

冷榨南瓜子油饼蛋白质提取工艺及功能性质研究

周露¹, 范定涛¹, 卢明玥¹, 钟耕^{1,2,*}

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2.重庆市特色食品研究工程技术中心, 重庆 400715)

摘要:以冷榨南瓜子饼粕为原料,采用碱溶酸沉法提取其中的蛋白质,分析pH值、料液比、提取温度、提取时间等单因素对提取率的影响,用响应曲面法优化工艺条件,得到冷榨南瓜子油饼蛋白质提取最佳工艺:料液比1:12(g/mL)、提取温度50℃、提取时间22.5min。在此工艺条件下,饼中蛋白质粉的平均提取率为23.92%,蛋白质质量分数86.48%(湿基,蛋白粉水分质量分数为9.31%)。对提取出的蛋白粉进行各种理化及功能性分析,结果表明:提取的冷榨南瓜子蛋白粉具有良好的加工性能,特别是持水能力和持油能力,均高于大豆分离蛋白。且随着蛋白溶液浓度和加热时间的变化,其持水及持油力的变化极显著;乳化性随着蛋白质溶液浓度的升高而升高,而乳化稳定性在蛋白质质量分数5%时出现明显下降,两者数值均随蛋白质溶液质量分数的变化有极显著差异,但整体也随蛋白质质量分数的升高而升高;起泡性随蛋白质质量分数升高而增大,泡沫稳定性几乎不随蛋白质质量分数变化。

关键词:南瓜子蛋白饼粕;蛋白质;提取工艺;功能性质

Extraction and Functional Properties of Protein Isolates from Cold-Pressed Pumpkin Seed Cakes

ZHOU Lu¹, FAN Ding-tao¹, LU Ming-yue¹, ZHONG Geng^{1,2,*}

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Special Food Engineering and Technology Center, Chongqing 400715, China)

Abstract: Protein isolates were prepared from cold-pressed pumpkin seed cakes using alkaline solubilization and acid precipitation. Response surface methodology was used to optimize extraction conditions to obtain maximum extraction efficiency. The optimum conditions for protein extraction were found to be extraction at 50 °C for 22.5 min with a solid-to-solvent ratio of 1:12 (g/mL). Under these conditions, the average recovery of total solids was 23.92% and the protein isolates contained 86.48% protein (wet basis; 9.31% water content). Analysis of physiochemical and functional properties showed that the crude protein extract had excellent processing properties. Especially, it was found that its water-holding and oil-binding capacities were higher than those of soybean protein isolate and varied very significantly with concentration and heating time. The emulsifying capacity of the crude protein extract increased with increasing concentration, whereas its emulsion stability dramatically decreased at a concentration of 5%. The two parameters indicated highly significant variations with protein concentration and exhibited a general upward trend with increasing protein concentration. This extract revealed an increasing trend in foaming capacity but almost no changes in foam stability with increasing concentration.

Key words: cold pressed pumpkin seed cakes; protein; extraction process; functional properties

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)22-0139-06

南瓜(*cucurbita moschata* Duch.)的营养价值很高,它不但是人们喜食的菜肴,而且被公认为21世纪的保健食品,已成为蔬菜大家族中一个独具特色的种类^[1]。南瓜子为南瓜的成熟种子,其含有丰富的蛋白质、高品质油脂、维生素、生物黄酮、南瓜多糖及矿物质等,这些功效成分有着广泛而重要的生物学功能,具有较好的研究

与应用价值^[2]。国内对南瓜的研究较多,但对南瓜子的研究起步较晚。在南瓜的开发热潮中,南瓜子油是一个开发热点。研究表明,南瓜子油中含有一种可称为男性荷尔蒙的活性生物触媒剂成分,能够消除前列腺的初期肿胀,对泌尿系统及前列腺增生具有良好的预防和治疗作用^[3]。

收稿日期: 2011-09-10

作者简介: 周露(1988—),女,硕士研究生,研究方向为现代食品加工理论与技术。E-mail: 544766956@qq.com

*通信作者: 钟耕(1964—),男,教授,博士后,研究方向为粮食工程(粮食、油脂与植物蛋白专业)及现代食品加工理论与技术。E-mail: zhongdg@126.com

随着南瓜子油产量不断增大,南瓜子油加工的副产物——南瓜子饼粕的综合利用也亟待解决。从现有的研究来看,提油后的饼粕中可利用资源包括:残留的脂肪、磷脂、饼粕中的蛋白质、棉酚和植酸等。蛋白质是南瓜子饼粕中的主要成分,也是植物油饼粕类资源中研究最多、技术相对成熟的一类物质,是南瓜子饼粕综合利用的开发重点。

南瓜子中含有大约30%的蛋白质,脱脂美洲南瓜子的蛋白质含量可以达到66.54%,并且,南瓜子蛋白在人体中的吸收率为88%~97%,其生理效价(bioavailability, BV)为73%~86%,含有平衡性很好的各种必需氨基酸及大量硫胺素^[4]。蔡同一等^[5]研究表明:发芽后的南瓜子蛋白具有显著的降血糖作用。冷榨南瓜子油饼粕是采用冷榨技术提取南瓜子油的副产物,其蛋白在加工过程中变性程度低^[6]。有关研究表明^[7],冷榨南瓜子油饼粕中含有约50%的优质蛋白质,但大多未得到有效利用,仅仅是作为一般的蛋白质补充剂添加到饲料中,甚至当作填料就地掩埋。因此,在提取油脂的同时,必须考虑到蛋白质资源的利用问题。由于使用冷榨法能较好地保留原料中各营养素^[8],本实验以冷榨法取油的南瓜子饼粕为原料,研究优化碱溶酸提法工艺提取蛋白质,并对所提取蛋白的理化和功能性质进行分析,可为冷榨南瓜子饼蛋白质资源的利用提供理论和应用参考。

1 材料与amp;方法

1.1 原料和试剂

冷榨南瓜子饼 甘肃省正宁县金牛公司;色拉油市购;石油醚(沸程30~60℃);大豆蛋白粉 保健食品专卖店;所用化学试剂除特别注明外均为分析纯。

1.2 仪器与设备

HH-4数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司;PHS-3C型pH计 上海盛磁仪器有限公司;5810型台式高速离心机 德国Eppendorf公司;ALPAAI-4 LSC真空冷冻干燥机 美国Christ公司;JH 722可见光光度计 上海菁华科技仪器有限公司;Kjel Flex K-360全自动凯氏定氮仪 瑞士Büchi公司;金燕FSH-2型可调高速均浆机 江苏大地自动化仪器厂;DHG-9070 A电热恒温鼓风干燥机 上海齐欣科学仪器有限公司;FA 2004 A电子天平 上海恒平科学仪器有限公司;L-8800氨基酸分析仪 日本日立公司;MJ-25BM02C美的粉碎机 广东美的精品电器制造有限公司。

1.3 方法

1.3.1 南瓜子饼中蛋白质的制备方法^[6,9-10]

南瓜子饼→粉碎→过筛→温度50℃、pH10.0水浴浸提→在转速为5000r/min离心10min→上清液→调pH4.5(等电点)→冷冻干燥(温度-25℃、真空度35Pa、时间22h)→粉碎(60目筛)→成品

1.3.2 冷榨南瓜子油饼蛋白提取工艺研究

1.3.2.1 单因素试验

在料液比1:10、温度40℃、时间15min、pH10.0固定条件下分别进行pH值(8.0、9.0、10.0、11.0、12.0)、料液比(1:6、1:8、1:10、1:12、1:14)、提取温度(30、40、50、60℃)和提取时间(7.5、15、22.5、30min)的单因素试验^[11],提取完成后,5000r/min离心10min,测定蛋白粉得率。

1.3.2.2 响应面试验

根据单因素试验结果,选取料液比、提取温度和提取时间各自的最佳水平为0水平,进行响应面试验,因素及水平见表1。

表1 冷榨南瓜子油饼蛋白提取工艺优化响应面试验因素水平表
Table 1 Coded values and corresponding actual values of the optimization parameters used in response surface analysis

水平	A 料液比(g/mL)	B 浸提温度/℃	C 浸提时间/min
-1	1:10	40	15.0
0	1:12	50	22.5
1	1:14	60	30.0

测定结果以“平均值±标准差”表示,用Excel和Origin 8数据图像处理软件进行分析;蛋白质提取工艺优化采用RSM^[12]数据软件分析。

1.3.3 提取的南瓜子蛋白质功能性质测定

对制备的冷榨南瓜子蛋白粉(粗蛋白含量55.33%)分别进行持水及持油性测定^[13-14]、乳化活性(emulsification activity index, EAI)和乳化稳定性(emulsification stability index, ESI)测定^[15]、起泡性和泡沫稳定性测定^[16]、氨基酸组成测定^[17]。

1.4 南瓜子中蛋白质提取得率计算

$$\text{蛋白粉得率}/\% = \frac{\text{冷冻干燥后蛋白粉质量}}{\text{称取的南瓜子饼粉质量}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 pH值对蛋白粉得率的影响

表2 pH值与蛋白粉得率的相关性
Table 2 Correlation between pH and protein yield

pH	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
蛋白粉得率/%	13.11±0.59 ^a	14.66±0.37 ^{ab}	16.50±0.49 ^{bc}	21.28±0.58 ^{cd}	38.92±0.13 ^{de}

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著,相同则无显著差异。

单因素试验结果表明,随着pH值的不断升高,蛋白粉的得率也逐渐增大($P < 0.01$),如表2所示。为了确定试验最佳pH值,把不同pH值条件下提取的蛋白粉的得率、粗蛋白含量、氮溶解指数(nitrogen soluble index, NSI)^[18-19]、持水性、乳化性能等重要参数做一个检测,并分析比较,各参数试验条件如表3所示,试验结果及方差分析表4、5。

表3 各参数试验条件

参数	试验条件
粗蛋白含量	称取约0.5g蛋白粉, 按照GB/T 9823—2008《粮油检验: 植物油料饼装白总蛋白含量的测定》检测其粗蛋白含量。
NSI	称取约2g蛋白粉, 按照AOCS Ball-65方法测定。
持水性	称取约1g蛋白粉于离心管中, 连管称量后, 加入过量蒸馏水, 然后在80℃条件下, 保温60min, 然后在5000r/min离心10min, 倒掉上层清液后, 连管再次称量。
EAI & ESI	蛋白质溶液其含量为0.1%

表4 不同pH值下蛋白粉的得率及其相关性

pH	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
蛋白粉得率/%	13.11±0.59	14.66±0.37	16.50±0.49	21.28±0.58	38.92±0.13
粗蛋白含量/%	91.60±0.20	82.90±0.50	84.30±0.20	83.40±0.70	87.70±1.20
NSI/%	46.00±0.90	53.60±1.60	64.40±1.80	55.00±2.30	49.20±1.40
持水性/%	374.70±21.50	466.60±5.40	649.60±24.80	414.00±9.20	254.20±14.40
EAI	87.60±0.80	59.30±0.70	37.80±1.30	41.40±2.10	55.30±2.70
ESI	60.40±3.20	65.80±0.70	51.10±0.70	31.80±2.30	22.20±0.40

单因素试验结果(表2)表明, 随着pH值的不断升高, 蛋白粉的得率也逐渐增大, 但其实际的蛋白质含量却在不断下降。其次, 蛋白粉的NSI值在pH10时达到最高, 为64.4%。只有高NSI值的蛋白粉才有较好的活性, 再参考GB/T 22493—2008《大豆蛋白粉》中对低变性大豆粉NSI不小于55%的要求, 只有pH10.0时能达到低变性蛋白粉的要求。同时, 提取蛋白粉的持水性在pH10.0时达到最高, 较高的持水性有利于蛋白粉的加工利用。综合上述试验结果, pH10.0时, 能保证较高的提取率和较优的蛋白质品质。因此, 选择10.0为最佳提取pH值。

表5 试验结果方差分析

项目	F	F _{0.01}	P值
粗蛋白含量	42.12**	5.99	<0.01
NSI	72.05**	4.89	<0.01
持水性	224.84**	4.89	<0.01
EAI	400.67**	4.89	<0.01
ESI	437.18**	4.89	<0.01

注: **α=0.01 水平上差异显著。

从表5可以看出, 不同pH值条件下提取出的蛋白粉的粗蛋白含量、NSI、持水性、EAI和ESI存在呈极显著差异(P<0.01), 也就是说, 不同pH值下提取的蛋白粉在理化性质上有很大差异。因此, 选择一个较优的pH值, 以期获得品质较优, 提取率较大的蛋白质, 同时符合优化生产工艺。

综合上述实验结果, pH10.0时, 能保证较高的提取率和较优的蛋白质品质, 再参考大豆蛋白和其他植物蛋白的工业制备工艺, 一般选择pH10.0为碱提pH值。因

此, 选择pH10.0为最佳提取pH值, 也是本次碱提酸沉实验的固定pH值。以下所有蛋白粉提取实验, 均在pH10.0的条件下进行。

2.2 料液比对蛋白粉得率的影响

表6 料液比与蛋白粉得率的相关性

料液比(g/mL)	1:6	1:8	1:10	1:12	1:14
蛋白粉得率/%	15.37±0.47 ^a	15.18±0.23 ^a	16.50±0.49 ^a	17.39±0.70 ^{ab}	15.58±0.69 ^b

注: 肩标不同小写字母表示在P<0.05水平差异显著。下同。

由表6可知, 随着提取剂用量的增大, 蛋白质的提取率也在不断增大, 不同料液比下蛋白粉得率差异不显著(P<0.05)。当料液比1:12时, 蛋白质的提取率达到最大, 然后随之下降。这可能是由于, 随着水分的增加, 蛋白质的溶出率也在不断增加; 但是, 如果水分含量过大, 酸沉时, 蛋白质溶液中(上清液)球蛋白的溶解度增加, 从而导致蛋白质的沉淀率降低, 因而使得蛋白质的提取率降低^[20]。因此, 1:12应为最佳料液比。

2.3 提取温度对蛋白粉得率的影响

表7 提取温度与蛋白粉得率的相关性

提取温度/℃	30	40	50	60
蛋白粉得率/%	17.21±0.17 ^a	17.39±0.70 ^a	19.51±0.21 ^{ab}	19.88±0.28 ^b

从表7可以看出, 随着提取温度的升高, 蛋白质的提取率也在不断增大。在40℃和50℃时, 蛋白粉得率差异显著(P<0.05)。当温度达到50℃时, 蛋白质的提取率开始趋于平缓。这可能是由于, 浸提温度越高, 浸提效率越高, 也就是说, 在相同时间内能溶出更多的蛋白质。但是当浸提温度过高时, 蛋白质溶液黏度增加, 分离困难, 而且蛋白质容易在高温下变性, 影响产品的工艺性能, 也增加了能耗。又因为50℃和60℃条件下, 蛋白粉得率增加不明显(P>0.05), 因此, 50℃为最佳浸提温度。

2.4 提取时间对蛋白粉得率的影响

表8 提取时间与蛋白粉得率的相关性

提取时间/min	7.5	15.0	22.5	30.0
蛋白粉得率/%	17.13±0.15 ^a	19.01±1.36 ^a	22.28±1.21 ^{ab}	17.39±1.33 ^b

从表8可以看出, 在提取时间小于22.5min时, 随着浸提时间延长, 蛋白质的提取率提高, 在时间为22.5、30.0min时, 蛋白粉得率差异显著(P<0.05)。当浸提时间超过22.5min后, 蛋白质提取率反而下降, 这可能是由于浸提温度和料液比的限制, 溶出的蛋白质出现凝聚沉淀, 离心时蛋白质沉淀和残渣一同被排除, 从而降低了蛋白质提取率。当浸提时间达22.5min时, 蛋白质的提取率最大。考虑到能耗等问题, 故选22.5min为最佳浸提时间。

2.5 响应面试验优化南瓜子饼蛋白质提取工艺^[21-22]

由单因素试验结果, 确定pH10.0为不变量, 以料液比、提取温度、提取时间为自变量, 以蛋白质的得率为响应值, 设计了3因素3水平共17个试验点的响应面分析试验。试验结果及方差分析结果, 见表9、10。

表9 冷榨南瓜子油饼蛋白提取工艺优化响应面试验设计及结果
Table 9 Experimental design and results for response surface analysis

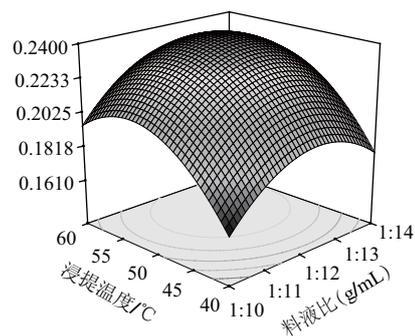
试验号	A 料液比(g/mL)	B 浸提温度/°C	C 浸提时间/min	蛋白质得率/%
1	1:10	40	22.5	16.15
2	1:12	50	22.5	23.28
3	1:14	40	22.5	18.15
4	1:12	50	22.5	24.76
5	1:14	60	22.5	22.35
6	1:12	60	30.0	20.78
7	1:12	40	30.0	19.23
8	1:12	50	22.5	25.09
9	1:12	50	22.5	23.78
10	1:10	50	30.0	18.50
11	1:10	60	22.5	19.79
12	1:12	60	15.0	21.17
13	1:10	50	15.0	19.05
14	1:14	50	15.0	20.22
15	1:14	50	30.0	22.05
16	1:12	40	15.0	17.39
17	1:12	50	22.5	24.28

注: $R=0.9751$, $R^2=0.9431$ 。

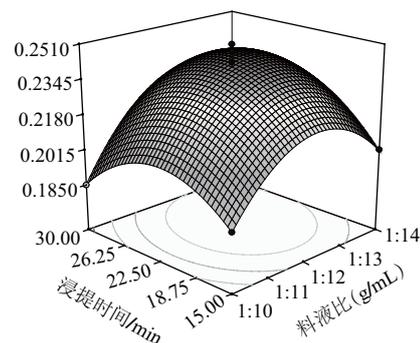
运用Design-Expert 7.1.3软件对试验结果进行回归拟和后, 得到各试验因素对响应值的影响回归方程: $y=0.24+0.012A+0.016B+(3.413 \times 10^3)C+(1.400 \times 10^3)AB+(5.950 \times 10^3)AC-(5.575 \times 10^3)BC-0.024A^2-0.027B^2-0.019C^2$

根据回归方程作出不同因子的响应面图, 如图1所示。由图1可以看出, 采用碱提酸沉法提取南瓜子饼中的蛋白质, 提取率存在极大值, 优化出来的工艺条件下的提取率的预测值是极大值。同时可以看出, 提取率随着料液比、提取温度和提取时间的变化趋势和单因素试验的变化趋势基本一致。

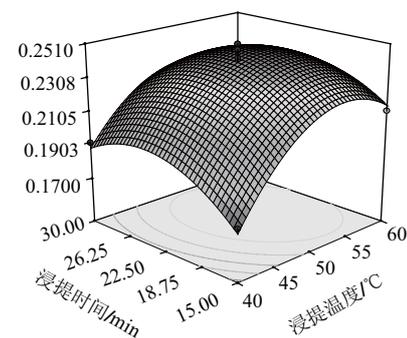
对试验结果进行方差分析, 结果如表10所示。由表10方差分析结果看出, 所建立的模型是可靠的($P<0.01$), 且失拟项不显著。在所选试验条件下, 各单因素, 包括料液比、提取温度、提取时间对提取率影响极显著。而且, 料液比、提取温度和提取时间的二次项对响应值的影响为极显著, 交互作用均不显著。对回归方程进行分析, 得出最佳工艺条件为料液比1:12、提取温度50°C、提取时间22.5min, 回归方程预测值为(24.24±0.73)%, 而在此工艺条件下, 验证试验得到饼中蛋白质的平均提取率为23.92%, 试验值与回归方程预测值吻合良好。



a. 浸提时间与料液比



b. 浸提时间与料液比



c. 浸提时间与浸提温度

固定水平: A 料液比1:12(g/mL); B 浸提温度50°C; C 浸提时22.5min。

图1 各两因素交互作用对提取率影响的响应面及等高线图

Fig.1 Three dimensional response surface plots showing the effects of extraction conditions on protein yield

表10 方差分析

Table 10 Analysis of variance for the fitted regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	0.011	9	1.272×10^3	30.48	<0.0001	**
A	1.076×10^3	1	1.076×10^3	25.79	0.0014	**
B	2.168×10^3	1	2.168×10^3	51.94	0.0002	**
C	9.316×10^5	1	9.316×10^5	2.23	0.1788	
AB	7.840×10^6	1	7.840×10^6	0.19	0.6778	
AC	1.416×10^4	1	1.416×10^4	3.39	0.1081	
BC	1.243×10^4	1	1.243×10^4	2.98	0.1280	
A ²	2.441×10^3	1	2.441×10^3	58.48	0.0001	**
B ²	3.116×10^3	1	3.116×10^3	74.64	<0.0001	**
C ²	1.481×10^3	1	1.481×10^3	35.47	0.0006	**
失拟值	7.943×10^5	3	2.648×10^5	0.50	0.7035	
残差	2.128×10^4	4	5.319×10^5			

注: * 表示差异显著; ** 表示差异极显著。

2.6 蛋白粉基础成分测定^[23]

表 11 提取蛋白质粉和原饼粕基础成分含量对照
Table 11 Comparison of chemical composition of cold-pressed pumpkin seed cakes and protein isolates

项目	粗蛋白/%	水分含量/%	灰分含量/%	粗脂肪/%
提取蛋白粉	86.48±0.69	9.31±0.52	2.91±0.03	0.20±0.14
原南瓜子饼粕粉	56.34±0.04	8.31±0.15	16.65±0.14	8.38±0.09

从表11可以看出, 经过碱溶酸沉提取后, 得到了粗蛋白为86.48%的高蛋白含量制品, 比原饼粕中粗蛋白含量的55.33%提高了31.15个百分点。原饼粕中灰分含量高达16.65%, 远远高于谷物或豆类灰分含量不大于4%的要求^[24], 不可直接供人食用; 而提取蛋白质粉中的灰分含量大大下降, 为2.91%, 远低于GB/T 22493—2008中的限量, 达到了可食用的标准。提取蛋白粉的水分含量为9.31%, 也符合GB/T 22493—2008中的限量, 即水分含量不大于10%。

2.7 蛋白粉氨基酸组成分析^[25]

表 12 蛋白粉的氨基酸组成及含量
Table 12 Amino acid composition of protein isolates

氨基酸名称	含量/%	氨基酸名称	含量/%
天门冬氨酸	6.37	异亮氨酸	3.02
苏氨酸	2.08	亮氨酸	5.28
丝氨酸	3.17	酪氨酸	2.40
谷氨酸	11.98	苯丙氨酸	3.92
甘氨酸	3.08	赖氨酸	2.33
丙氨酸	3.17	组氨酸	2.08
半胱氨酸	0.99	精氨酸	9.96
缬氨酸	3.60	脯氨酸	2.01
蛋氨酸	1.12		

从表12可以看出, 提取蛋白粉中含有人体所需的必需氨基酸, 其含量从高到低依次是: 亮氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸。其中半必需氨基酸含量从高到低依次是: 酪氨酸、组氨酸、半胱氨酸。提取蛋白粉的精氨酸含量相当高, 达到了9.96%, 而全大豆蛋白中精氨酸的含量仅为8.42%。蔡同一等^[5]对南瓜种子发芽前后的脱脂蛋白粉以及从南瓜瓜肉中分离的南瓜多糖进行了小鼠降血糖作用研究, 氨基酸分析结果显示经发芽处理的南瓜种子的精氨酸含量增加了2.5%, 认为发芽后南瓜种子的降血糖作用与精氨酸增加有关。

2.8 蛋白粉持水及持油特性与加热温度的关系

蛋白质的持水性和持油性是蛋白质重要的功能性指标之一。从图2可以看出, 蛋白粉的持水力比持油能力好。随着温度的升高, 持水性和持油性都有不同程度的升高。不同温度下, 蛋白粉的持水力和持油力的差异均呈极显著关系($P < 0.01$), 它们分别在80℃和100℃时达到最高。这可能是由于高温导致蛋白质变性, 暴露了许多内在基团, 如肽键和极性侧链, 从而使得蛋白质的亲水性和亲油性都得到了提高。另外, 随着加热时间的延长, 蛋白粉的持水性和持油率也不断升高($P < 0.01$),

均在60min时达到最高值, 并表现出明显的大幅增长的趋势。这可能也是因为随着加热时间的延长, 蛋白质也发生了变性, 使得其亲水性和亲油性基团暴露。总的来说, 蛋白粉的持水能力高于其持油能力。这可能是因为该蛋白质大部分是水溶性蛋白, 具有较好的亲水力^[26]。

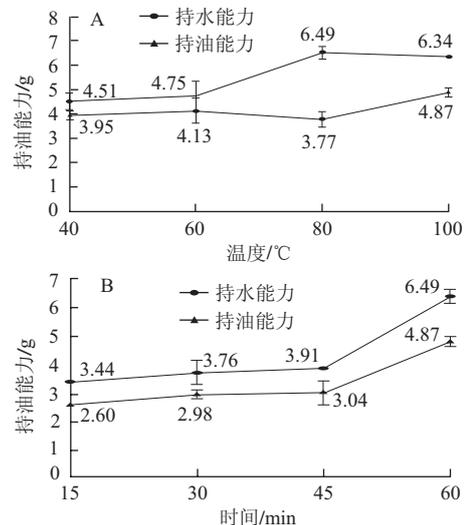


图 2 蛋白质粉持水(A)及持油能力(B)的比较
Fig.2 Effects of heating temperature and time on the water-holding (A) and oil-binding (B) capacities of protein isolates

本实验提取的蛋白最佳持水力6.50g/g蛋白质和持油率4.85g/g蛋白质与大豆分离蛋白作比较, 大豆分离蛋白的持水力为6.25g/g蛋白质, 面制品用大豆蛋白的持油率为1.6g/g蛋白质^[27]。于明晓等^[14]对挤压组织化脱脂花生蛋白粉的持水性和持油性进行分析, 其最佳持水性和持油性分别约为4.9g/g和1.2g/g。可以看出, 本实验中提取的蛋白粉具有很高的持水性及持油性, 因而具有良好的加工性质。

2.9 蛋白粉的乳化活性(EAI)及乳化稳定性(ESI)

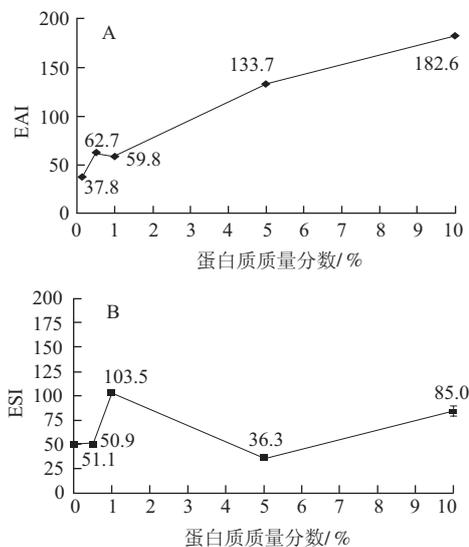


图 3 不同质量分数蛋白质粉的EAI(A)和ESI(B)
Fig.3 EAI (A) and ESI (B) of protein isolates at different concentrations

从图3可以看出,在蛋白质质量分数不大于0.5%时,EAI和ESI的数值都比较小,变化幅度不大;当蛋白质质量分数1%时,ESI值达到最高103.5,当蛋白质质量分数5%时又出现下降,当蛋白质质量分数10%的时,又出现大幅上升;而EAI则是随着蛋白质质量分数的升高而持续、迅速增大。

随着蛋白质含量的增加,亲水基团和疏水基团的数量都增加了,因此EAI值大幅增加^[25]。一般来说,蛋白质的亲水性越强,蛋白质质量分数越高,所形成的乳浊液越稳定。由于该蛋白中大部分为水溶性蛋白,当其浓度增大时,其亲水基的增加程度大于疏水基增加的程度,导致ESI下降;但当蛋白质质量分数10%时,其疏水基的数量也大幅增加,其乳化稳定性增强,因此ESI值也增大了^[28]。

2.10 蛋白粉起泡性和泡沫稳定性

表 13 不同质量分数蛋白质粉起泡性和泡沫稳定性

Table 13 Foaming ability and foam stability of protein isolates at different concentrations

蛋白质质量分数/%	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0
起泡性/%	15.2±0.2 ^a	15.6±0.3 ^a	25.4±0.1 ^{ab}	45.0±0.4 ^{bc}	55.4±0.3 ^{cd}
失水率/%	4.3±0.5 ^a	2.2±0.1 ^{ab}	4.0±0.3 ^{bc}	2.4±0.1 ^{cd}	3.3±0.4 ^{de}

从表13可以看出,随着蛋白质质量分数的增大,其起泡度不断升高,这可能是因为随着溶液中蛋白质含量的增加,能形成更多的可溶性蛋白质薄膜,从而能包裹住更多的空气,形成更多的气泡。从失水率的变化可以看出蛋白质粉的失水率与蛋白质质量分数呈显著相关性,但是变化范围保持在2%~4%之间,说明该蛋白粉具有良好的泡沫稳定性。

3 结论

3.1 从冷榨脱油南瓜子饼中提取蛋白质的最佳工艺条件: pH10.0、料液比1:12、提取温度50℃、提取时间22.5min。响应面预测蛋白粉的提取率为24.24%。提取出的南瓜子蛋白粉,其粗蛋白质含量达到86.48%,水分含量为9.31%,灰分含量2.91%;此外,南瓜子蛋白粉中除了含有人体所必须的氨基酸、半必需氨基酸外,还含有丰富的精氨酸,占氨基酸含量的9.96%。

3.2 南瓜子蛋白粉的持水能力和持油能力,均高于大豆分离蛋白,且随着蛋白溶液浓度和加热时间的变化,其持水及持油力之间的变化呈极显著;EAI随着蛋白质溶液浓度的升高而升高,而ESI在蛋白质质量分数5%时出现明显下降,但整体也是随蛋白质质量分数的升高而升高,两者数值均随蛋白质溶液浓度的变化具有极显著差异;起泡性随蛋白质质量分数升高而增大,泡沫稳定性几乎不随蛋白质质量分数的改变而变化。

参考文献:

- [1] 李燕杰,甄成,陈洪涛,等. 南瓜籽饼粕中蛋白的综合利用[J]. 食品研究与开发,2009(8): 173-174.
- [2] 宗玉丽,李鑫,付英梅,等. 南瓜籽活性成分研究及应用[J]. 微生物学杂志,2011,31(2): 109-112.
- [3] TSAI Y S, TONG Y C, CHENG J T, et al. Pumpkin seed oil and phytosterol-F can block testosterone/prazosin-induced prostate growth in rats[J]. Urologia Internationalis, 2006, 77(3): 269-274.
- [4] 范三红,刘艳荣,原超,等. 南瓜籽蛋白质的制备及其功能性研究[J]. 食品科学,2010,31(16): 97-100.
- [5] 蔡同一,李全宏,闫红,等. 南瓜籽蛋白降血糖活性的研究[J]. 中国食品学报,2010,3(1): 7-10.
- [6] 杨伟强,李鹏,张吉民,等. 冷榨花生饼粕中分离蛋白的制备[J]. 食品科技,2008,33(12): 166-168.
- [7] 陈钊,赵敏生,白小芳,等. 南瓜籽油的冷榨制取研究[J]. 食品科技,2005,30(8): 88-90.
- [8] 李诗龙,胡健华,刘协航,等. 双低油菜籽脱皮冷榨的关键技术研究[J]. 农业工程学报,2004,20(6): 181-185.
- [9] 李里特. 粮油贮藏加工工艺学[M]. 北京: 中国农业大学出版社,2002: 281-286.
- [10] WANG Yanping, LI Shuangxi, AHMED Z, et al. Extraction of broad bean protein and effects of NaCl concentration and pH value on its solubility and emulsibility[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(1): 380-384.
- [11] VASTAGA Z, POPOVIC L. Hydrolysis of pumpkin oil cake protein isolate and free radical scavenging activity of hydrolysates: influence of temperature, enzyme/substrate ratio and time[J]. Food and Bioproducts Processing, 2010, 88(2/3): 277-282.
- [12] PERIČIN D, RADULOVIC-POPOVIC L, VAŠTAG Ž, et al. Hydrolysis of protein isolate from hull-less pumpkin oil cake: Application of response surface methodology[J]. Food Chemistry, 2009, 115(2): 753-757.
- [13] 石晓浮,吟梅. 花生蛋白持水性研究[J]. 粮油加工,2006(9): 56-58.
- [14] 于明晓,郭顺堂. 挤压组织化对脱脂花生蛋白持水性和持油性的影响[J]. 食品工业科技,2007,28(1): 87-90.
- [15] 袁道强,郭书爱. 超高压对大豆分离蛋白乳化性影响[J]. 粮食与油脂,2009(12): 23-25.
- [16] 郭兴凤,石晶. 茶多酚对大豆蛋白乳化性和泡沫特性影响[J]. 粮食与油脂,2010(4): 12-14.
- [17] 柳艳霞,刘兴华,汤高齐. 籽用南瓜籽的营养与籽油的特性分析[J]. 食品工业科技,2005: 157-161.
- [18] GIAMI S Y. Effect of fermentation on the seed proteins, nitrogenous constituents, antinutrients and nutritional quality of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook)[J]. Food Chemistry, 2004, 88(3): 397-404.
- [19] 陈春佳,张宝琴. 大豆蛋白质NSI和PDI的检测方法比较[J]. 西部粮油科技,2000,25(5): 47-49.
- [20] 黄秀丽,庄东红,彭桂庄,等. 南瓜属4个栽培种子蛋白及电泳图谱的比较[J]. 汕头大学学报,2005,20(3): 54-59.
- [21] LI Quanhong, FU Caili. Application of response surface methodology for extraction optimization of germinant pumpkin seeds protein[J]. Food Chemistry, 2005, 92(4): 701-706.
- [22] 郭兴凤,张娟娟,慕运动,等. RSM优化碱性蛋白酶提取米渣中蛋白质的工艺条件[J]. 中国粮油学报,2010,25(2): 7-10.
- [23] 王世平. 食品理化检验技术[M]. 北京: 中国林业出版社,2009: 97-99.
- [24] 孙远明,余群力. 食品营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社,2002: 46-65.
- [25] 王凤翼,钱方. 大豆蛋白生产与应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社,2004: 56-222.
- [26] CUMBY N, YING Zhong, NACZK M, et al. Antioxidant activity and water-holding capacity of canola protein hydrolysates[J]. Food Chemistry, 2008, 109(1): 144-148.
- [27] 迟玉杰,朱秀清. 大豆蛋白加工技术[M]. 北京: 科学出版社,2008: 115-122.
- [28] 阚建全. 食品化学[M]. 北京: 中国农业大学出版社,2002: 145-201.