

米糠蛋白的组成及功能性

郑煜焱¹, 曾洁², 李晶¹, 李新华^{1,*}

(1.沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110866; 2.河南科技学院食品学院, 河南 新乡 453500)

摘要:以米糠蛋白为原料,通过Osborn分级分离和氨基酸分析,对米糠蛋白的组成及营养价值进行分析,并分别研究不同pH值、温度和蛋白质量浓度对米糠蛋白的溶解性、乳化性和起泡性等功能性的影响。结果表明:米糠蛋白主要是由清蛋白和球蛋白构成,氨基酸组成全面,比例合适,且米糠蛋白中的疏水性氨基酸含量较高。米糠蛋白在不同pH值和温度条件下溶解度、乳化性、起泡性不同;米糠蛋白溶解度在等电点范围趋于最小;蛋白质量浓度对米糠蛋白乳化性有较大影响。

关键词:米糠蛋白; Osborn分级; 氨基酸分析; 功能性

Composition and Functional Properties of Rice Bran Proteins

ZHENG Yu-yan¹, ZENG Jie², LI Jing¹, LI Xin-hua^{1,*}

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2. College of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453500, China)

Abstract: The protein composition of rice bran protein isolate (RBPI) was investigated by Osborn fractionation and its amino acid composition and nutritional value were analyzed. Besides, the effect of pH, temperature and protein concentration on its functional properties such as solubility and emulsifying and foaming properties were examined. RBPI was mainly composed of albumin and globulin and contained a full range of amino acids with a well-balance composition and high levels of hydrophobic amino acids. The solubility and emulsifying and foaming properties of RBPI varied with pH and temperature. The lowest solubility was reached at pH values near the isoelectric point. The concentration of RBPI had a great effect on its emulsifying properties.

Key words: rice bran proteins; Osborn fractionation; amino acid analysis; functional properties

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)23-0143-07

米糠是极具开发潜力的一种高附加值的资源,其必需氨基酸组成平衡合理,且米糠蛋白是低过敏性蛋白,可作为理想的食用蛋白资源加以开发利用^[1]。在食品体系中,蛋白质的功能性质是指在食品的加工、贮存和消费过程中,蛋白质和其他食品组分相互作用时表现出的物理化学性质的总和^[2]。米糠蛋白是一种优质的天然植物蛋白资源,其成分组成和功能性影响米糠食品的感官和质构等特性。

Osborn分级分离蛋白方法是根据蛋白质在水、盐、醇以及碱溶液中的溶解性不同对米糠蛋白进行分级分离^[3],得到4种蛋白组分:清蛋白(albumin)、球蛋白(globulin)、醇溶蛋白(prolamin)、谷蛋白(glutelin)。Osborn分级的各组分分布直接影响其功能性。在了解米糠中的蛋白组分分布的基础上,可进一步研究米糠蛋白的功能性。对食品体系有重要意义的蛋白质功能性包括:溶解性、起泡性、乳化性等。蛋白质的功能性本质

是蛋白质-水的相互作用、蛋白质-蛋白质的相互作用、蛋白质-空气的相互作用,体现了蛋白质的流体力学性质和界面性质^[4]。由于蛋白质的性质受多种因素的影响,因此有必要通过实验的方法对米糠蛋白质的功能性质加以测定,旨在为米糠蛋白在食品中的利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

米糠蛋白粉,实验室提自脱脂米糠。

盐酸、乙醇、氯化钠、氢氧化钠均为分析纯。

1.2 仪器与设备

PHS-3C数字式pH计 上海理达仪器厂; TDL-5-A

型离心机 上海安亭科学仪器厂; L-8800型氨基酸自动分析仪 日本Hitachi公司。

收稿日期: 2012-04-14

作者简介: 郑煜焱(1976—),女,讲师,博士研究生,研究方向为农产品深加工转化理论及技术。E-mail: zhengyuyan76@163.com

*通信作者: 李新华(1955—),男,教授,研究方向为农产品深加工与转化。E-mail: lixh.syau@163.com

1.3 方法

1.3.1 米糠蛋白的制备工艺

米糠粕→1000r/min胶磨处理10min→纤维素酶处理1.5h→稀碱调pH值→恒温搅拌→3000r/min离心20min→取上清液→调pH值至等电点4.5→3000r/min离心20min→沉淀→水洗→调pH值至7.0→真空干燥→米糠蛋白

在以上工艺条件下,提取率可达67.4%。

1.3.2 米糠蛋白Osborn分级

米糠蛋白的Osborn分级见文献[5]。

1.3.3 米糠蛋白氨基酸分析

取一定量的米糠蛋白,置于水解管底部,加入6mol/L HCl溶液(色氨酸用NaOH),真空封口,于110℃水解24h,定容至50mL,取1mL在100℃水浴蒸干,加2.5mL 0.02mol/L HCl溶解后上L-8800氨基酸自动分析仪进行氨基酸组分的测定。

分析条件:色谱柱:2622#阳离子交换树脂;流动相:pH3.3、3.2、4.0、4.9的柠檬酸和柠檬酸钠缓冲溶液;检测器:紫外-可见光检测器,波长570nm(脯氨酸测定波长440nm);显色剂:茚三酮;进样量:20μL。

1.3.4 米糠蛋白溶解性测定

参照Furuuchi^[6]测定方法,采用氮溶解指数(NSI)来进行评价。将200mg米糠蛋白溶于250mL去离子水中,置于恒温水浴摇床内振荡1h,分散液以3000r/min转速离心10min,采用凯氏定氮法测定上清液中氮的含量。按式(1)计算氮溶解指数(NSI)。

$$\text{氮溶解指数}/\% = \frac{\text{上清液中氮含量}}{\text{样品中氮含量}} \times 100 \quad (1)$$

将200mg米糠蛋白溶于250mL去离子水中,用0.1mol/L HCl溶液或NaOH溶液调节溶液pH值分别为1~12,放置于20℃水浴摇床内振荡1h,3000r/min离心10min,收集上清液,测定pH值对其溶解性的影响。

将200mg米糠蛋白溶于250mL去离子水中,分别选取20、30、40、50、60、70、80℃不同温度梯度水浴摇床内振荡1h,3000r/min离心10min,收集上清液,测定温度对其溶解性的影响。

1.3.5 米糠蛋白乳化性(EA)及乳化稳定性(ES)的测定

1.3.5.1 乳化性测定

取一定量的米糠蛋白样品,用50mL水溶液制备成不同米糠蛋白质量浓度(0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0g/100mL)、pH值(2、4、6、8、10、12)、温度(20、30、40、50、60、70、80℃)梯度的蛋白质分散系,加入50mL大豆色拉油,在高速组织捣碎机中10000r/min匀浆2min,2000r/min离心5min。按式(2)计算乳化性^[7]。

$$\text{乳化性}/\% = \frac{\text{离心管中乳化层的高度}}{\text{离心管中液体总高度}} \times 100 \quad (2)$$

1.3.5.2 乳化稳定性测定

将1.3.5.1节离心管置于80℃水浴中,水浴30min后,冷却至室温,在3000r/min离心5min,测出此时的乳化层高度,则乳化稳定性按式(3)计算。

$$\text{乳化稳定性}/\% = \frac{\text{水浴后乳化层高度}}{\text{初始时乳化层高度}} \times 100 \quad (3)$$

1.3.6 米糠蛋白起泡性(FA)和泡沫稳定性(FS)的测定

1.3.6.1 起泡性测定

取一定量的米糠蛋白样品,用50mL水溶液制备成不同米糠蛋白质量浓度(1、2、3、4、5g/100mL)、pH值(3、4、5、6、7、8、9、10、11、12)、温度(20、40、60、80℃)、氯化钠浓度(0.0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0mol/L)梯度的蛋白质分散系,在高速组织捣碎机中10000r/min均质2min,以产生的气泡的顶端与液面的距离为高,容器的横截面积为底面积,立即读取泡沫体积,则起泡性按式(4)计算。

$$\text{起泡性}/\% = \frac{\text{搅拌停止时的泡沫体积}}{\text{蛋白质溶液搅拌前的体积}} \times 100 \quad (4)$$

1.3.6.2 泡沫稳定性测定

将1.3.6.1节起泡性测定后的泡沫静置,分别记录经过0、5、10、20、30、60min静置后的泡沫体积。泡沫稳定性是通过测定搅打停止后不同时刻的泡沫体积占刚搅打完后泡沫体积的百分数来进行反映。将0时刻的泡沫体积记为100%。

1.4 数据处理

相关实验均设3次重复,实验结果取平均值。数据采用DPS 3.01统计软件进行分析,设置显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 米糠蛋白基本组成

表1 米糠蛋白基本成分分析
Table 1 Proximate composition of RBPI

成分	水分	粗蛋白	脂肪	灰分
含量/%	3.8	76.1	0.9	3.5

采用常规分析方法测定米糠蛋白基本成分,由表1可知,提取的米糠粕蛋白中粗蛋白的含量可达76.1%。

2.2 米糠蛋白Osborn分级

Osborn分级提取法是研究蛋白质常用的分类方法之一,这种方法是根据蛋白质在水、盐、醇以及碱溶液中的溶解性来划分的^[3]。该法较粗略,只能是对结构类似蛋白的一种大致估计。对所提取的米糠蛋白按Osborn分类测定结果见图1。米糠蛋白的组成中,清蛋白占蛋白总量的34.5%,球蛋白占33.2%,谷蛋白占24.5%,醇溶蛋白占4.8%。除醇溶蛋白外,其余3种蛋白的纯度均较高。米糠蛋白主要是由清蛋白和球蛋白构成,其含量明显高于稻

表2 米糠蛋白的氨基酸组成
Table 2 Amino acid composition of RBPI

氨基酸	天门冬氨酸 (Asp)	苏氨酸 (Thr)	丝氨酸 (Ser)	谷氨酸 (Glu)	脯氨酸 (Pro)	甘氨酸 (Gly)	丙氨酸 (Ala)	胱氨酸 (Cys)	缬氨酸 (Val)	蛋氨酸 (Met)	异亮氨酸 (Ile)	亮氨酸 (Leu)	酪氨酸 (Tyr)	苯丙氨酸 (Phe)	赖氨酸 (Lys)	组氨酸 (His)	精氨酸 (Arg)	色氨酸 (Trp)
含量/(g/100g)	9.87	3.53	4.27	15.36	4.78	6.24	6.17	2.23	5.41	1.54	3.12	7.26	4.10	6.82	5.75	3.36	8.90	1.54

米中的含量。清蛋白和球蛋白具有相对较好的溶解性，而好的溶解性决定了其可具有良好功能性。据相关报道^[8]，以稻米蛋白中的清蛋白为原料可制成具有ACE抑制功能活性的多肽等，而本实验米糠蛋白中清蛋白含量约为普通稻米的4倍，若能利用米糠蛋白开发该类活性肽，从理论上上看经济可行。

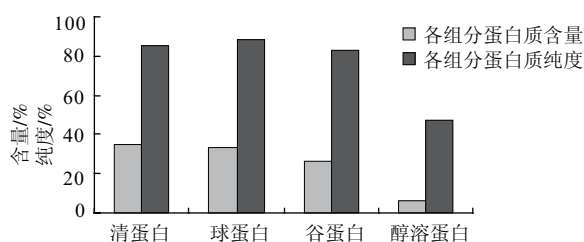


图1 米糠蛋白各组分的组成比例及纯度
Fig.1 Protein composition of RBPI

2.3 米糠蛋白氨基酸组成与营养价值分析

由表2可知，米糠蛋白是全价蛋白质，含有人体所需的18种氨基酸和8种必需氨基酸，氨基酸种类齐全。

将米糠蛋白的必需氨基酸组成分别与世界卫生组织(WHO)推荐的必需氨基酸标准模式和两种主要的谷物蛋白质稻米蛋白和大豆蛋白相比较，结果见表3。

表3 米糠蛋白的必需氨基酸(EAA)组成与WHO建议标准(1973年修正版)的比较

Table 3 Comparison of essential amino acid composition between RBPI and FAO/WHO recommended standard				
必需氨基酸	FAO/WHO	米糠蛋白	稻米蛋白	大豆蛋白
缬氨酸	50	54.1	58	38
异亮氨酸	40	31.2	41	39
赖氨酸	55	57.5	40	50
亮氨酸	70	72.6	82	73
蛋氨酸+胱氨酸	35	37.7	39	17
苯丙氨酸+酪氨酸	60	109.2	103	72
苏氨酸	40	35.3	35	27
色氨酸	10	15.4	17	8

由表3可知，同世界卫生组织(WHO)推荐的必需氨基酸标准模式相比，米糠蛋白质中的必需氨基酸种类齐全，8种人体必需氨基酸均衡，相互比例适宜。从营养的观点看，米糠蛋白质有很好的氨基酸平衡，赖氨酸、苏氨酸、色氨酸含量较高，尤其是赖氨酸含量较高，这补偿了谷物蛋白普遍存在的赖氨酸不足的缺陷，大大提高了营养价值。将米糠蛋白与稻米蛋白相比较，米糠蛋白的氨基酸组成更接近FAO/WHO的推荐模式，其营养价值

可与鸡蛋蛋白和牛奶蛋白相媲美^[9]。

表4 米糠蛋白中不同种类氨基酸的构成
Table 4 Different classes of amino acids in RBPI and SPI

类别	米糠蛋白	大豆蛋白
疏水性氨基酸	29.6	27.9
极性不带电氨基酸	11.3	12.8
碱性氨基酸	13.5	13.1
酸性氨基酸	31.3	29.5
含硫氨基酸	1.8	4.7
芳香族氨基酸	9.4	8.0

由表4可知，同大豆蛋白相比，米糠蛋白中的疏水性氨基酸、芳香族氨基酸含量略高于大豆蛋白中的含量；含硫氨基酸的含量少于大豆蛋白；极性不带电氨基酸、碱性氨基酸和酸性氨基酸含量与大豆蛋白相当。而疏水性氨基酸的含量对蛋白质的溶解的好坏有直接影响，而蛋白质的溶解性又直接对其乳化性、起泡性等功能性有关，可见米糠蛋白相关功能性有待于研究。

2.4 米糠蛋白溶解性的分析结果

蛋白溶解性是蛋白质基本物理性质之一，会影响蛋白质的其他功能性和实际使用价值。蛋白质的溶解性受加工条件、pH值、温度、离子强度等多种因素影响^[10-11]。

2.4.1 pH值对米糠蛋白溶解性的影响

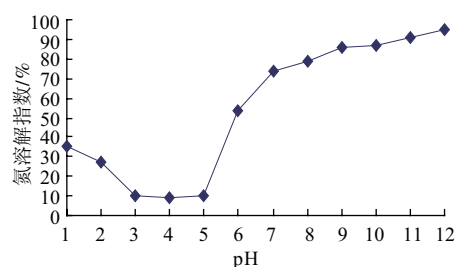


图2 pH值对米糠蛋白溶解性的影响
Fig.2 Effect of pH on the solubility of RBPI

由图2可知，米糠蛋白在不同pH值条件下溶解度不同，基本符合V型曲线。米糠蛋白在pH值为4~5等电点范围内，蛋白质溶解度趋于最小值，约为10%。而在偏离等电点的酸性或碱性条件下，溶解度逐渐增大。米糠蛋白质是两性分子，既能像酸一样解离，又能像碱一样解离。在等电点附近蛋白质多肽链之间的静电排斥作用受到抑制，以及蛋白质间的相互作用超过蛋白质与溶剂间的相互作用而引起了聚集反应，从而破坏了蛋白质的空间结构。在酸性介质中，蛋白分子主要以正离子状态

存在, 电荷互相排斥, 分子分散性好, 溶解度较大; 在碱性条件下, 蛋白中紧密结构变得疏松, 同时蛋白质分子的次级键特别是氢键被破坏, 并且某些极性基团发生解离, 使蛋白质分子表面的分子具有相同电荷, 促进了结合物与蛋白质的分离, 从而使蛋白质溶解度增加^[12-13]; 当pH值继续升高, 蛋白以负离子状态存在, 溶解度随着pH值的升高而增加, 但已经不是通常意义的溶解度。米糠蛋白的这种溶解性质对其在食品中的应用有一定的指导作用。

2.4.2 温度对米糠蛋白溶解性的影响

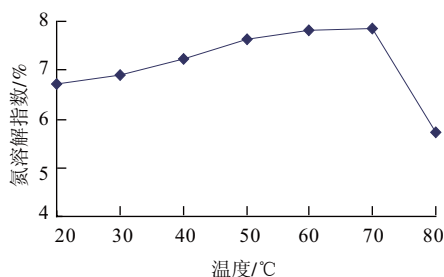


图3 温度对米糠蛋白溶解性的影响

Fig.3 Effect of temperature on the solubility of RBPI

由图3可知, 温度对米糠蛋白的溶解性较大。在温度较低时, 米糠蛋白的溶解度随着温度的升高而逐渐增大, 温度达到67°C时, 溶解度最大, 超过67°C以后溶解度急速下降。这是因为当温度较低时, 水分子与蛋白质分子间相互作用较小, 温度适当增加, 蛋白质分子的构象发生改变, 分子立体结构伸展, 有利于米糠蛋白分子与水分子的运动及相互作用, 此时温度起到增溶的作用^[14-15]。温度继续升高, 使蛋白质空间构相某些弱键断裂, 破坏了肽键的特定结构, 使得原来在分子内部的一些非极性基团暴露在分子表面, 因而降低了蛋白质的溶解度, 促使蛋白质分子之间的相互结合而凝结沉淀^[16]。由此可见, 67°C是米糠蛋白开始变性的临界温度。

2.5 米糠蛋白乳化性及乳化稳定性的研究

蛋白质分子中同时含有亲水基团和亲油基团, 乳化性是指蛋白产品能将油水结合在一起, 形成乳状液的特性。乳化稳定性是指油水乳状液保持稳定的能力。在油水混合液中, 分散蛋白质有扩散到油水/界面的趋势, 且使疏水性多肽部分展开朝向脂质, 极性部分朝向水相, 因此, 食品加工时蛋白质可作为一种表面活性剂, 起到稳定乳化状态从而延长货架时间的作用^[17]。影响乳化性和乳化稳定性的因素很多, 如蛋白质种类、溶解性、体系pH值、温度、离子强度的存在等^[18]。

2.5.1 米糠蛋白质量浓度对蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

由图4可知, 随着米糠蛋白质量浓度的增加, 米糠蛋白的乳化能力也随之增大, 这是因为随着米糠蛋白质量

浓度的增加, 蛋白质在界面上的吸附由单分子吸附层变为多分子吸附层, 增加了界面膜的厚度, 从而提高了膜的强度, 增加了乳化性和乳化稳定性。米糠蛋白的乳化性及其稳定性的变化趋势相同, 都是随着米糠蛋白质量浓度的增加而增加, 说明蛋白质质量浓度对其乳化性有较大影响。当其质量浓度大于3g/100mL时, 蛋白质的乳化能力增加趋于平稳, 这可能是因为3g/100mL质量浓度的米糠蛋白基本已经达到饱和状态, 质量浓度再增加, 溶解性的变化也不大, 而蛋白质的乳化性与蛋白质的溶解性密切相关。

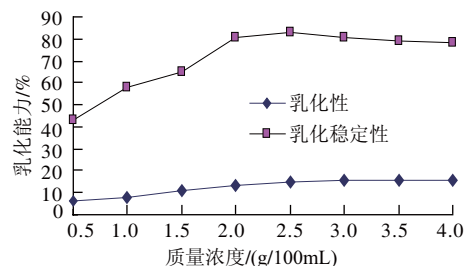


图4 米糠蛋白质量浓度对蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

Fig.4 Effect of protein concentration on the emulsifying capacity and emulsion stability of RBPI

2.5.2 pH值对米糠蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

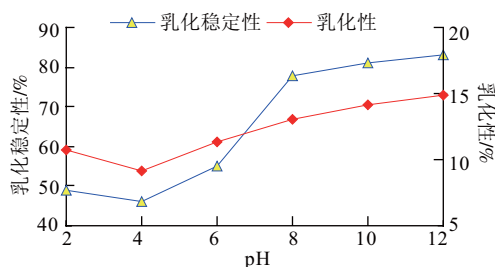


图5 pH值对米糠蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

Fig.5 Effect of pH on the emulsifying capacity and emulsion stability of RBPI

由图5可知, 米糠蛋白在pH4.0附近时乳化性最差, 这与其他植物蛋白(比如大豆蛋白等)相似。这是因为在蛋白质的等电点表面电荷为零, 蛋白质的溶解性最差, 吸附在油/水界面的蛋白质最少, 形成的乳状液界面面积最小, 因而乳化性最低。在碱性条件下米糠蛋白的乳化性较好, 有明显提高, 这也说明了乳化性与溶解度密切相关。

2.5.3 温度对米糠蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

由图6可知, 当乳化温度由20°C上升至67°C时, 米糠蛋白的乳化能力逐渐上升, 67°C以后乳化能力显著下降; 乳化稳定性在70°C后显著下降。这是因为在低于蛋白质的变性温度时, 随温度的升高, 蛋白质分子受到适当的热变性, 其高级结构适当展开, 链节变得更加柔顺, 且暴露更多的疏水基团, 使蛋白质分子呈有序排列, 更易吸附在界面上, 从而提高了蛋白质的乳化性;

当温度继续升高时,分子运动使蛋白质稳定的二级和三级结构的键断裂,蛋白质发生聚集,溶解度降低,降低了蛋白质乳化性质。随着温度的升高,米糠蛋白质乳化稳定持续降低,这是因为温度过高降低了被界面吸附的蛋白质膜的黏度和刚性,从而使乳化稳定性降低^[18]。

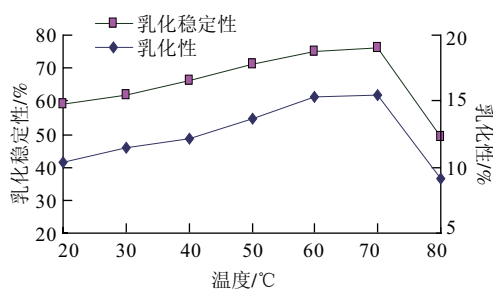


图6 温度对米糠蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

Fig.6 Effect of temperature on the emulsifying capacity and emulsion stability of RBPI

2.6 米糠蛋白起泡性及泡沫稳定性

蛋白质的起泡性和泡沫稳定性对于食品产品具有重要作用。蛋白质泡沫是一个两相体系,是蛋白质液体薄膜包裹气泡的两相体系。起泡性是指蛋白质能降低气-液界面的表面张力而帮助形成气泡的能力^[7]。泡沫稳定性是指蛋白质维持泡沫稳定存在的能力。许多研究表明,好的溶解性是蛋白质有好的起泡性和泡沫稳定性的必要条件,同时受多种因素影响。因此,本实验分别考察了温度、蛋白质量浓度、pH值等因素的影响。

2.6.1 米糠蛋白质量浓度对蛋白起泡性和泡沫稳定性的影响

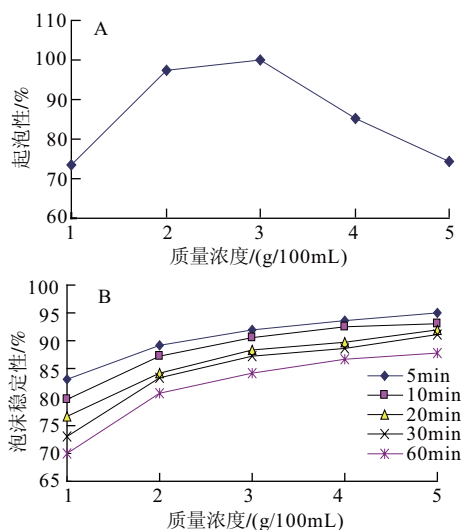


图7 米糠蛋白质量浓度对蛋白起泡性(A)和泡沫稳定性(B)的影响

Fig.7 Effect of protein concentration on the foaming capacity (A) and foam stability (B) of RBPI

由图7A可知,米糠蛋白质量浓度对其起泡性有一定

的影响,当蛋白质量浓度在1~3g/100mL之间变化时,起泡性随质量浓度的增大而增大,在1~3g/100mL之间变化时增幅最大;当蛋白质量浓度超过3g/100mL时,起泡性随着质量浓度的升高趋势变缓。其原因可能是随着蛋白质量浓度的增加,产生了较小的气泡和较硬的泡沫,起泡性自然就会提高,但当蛋白质的质量浓度过高时,达到了蛋白质在泡沫中的界面质量浓度时,由于扩散速度快,拉伸形成的新界面能迅速得到蛋白质的覆盖,即基于“吉布斯·戈兰高内效应”削弱起泡性,使泡沫粗化,稳定性降低^[19-20]。

由图7B可知,对于泡沫稳定性而言,随着蛋白质量浓度的增加,呈现出上升趋势,这是因为当蛋白质量浓度较大时,蛋白质与蛋白质的相互作用导致形成较厚的吸附膜,因而有益于泡沫的稳定。

2.6.2 pH值对米糠蛋白起泡性和泡沫稳定性的影响

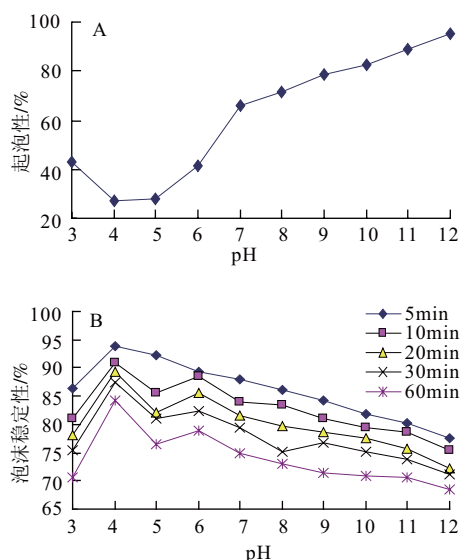


图8 pH值对米糠蛋白起泡性(A)和泡沫稳定性(B)的影响

Fig.8 Effect of pH on the foaming capacity (A) and foam stability (B) of RBPI

由图8A可知,pH值对米糠蛋白质的起泡性有较大的影响。米糠蛋白在pH4.0时起泡性最差,在等电点左边的区域,起泡性随pH值的升高而降低;在其右边的pH值区域内,起泡性随pH值的升高而升高。这是因为pH4.0接近米糠蛋白的等电点,在等电点处米糠蛋白的溶解性很低,因此仅仅是蛋白质的可溶部分参与泡沫形成,由于可溶部分蛋白质的质量浓度很低,所以起泡性较差,这也说明起泡性与蛋白质的溶解性存在着一定的关系。

由图8B可知,pH值对米糠蛋白质的泡沫稳定性有较大的影响。对于泡沫稳定性而言,等电点区域的泡沫稳定性最好,这是因为在这一pH值范围,未溶解的那部分蛋白质通过吸附增加了蛋白质膜的黏合力,从而稳定了泡沫^[20]。在pI以外的pH值范围,蛋白质的起泡能力往往较好,但是泡沫的稳定性较差。

2.6.3 温度对米糠蛋白起泡性和泡沫稳定性的影响

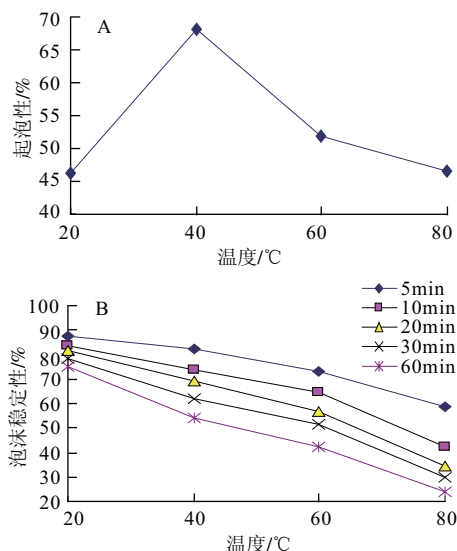


图9 温度对米糠蛋白起泡性(A)和泡沫稳定性(B)的影响

Fig.9 Effect of temperature on the foaming capacity (A) and foam stability (B) of RBPI

由图9可知,温度对米糠蛋白质的起泡性和泡沫稳定性均有较大的影响。在温度较低时,米糠蛋白的起泡性随着温度的升高而逐渐增大,当温度超过60℃以后起泡性较差。这可能是因为温度适当增加,蛋白质分子的构象发生改变,分子立体结构伸展而变得疏松,在一定条件下,蛋白质分子的柔性越好,结构越疏松,蛋白质的起泡性越好,但是过度的热处理则会损害起泡能力,导致起泡性下降。对于泡沫稳定性而言,随着温度的升高,米糠蛋白的泡沫稳定性下降,主要原因是加热会导致空气膨胀、黏性降低、气泡破裂和泡沫崩溃。

2.6.4 NaCl浓度对米糠蛋白起泡性和泡沫稳定性的影响

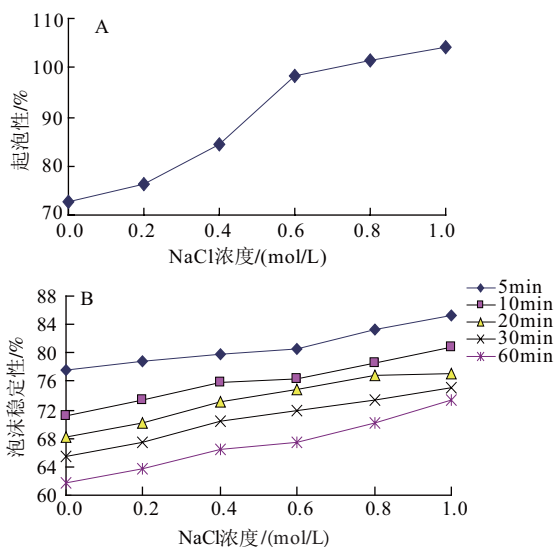


图10 NaCl浓度对米糠蛋白起泡性(A)和泡沫稳定性(B)的影响

Fig.10 Effect of NaCl concentration on the foaming capacity (A) and foam stability (B) of RBPI

由图10可知,NaCl浓度对米糠蛋白质的起泡性和泡沫稳定性有一定的影响。米糠蛋白的起泡性及其泡沫稳定性随着添加的钠离子强度增大而提高。这是因为添加一定浓度NaCl后表现出了盐析作用,降低了米糠蛋白溶解度^[21],使部分蛋白质以固体状态存在,这时液体经过搅拌,生成固、液、气三相泡沫,固体和液膜的接触面适中,则可吸附在界面上,阻止气泡粗化,起泡性增强^[22]。NaCl的加入对米糠蛋白质的泡沫稳定性有增强作用,但其浓度的增加对泡沫稳定性影响不大。

3 结论

3.1 实验提取的米糠粕蛋白中粗蛋白的含量可达76.1%。Osborn法分级提取米糠蛋白的组成中,清蛋白占34.5%,球蛋白占33.2%,谷蛋白占24.5%,醇溶蛋白占4.8%。除醇溶蛋白外,其余3种蛋白的纯度均较高。米糠蛋白的氨基酸组成较为全面,含有人体必需的各种氨基酸。

3.2 研究了米糠蛋白在不同条件下的溶解性、乳化性和起泡性等功能性,可根据其功能性特点在食品中进行应用。米糠蛋白的溶解度、乳化性、起泡性受pH值和温度影响较大,在pH4.0附近趋于最小值,且泡沫稳定性最好。在25~67℃温度范围内,米糠蛋白溶解性和乳化能力均逐渐升高,高于67℃以后溶解性和乳化能力均显著下降。起泡性随着温度的升高而逐渐增大,泡沫稳定性随温度的升高而降低,当温度超过60℃以后起泡性较差。

3.3 米糠蛋白质量浓度对乳化性及乳化稳定性有较大影响,随米糠蛋白质量浓度的增加而增加。当其质量浓度大于3g/100mL时,蛋白质的乳化能力增加趋于平稳;当蛋白质量浓度在1~3g/100mL之间变化时,起泡性随质量浓度的增大而增大,当蛋白质量浓度超过3g/100mL时,起泡性随着质量浓度的升高趋势变缓,泡沫稳定性随质量浓度的增加而增大。

参考文献:

- [1] 王腾宇,周风超,李红玲,等.米糠蛋白的提取及其功能性质研究[J].粮油加工,2010(11):46.
- [2] 阚建全.食品化学[M].北京:中国农业大学出版社,2002:67-69.
- [3] 王宪泽.生物化学实验技术原理和方法[M].北京:中国农业出版社,2002:75-77.
- [4] 莫重文,马宇翔,杨国龙.蛋白质化学与工艺学[M].北京:化学工业出版社,2007:132.
- [5] OSBORNE T B. The vegetable proteins[M]. 2ed. London: Longmans Green and Co., 1924.
- [6] FURUUCHI Y. Nippon shokuhin kogyo[J]. Gakkaishi, 1981, 28: 548-553.
- [7] 张维农.花生蛋白产品的制备及功能特性研究[D].武汉:武汉工业学院,1996.
- [8] 姜瞻梅,霍贵成,吕桂善.不同食物来源的ACE抑制肽的研究现状[J].食品研究与开发,2003(1):46-47.
- [9] 姚惠源,陈正行,周素梅.米蛋白和米糠蛋白开发利用[J].粮食与油

- 脂, 2002(4): 6-9.
- [10] 陶健, 毛立新, 杨小姣, 等. 荞麦蛋白的功能特性研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(5): 46-50.
- [11] 黄友如, 华欲飞, 裘爱永. 大豆分离蛋白功能性质及其影响因素[J]. 粮食与油脂, 2003(5): 12-14.
- [12] 董贝森. 花生蛋白粉溶液流变学特性及功能性的研究[J]. 农业工程学报, 1999(1): 251-252.
- [13] FREDERICK F S, KIM W D. Preparation and characterization of rice protein isolates[J]. Journal of American Oil Chemistry Society, 2000, 77(8): 885-889.
- [14] RAVIN G. Protein concentrate from unstabilized and stabilized rice bran: preparation and properties[J]. Journal of Food Science, 1995, 60(5): 1066-1069.
- [15] HAMADA J S. Characterization and functional properties of rice bran proteins modified by commercial exoproteases and endoproteases[J]. Journal of Food Science, 2000, 2: 178-179.
- [16] 赵东海, 张建平, 王云. 米糠蛋白提取工艺和功能性质评价[J]. 食品工业, 2005(5): 9-11.
- [17] 洪庆慈. 大豆蛋白的功能性质与改性研究[J]. 粮食与饲料工业, 2001(3): 41-43.
- [18] 张鸣镝, 姚慧媛. 玉米胚芽分离蛋白溶解性和乳化性的研究[J]. 中国油脂, 2006(8): 36-39.
- [19] 陶慰孙. 蛋白质分子基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [20] 周瑞宝. 植物蛋白功能原理与工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 42-68.
- [21] GABRIELLA P. Bubble stabilization of spectral methods: the multidimensional case[J]. Journal of Scientific Computing, 1998, 13(2): 148-149.
- [22] CHANDI G K, SOGI D S. Functional properties of rice bran protein concentrates[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(2): 592-597.