法,并做适当修改。具体操作如下:准确称取 1.0 g 样品于离心管中,逐步加少量的 NaCl 溶液或蔗糖溶液,玻棒搅拌至样品呈现浆状、无水析出,将玻棒在管壁上拭净,再加入 1~2 mL 蒸馏水冲洗后,使混合物于一定温度条件下静置一定时间,于 6000 rpm 离心 10 min,倾去离心管中多余的水,称取沉淀的质量,根据公式计算奇亚籽蛋白持水性。

持水性(g/g) = (离心后残留物质量(g) - 样品质量(g)) / 样品质量(g) × 100

2.4 吸油性的测定

奇亚籽蛋白吸油性的测定参考张维农等^[16]的方法,并做适当修改。具体操作如下:称取 1 g 样品于离心管中,加入 5 mL 金龙鱼食用调和油,用玻棒搅拌均匀,于一定温度条件下静置一定时间,以 6000 rpm 离心 10 min,倾去离心管中多余的油,称取沉淀的质量,根据公式计算奇亚籽蛋白吸油性。

吸油性(g/g) = (离心后残留物质量(g) - 样品质量(g)) / 样品质量(g) × 100

2.5 乳化性及乳化稳定性的测定

奇亚籽蛋白乳化性及乳化稳定性的测定参考郭兴凤、曾卫国等^[17,18]的方法,并做适当修改。具体操作如下:

称取一定量的蛋白样品溶于 100 mL 蒸馏水或一定浓度的 NaCl 溶液中,配制成一定质量浓度的蛋白质溶液,用 0.1 mol/L 的 HCl 或 NaOH 调至不同 pH 值,加入相同体积的金龙鱼食用调和油,在一定温度水浴放置 30 min,然后在分散均质仪中以 10000 rpm 的速率均质 2 min,快速移取 25 mL 乳化溶液以 2000 rpm 的速率离心 10 min,根据公式计算奇亚籽蛋白乳化性。

乳化性(%) = 乳化层高度(cm) / 离心管液体总高度(cm) × 100

将上述测定完乳化性后的样品,于 50 °C 恒温水浴中放置 30 min,用自来水冷却至室温,以 6000 rpm 的速率离心 10 min,测定此时乳化层高度,根据公式计算奇亚籽蛋白乳化稳定性。

乳化稳定性(%) = 离心管中仍保持乳化层高度(cm) / 初始乳化层高度(cm) × 100

2.6 起泡性及起泡稳定性的测定

奇亚籽蛋白起泡性及起泡稳定性的测定参考张维农等^[16]的方法,并做适当修改。具体操作如下:称取一定量的蛋白样品溶于 100 mL 蒸馏水或一定浓度的 NaCl 溶液中,配制成一定质量浓度的蛋白质溶液,并用 0.1 mol/L 的 HCl 或 NaOH 调至不同 pH 值,在一定温度恒温水浴中放置 30 min,在分散均质仪中以 10000 rpm 均质 2 min,快速记录均质停止时泡沫的体积,根据公式计算奇亚籽蛋白的起泡性。

起泡性(%) = 均质停止时泡沫的体积(mL) / 初始阶段液体体积(100 mL) × 100

在室温条件下,记录均质停止 30 min 后泡沫体积,根据公式奇亚籽蛋白的起泡稳定性。

起泡稳定性(%) = 静置后泡沫体积(mL) / 初

始泡沫体积(mL) × 100

2.7 数据处理

采用 Excel(2013) 和 Origin(8.0) 数据分析软件进行处理。

3 结果与分析

3.1 奇亚籽蛋白的溶解性

在温度为 50 °C 条件下,探究不同 pH(2、3、4、5、6、7、8、9、10、11) 值对奇亚籽蛋白溶解性的影响;在 pH 值为 7 条件下,探究不同温度(20、30、40、50、60、70、80、90 °C) 对奇亚籽蛋白溶解性的影响;在温度为 50 °C、pH 值为 7 条件下,分别探究不同 NaCl 浓度(0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8 mol/L)、不同蔗糖质量浓度(0、1、2、3、4、5 g/100mL) 对奇亚籽蛋白溶解性的影响;结果如图 1 a ~ d 所示;

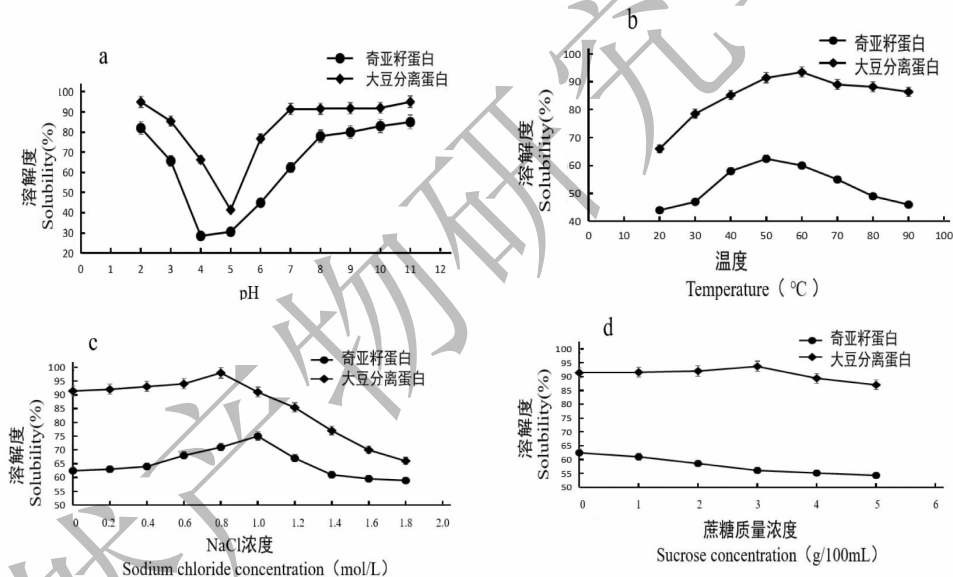


图 1 pH、温度、NaCl 浓度、蔗糖质量浓度对持水性的影响

Fig. 1 Effect of pH, temperature, NaCl concentration, sucrose concentration on water-holding capacity

蛋白质的溶解度作为重要的评价指标在食品和饮料的加工中发挥重要的作用。由图 1a 可知,两种蛋白的 pH-溶解度曲线都基本符合“V”字形。蛋白质在不同的 pH 值下,溶解度不同。在等电点左边,溶解度随 pH 值的升高而降低,在等电点附近溶解度降到最低,在等电点右边,溶解度随 pH 值的升高而升高。由图 1b 可知,大豆分离蛋白的溶解度显著高于奇亚籽蛋白,可能的原因是奇亚籽蛋白中含有少量膳食纤维,使得其溶解度偏小。当温度为 50 ~ 60 °C 时,蛋白质的溶解度最大,低于此温度,溶解度

随温度的升高有所增加,超过此温度,溶解度随温度的升高而降低,这是因为当温度高于一定值时,蛋白质空间构象中的弱键断裂,肽键的特定结构被破坏,蛋白质分子内部的一些非极性基团暴露到分子表面,蛋白质发生热变性,导致蛋白质分子间的相互结合而凝沉沉淀,因而蛋白质的溶解度降低。由图 1c 可知,当 NaCl 浓度小于 0.8 mol/L 时,大豆分离蛋白的溶解性随 NaCl 浓度的增大而提高,当 NaCl 浓度小于 1 mol/L 时,奇亚籽蛋白的溶解性随 NaCl 浓度的增大而提高,再增加 NaCl 溶液的浓度,溶解性

逐渐降低。由图 1d 可知,在蔗糖质量浓度 0-5 g/100mL 范围内,奇亚籽蛋白的溶解度随蔗糖质量浓度的增加而呈现出下降的趋势,但变化幅度不大。而大豆分离蛋白的溶解度则呈现先上升后下降的趋势,变化幅度也不大。

3.2 奇亚籽的蛋白的持水性

在温度为 50 ℃ 条件下,探究不同 pH(2、3、4、5、6、7、8、9、10、11) 值对奇亚籽蛋白持水性的影响;在

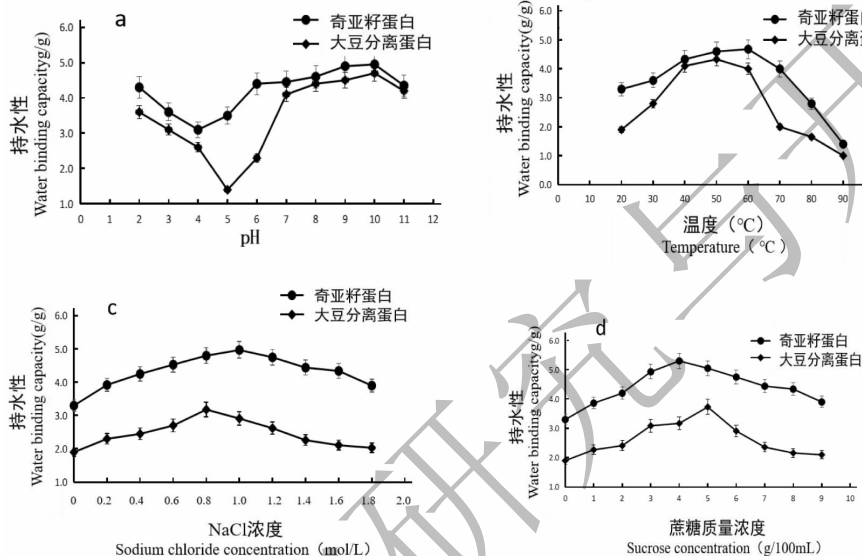


图 2 pH、温度、NaCl 浓度、蔗糖质量浓度对持水性的影响

Fig. 2 Effect of pH, temperature, NaCl concentration, sucrose concentration on water-holding capacity

由图 2a 可知,两种蛋白的 pH-持水性曲线都基本符合“V”字形。奇亚籽蛋白的持水性大于大豆分离蛋白,可能的原因是奇亚籽蛋白中含有水溶性膳食纤维,使其吸水膨胀性强。在蛋白等电点附近时,奇亚籽蛋白和大豆分离蛋白的持水性都是最小,分别为:3.1、1.4 g/g。可能原因是当 pH 值处于等电点时,蛋白质分子总电荷为零,分子间相互作用最大,故而蛋白质持水性最低。在等电点右侧持水性均随 pH 值的增加而增大,在 pH 值为 10.0 时持水性达到最大分别为:4.95、4.7 g/g,但当 pH 超过 10.0 时,持水性反而降低。由图 2b 可知,温度为 50 ~ 60 ℃ 时,蛋白质的持水性最大,低于此温度,持水性随温度的升高有所增加,超过此温度,持水性随温度的升高而降低。由图 2c 可知,奇亚籽蛋白的持水性显著高于大豆分离蛋白,当 NaCl 浓度小于 0.8 mol/L 时,大豆分离蛋白的持水性随 NaCl 浓度的增大而提高,当 NaCl 浓度小于 1 mol/L 时,奇亚籽蛋白的持水性随 NaCl 浓度的增大而提高,再增加

pH 值为 7 条件下,探究不同温度(20、30、40、50、60、70、80、90 ℃)对奇亚籽蛋白持水性的影响;在温度为 50 ℃、pH 值为 7 条件下,分别探究不同 NaCl 浓度(0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8 mol/L)、不同蔗糖质量浓度(0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 g/100 mL)对奇亚籽蛋白持水性的影响;结果如图 2a ~ d 所示。

NaCl 溶液的浓度,持水性逐渐降低。由图 2d 可知,奇亚籽蛋白的持水性显著高于大豆分离蛋白,当蔗糖质量浓在 0 ~ 4 g/100 mL 范围内,奇亚籽蛋白的持水力随着蔗糖质量浓度的增大而提高,当蔗糖质量浓在 0 ~ 45 g/100mL 范围内,大豆分离蛋白的持水力随着蔗糖质量浓度的增大而提高,蔗糖质量浓度再增加,持水力逐渐下降。

蛋白质持水性是用来衡量蛋白产品吸附水的能力大小的一项重要指标。由图 2a ~ d 可知奇亚籽蛋白的持水性优于大豆分离蛋白,将奇亚籽蛋白添加到健康食品高水分活度肽营养棒中,以期解决一般营养棒随时间硬化的问题。此外,将奇亚籽蛋白的高持水性功能合理应用在食品、化妆品及药品的实际生产中具有较大的研究价值。

3.3 奇亚籽蛋白的吸油性

在静置时间为 60 min 条件下,分别探究温度为 20、30、40、50、60、70、80、90 ℃ 对奇亚籽蛋白吸油性的影响,结果如图 3 所示。

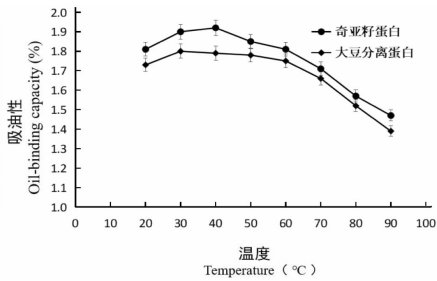


图3 温度对奇亚籽蛋白和大豆分离蛋白吸油性的影响
Fig.3 Effect of temperature on oil-binding capacity of chia seed protein and soy protein isolate

由图3可知,在20~40℃时,奇亚籽蛋白吸油性较好,但随着温度的继续升高,奇亚籽蛋白吸油性呈现下降趋势。随着温度的升高,油的黏性降低,流动性增大,与蛋白样品之间相互吸附作用减弱,因此

奇亚籽蛋白的吸油性降低。奇亚籽蛋白的吸油性优于大豆分离蛋白,将奇亚籽蛋白作为食品添加剂应用在肉制品、奶制品等食品加工中具有较大的研究价值。

3.4 奇亚籽蛋白的乳化性及乳化稳定性

在温度为25℃条件下,探究不同pH值(2、3、4、5、6、7、8、9、10、11)对奇亚籽蛋白乳化性及乳化稳定性的影响;在pH值为7条件下,探究不同温度(20、30、40、50、60、70、80、90℃)对奇亚籽蛋白乳化性及乳化稳定性的影响;在pH值为7、温度为25℃条件下,探究不同NaCl浓度(0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8 mol/L)、不同蛋白质质量浓度(1、2、3、4、5、6 g/100 mL)对奇亚籽蛋白乳化性及乳化稳定性的影响,结果如图4a~d所示。

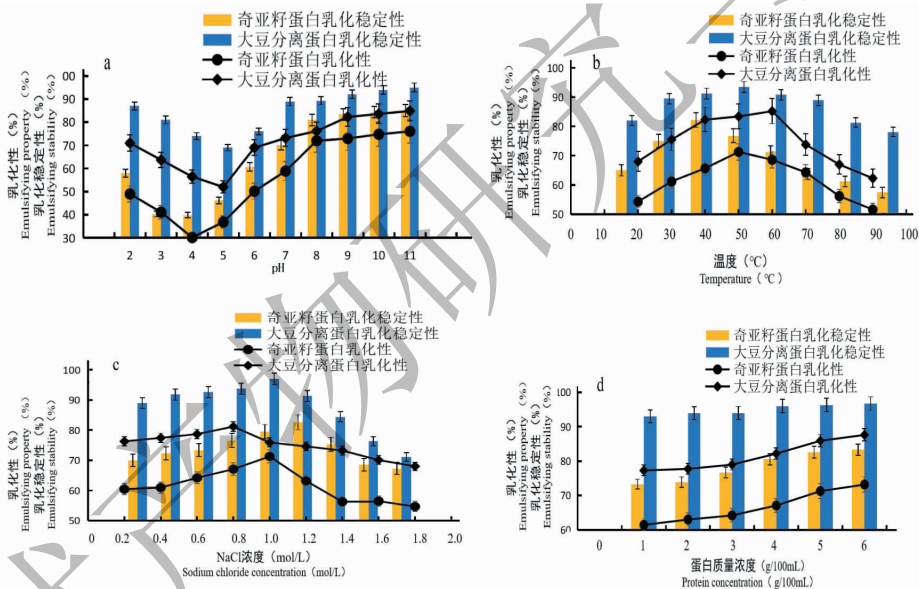


图4 pH、温度、NaCl浓度、蛋白质质量浓度对乳化及乳化稳定性的影响

Fig.4 Effect of pH, temperature, NaCl concentration, protein concentration on emulsifying property and stability

由图4a可知,在蛋白等电点附近时,奇亚籽蛋白和大豆分离蛋白的乳化性和乳化稳定性较差,乳化性分别为30.2%和52.0%,乳化稳定性分别为39.8%和69.0%,当pH值偏离等电点时,乳化性、乳化稳定性均呈现增大趋势,这与pH值对蛋白溶解度影响呈现趋势一致。由图4b可知,奇亚籽蛋白乳化性及其稳定性在20~50℃范围内随温度的上升而增加,在50℃时乳化性达到最大值69.6%,在40℃时,奇亚籽蛋白乳化稳定性达到最高;大豆分离蛋白乳化性及其稳定性在20~60℃范围内随温度的上升而增加,在60℃时乳化性达到最大值

84.3%,在50℃时,大豆分离蛋白乳化稳定性达到最高;温度继续上升使乳化性及其稳定性下降。由图4c可知,在一定范围内蛋白乳化性及其稳定性随NaCl浓度升高有所提高,当浓度升高至0.8 mol/L,大豆分离蛋白乳化性达到最大,当浓度升高至1.0 mol/L,大豆分离蛋白乳化性稳定达到最大,奇亚籽蛋白乳化性达到最大,当浓度升高至1.2 mol/L,奇亚籽蛋白乳化稳定性达到最大,之后蛋白乳化性、稳定性随NaCl浓度继续升高持续下降,大豆分离蛋白和奇亚籽蛋白乳化性分别由81.3%降至67.5%、69.6%降至52.7%,乳化稳定性分别由94.3%降至

69.5%、82.1%降至67.7%。由图4d可知,随着蛋白质量浓度的增加,乳化性、乳化稳定性呈现增大趋势,当质量浓度大于5 g/100mL时,乳化性、乳化稳定性增大幅度趋于平缓。

由图4a~d可知大豆分离蛋白的乳化性及乳化稳定性优于奇亚籽蛋白,在奇亚籽营养棒的研发

过程中建议添加少量大豆分离蛋白作为乳化剂以提高营养棒的品质及感官质量。

3.5 奇亚籽蛋白的起泡性及起泡稳定性

实验条件同奇亚籽蛋白的乳化性及乳化稳定性相同,结果如图5a~d所示。

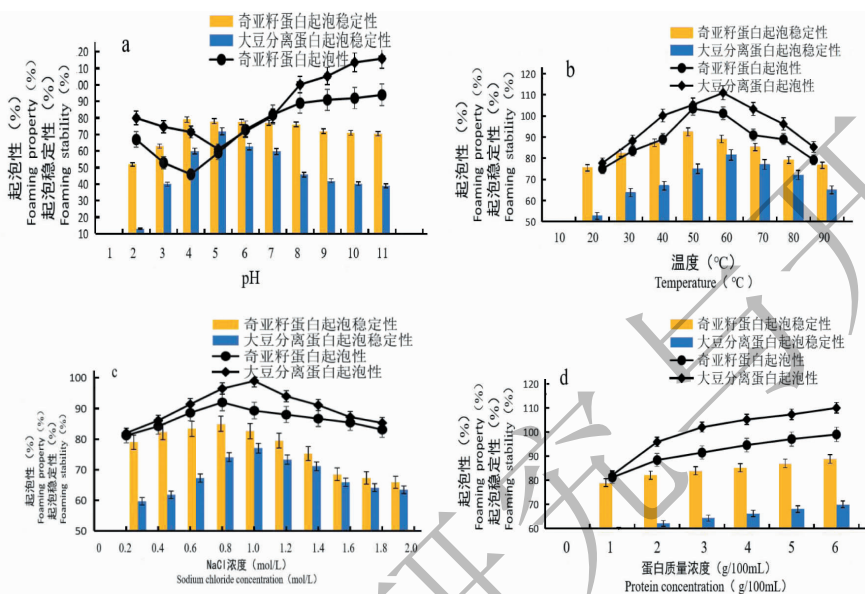


图5 pH、温度、NaCl 浓度、蛋白质量浓度对起泡及起泡稳定性的影响

Fig. 5 Effect of pH, temperature, NaCl concentration, protein concentration on foaming property and stability

由图5a可知,在蛋白等电点附近时,奇亚籽蛋白和大豆分离蛋白的起泡性较差,起泡稳定性较好,起泡性分别为40.8%和59.1%,起泡稳定性分别为79.0%和71.9%,当pH值偏离等电点时,蛋白起泡性呈增大趋势,对应的稳定性降低。由图5b可知,奇亚籽蛋白起泡性在20~50℃范围内随温度的上升而增加,在50℃时起泡性和起泡稳定性均达到最高,分别为103.5%和92.5%;大豆分离蛋白乳化性在20~60℃范围内随温度的上升而增加,在60℃时起泡性和起泡稳定性均达到最高,分别为105.3%和75.0%;温度继续上升使起泡性及其稳定性下降。由图5c可知,在一定范围内蛋白起泡性及其稳定性随NaCl浓度升高有所提高,当浓度升高至0.8 mol/L,奇亚籽蛋白乳化性及其稳定性达到最大,分别是89.3%和82.6%,当浓度升高至1.0 mol/L,大豆分离蛋白乳化性及其稳定性达到最大,分别是99.2%和77.6%,之后蛋白乳化性、稳定性随NaCl浓度继续升高持续下降,原因在于,NaCl的加入使得蛋白质的溶解度、持水性、吸油性、展开和聚集状态发生变化,故而能改变起泡性及其稳定性。

由图5d可知,随着蛋白质量浓度的增加,起泡性、起泡稳定性呈现增大趋势,当质量浓度大于4 g/100mL时,乳化性、乳化稳定性增大幅度趋于平缓。这是因为随着蛋白溶液质量浓度的增大,参与成膜的蛋白量增多,蛋白质分子间的作用使产生的吸附膜更加紧密、厚度增大,从而产生的气泡不易破裂,稳定性较高。

由图5a~d可知大豆分离蛋白的起泡性优于奇亚籽蛋白,反之,奇亚籽蛋白的起泡稳定性优于大豆分离蛋白。

4 结论

本实验以奇亚籽蛋白为原料,研究pH值、温度、NaCl浓度、蔗糖质量浓度和蛋白质量浓度对奇亚籽蛋白功能特性(溶解性、持水性、吸油性、乳化性及乳化稳定性、起泡性及起泡稳定性)的影响,并与大豆分离蛋白进行分析比较。结果表明:奇亚籽蛋白的持水性、吸油性及起泡稳定性优于大豆分离蛋白,但奇亚籽蛋白的溶解性、乳化性及乳化稳定性、起泡性均低于大豆分离蛋白。当pH值在蛋白

等电点附近时,蛋白的溶解性、持水性、吸油性、乳化性及乳化稳定性、起泡性最差,当 pH 值偏离等电点时,各项功能特性(起泡稳定性除外)均得到改善;在适宜的温度范围内(20~50℃),奇亚籽蛋白各项功能特性随温度的升高有显著提高,但继续升高温度会使各项性能随之下降;当蛋白溶液中所含 NaCl 浓度较低时(0~1.0 mol/L),增大 NaCl 浓度可使奇亚籽蛋白溶解性、持水性、吸油性、乳化性及乳化稳定性、起泡性及起泡稳定性增强,但 NaCl 浓度进一步提高会降低各项功能特性;提高溶液中蛋白质质量浓度可增强乳化性及乳化稳定性、起泡性及起泡稳定性,但当蛋白质质量浓度达到一定值时(4~5 g/100 mL),蛋白乳化性及乳化稳定性、起泡性及起泡稳定性达到最佳值,继续增大蛋白质质量浓度,乳化性及乳化稳定性、起泡性及起泡稳定性增大幅度趋于平缓。

参考文献

- Cahill JP. Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) [J]. *Econ Bot*, 2003, 57: 604-618.
- National Health and Family Planning Commission of PRC(中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会). Announcement on the approval of 6 new food materials, including Tagatost [J]. *China Food Addit*, 2014, 5: 202-204.
- Capitani MI, Spotorno V, Nolasco SM, et al. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina [J]. *LWT-Food Sci Tech*, 2012, 45: 94-102.
- Rong X(荣旭), Tao NP(陶宁萍), Li YQ(李玉琪), et al. Analysis and evaluation on the nutritional components of chia seed [J]. *China Oils and fats* (中国油脂), 2015, 9: 89-93.
- Loreto A. Muñoz, Angel Cobos, Olga Diaz, et al. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food [J]. *Food Rev Int*, 2013, 29: 394-408.
- Yang YX(杨月欣). Chinese food composition table [M]. Beijing: Peking University Medical Press(北京大学医学出版社), 2002.
- University UN, Organization WH. Protein and amino acid requirements in human nutrition; report of a Joint FAO/WHO/UNU expert consultation [M]. World Health Organization, 2007.
- FAO/WHO. Energy and protein requirement. Report of Joint FAO/WHO [R]. Grieve; WHO, 1973: 61-62.
- Vanesay I, Susanam N, Mabelc T. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds [J]. *Ind Crop Prod*, 2008, 28: 286-293.
- Ning WW(宁伟伟), Tao NP(陶宁萍), Rong X(荣旭), et al. Optimization of defatting of chia (*Salvia hispanica*) seed cake by response surface methodology [J]. *China Oils Fats* (中国油脂), 2016, 41(7): 20-23.
- Lu C(陆晨), Zhang SK(张士康), Wang B(王彬), et al. Extraction of tea protein using alkali extraction-acid precipitation method [J]. *Mod Food Sci Tech* (现代食品科技), 2011, 27: 673-677.
- Xu ZH(徐志宏), Wei ZC(魏振承), Zhang Y(张雁), et al. Comparison of functional properties of several proteins [J]. *Food Sci* (食品科学), 2006, 12: 232-235.
- Ma Y(马勇), Zhou P(周佩). Main components and functional characters of filbert powder [J]. *Food Ferment Ind* (食品发酵工业), 2008, 34(11): 72-75.
- Wu XH(吴晓红), Liu JW(刘经纬), Zheng YM(郑月明), et al. Study on water absorption, absorbing oil capacity and solubility of water-pine seed proteins [J]. *Sci Tech food Ind* (食品工业科技), 2010, 9: 140-143.
- Xie L(谢良), Wang Z(王璋), Cai BY(蔡宝玉). The composition and functional properties of soybean protein isolate [J]. *J Chin Cereal Oil Ass* (中国粮油学报), 2000, 15(6): 6-10.
- Zhang WN(张维农), Liu DC(刘大川), Hu XH(胡小泓). Study on the functional characteristic of peanut protein [J]. *China Oils Fats* (中国油脂), 2002, 27(5): 60-65.
- Guo XF(郭兴凤), Mu YD(慕运动), Ruan SF(阮诗丰). The effect of different measure methods to the determined result of emulsifying properties of soy protein isolate [J]. *Food Res Dev* (食品研究与开发), 2007, 28: 129-131.
- Zeng WG(曾卫国). Study on solubility and emulsibility of peanut protein [J]. *Acad Period Farm Prod Process* (农产品加工学刊), 2005(1): 16-18.