

菊糖米糕的工艺及感官质构评定

汪名春¹,刁苏晨¹,朱培蕾²,周裔彬¹,杜先锋^{1,*}

(1.安徽农业大学茶与食品科技学院食品科学与工程系,安徽合肥 230036;

2.安徽省农业科学院园艺研究所,安徽合肥 230031)

摘要:为了改善传统米糕的质构性状及其营养品质,尝试将菊糖添加到米糕中。通过单因素和 $L_9(3^4)$ 正交实验研究了加水量、糯米粉和粳米粉配比以及菊糖添加量等因素对感官评价和质构分析(Texture Profile Analysis, TPA)等相关指标的影响,并进一步研究了菊糖米糕的感官评价和TPA有关指标之间的相关性。研究表明:菊糖米糕的最优工艺条件为加水量57.5%、糯米粉与粳米粉配比3:2(g/g)、菊糖添加量3%;菊糖米糕的硬度、粘性和咀嚼性等TPA指标与感官评价的相应指标间具有良好的相关性,提示质构分析是菊糖米糕品质评价的一种有效方式。

关键词:菊糖,米糕,质构分析,感官分析,相关分析

Study on production technology and sensory texture evaluation of inulin rice-cakes

WANG Ming-chun¹, DIAO Su-chen¹, ZHU Pei-lei², ZHOU Yi-bin¹, DU Xian-feng^{1,*}

(1.Department of Food Science and Engineering, College of Tea and Food technology,

Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2.Institute of Horticulture, Academy of Anhui Agricultural Science, Hefei 230031, China)

Abstract: Inulin was used to improve the texture properties and nutritional quality for rice-cakes. Single-factor and orthogonal experiments were used to explore the effect of moisture content, ratio of the two rice flour, as well as appropriate amount of inulin on sensory analysis and texture profile analysis (TPA), and the further study was conducted to investigate the correlation between sensory analysis and TPA. The results indicated that the optimal conditions for these four parameters were 57.5%, 3:2 (g/g) and 3%, respectively. It was found that there was a closely correlative relationship between sensory evaluation and TPA indexes including hardness, cohesiveness and chewiness, which suggested that TPA was an effective way to evaluate the quality of inulin rice-cakes.

Key words: inulin; rice-cakes; texture analysis; sensory assessment; correlation analysis

中图分类号: TS213.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)11-0251-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.11.043

近年来,随着食品工业的迅猛发展,功能性糖类添加剂已经成为食品工业领域的重要组成部分和研究热点。同时非淀粉多糖如 β -葡聚糖、黄原胶和果胶等作为功能性糖类添加剂在淀粉基食品中的应用也日益广泛。大量的研究表明,非淀粉多糖能影响淀粉的热力学性质和流变学特性,从而改变和控制淀粉基食品的质构,改善其保水性和冻融稳定性,抑制贮藏期间淀粉的老化以及保持贮藏期间产品质量等功能特性^[1-2]。

菊糖(Inulin),又名菊粉,是由D-果糖经 β -(1-2)连接而成的线性非淀粉多糖,聚合度(DP)为2~100,是一种水溶性很好的膳食纤维^[3]。与一般的非淀粉多糖相比,菊糖添加到食品中不仅能改善其质构性状,提高其加工性能,而且由于菊糖具有促进肠道排

空和益生菌生长、减肥、增强免疫力以及促进矿物质吸收等生理功能,因此其还是一种功能性食品原料,可以提高食品的营养价值^[4-5]。此外,最新研究发现菊糖具有降低粪臭素、影响下丘脑神经元以及保护脏器氧化等特殊生理功能^[6],且其与水混合后形成的奶油状结构可以在食品中替代脂肪,可以作为脂肪替代剂^[7]。2009年原卫生部发布了第5号公告,正式批准菊糖为一种新食品原料。

目前,菊糖在淀粉基食品中的应用研究主要集中在菊糖对面团、面包、面条以及馒头等面粉类食品的特性和品质影响方面^[8-13],而有关菊糖在米粉类食品中的应用研究还鲜见报道。为此,本研究在传统米糕制作的基础上,为了改善其质构性状和提高其营养品质,尝试将菊糖添加到传统米糕中,通过单因

收稿日期:2014-10-11

作者简介:汪名春(1982-),男,博士,讲师,研究方向:食品化学与营养;农副产品深加工。

*通讯作者:杜先锋(1963-),男,博士,教授,研究方向:农产品精深加工及副产物综合利用;谷物化学。

基金项目:安徽省自然科学基金(1408085QC58);国家自然科学基金(31271960,31471700)。

表2 菊糖米糕的评分标准

Table 2 Sensory evaluation standards of inulin rice-cakes

评价指标	分值 (分)	评分标准		
		好	中	差
硬度	20	软硬适中 15~20分	稍软或稍硬 9~15分	过软或过硬 9分以下
粘性	20	不粘牙 15~20分	稍粘牙 9~15分	较粘牙 9分以下
咀嚼性	20	咀嚼时间适中 15~20分	咀嚼时间稍长 9~15分	咀嚼时间过长 9分以下
米糕风味	30	有香气,甜度适中 20~30分	香气不足,稍甜或甜度稍低 10~20分	无明显香气,过甜或者不甜 10分以下
完好性	10	结构均匀细腻,无塌陷,不掉屑 7~10分	结构较均匀,稍掉屑或塌陷 5~7分	结构不均匀,塌陷或掉屑严重 5分以下
整体评分	100	完全接受 81~100分	一般接受 61~80分	不可接受 40~60分

素和正交实验设计来探究菊糖米糕的最佳工艺条件,在此基础上研究了菊糖米糕感官评价和质构测试(Texture Profile Analysis, TPA)有关指标之间的相关性,以期为菊糖米糕的开发应用和品质评价提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

菊糖(平均聚合度20,纯度 $\geq 90\%$) 南京奥多福尼生物科技有限公司;糯米和粳米 产地为黑龙江省;直链淀粉和支链淀粉标准品 Sigma公司;白砂糖以及铝制模具(5cm \times 3.5cm \times 1.7cm) 市售产品。

TA-XTplus型物性仪 英国 Stable Micro Systems公司;V-1600型紫外可见分光光度计 上海美普达仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 米粉直链淀粉和支链淀粉含量的测定 参照文献[14]和[15]的方法,采用双波长分光光度法分别测定两种米粉中直链淀粉和支链淀粉含量。

1.2.2 米糕制作的基本工艺流程 米糕制作工艺参考文献[16],具体工艺流程如下:将糯米和粳米打磨成粉,过80目分样筛,收集过筛后样品备用。按照一定的比例称取实验所需要的米粉(总质量为25g)并在其中加入20%白砂糖和适量的饮用水后反复搓揉,待搓揉充分后用模具压制成型,放入蒸锅中置沸水中蒸煮15min。取出的米糕立即用保鲜膜封好,防止表皮风干开裂,影响实验结果测定。待米糕冷却至室温即可进行后续测试。

1.2.3 水的添加量优化 实验分五组,水的添加量依次分别为米粉总质量的55%、57.5%、60%、62.5%、65%。其中白砂糖添加量为米粉总质量的20%,糯米粉与粳米粉的配比为3:2。以塌陷度为考察指标,实验平行三次取平均值。

1.2.4 糯米粉与粳米粉混合配比优化 实验分四组,糯米粉与粳米粉的配比依次分别为4:1、3:1、3:2、3:3。其中白砂糖添加量为米粉总质量的20%,加入水的质量为米粉总质量的60%。以TPA测试结果为

考察指标,实验平行三次取平均值。

1.2.5 菊糖添加量优化 实验分四组,菊糖添加量依次分别为米粉总质量的1%、3%、5%、7%。其中白砂糖添加量为米粉总质量的20%,糯米粉与粳米粉的配比为3:2,加入水的质量为米粉总质量的60%。以TPA测试结果为考察指标,实验平行三次取平均值。

1.2.6 正交实验优化 在单因素实验的基础上,选择加水量、糯米粉与粳米粉配比以及菊糖添加量三个因素进行 $L_9(3^4)$ 正交实验,正交实验因素水平设置见表1。

表1 正交实验因素水平表

Table 1 Coded levels for independent variables used in orthogonal array design

水平	因素			空列
	A 糯米粉与粳米粉的配比	B 加水量 (%)	C 菊糖添加量 (%)	
1	3:1	55	0	1
2	3:2	57.5	1	2
3	3:3	60	3	3

1.2.7 感官评定 菊糖米糕的感官评定采用风味剖析法^[17]。招募16名食品专业的学生(男女各半),经过感官评价训练后,在室温下,对米糕的硬度、粘性、咀嚼性、米糕风味等进行感官评定,呈送和品评顺序随机。每个测试样品得分在去掉最高分和最低分后取算术平均值。评分标准见表2。

1.2.8 质构仪分析 采用TPA测试模式,探头型号为P/36 R,实验前速度为2.0mm/s,实验速度为5.0mm/s,实验后速度为5.0mm/s,压缩程度30%,时间间隔10s,压缩次数2次,实验重复三次^[17]。TPA测试获得的质构参数如下:硬度(Hardness)、粘聚性(Adhesiveness)、弹性(Springiness)、粘性(Cohesiveness)、咀嚼性(Chewiness)、回复值(Resilience)。

表3 加水量对米糕质构的影响

Table 3 Effect of water amount on texture of rice-cakes

加水量(%)	<55	55	57.5	60	62.5	65
塌陷度(cm)	0	0	0	0	0.2 ± 0.05	0.5 ± 0.05
开裂程度	开裂严重	中度开裂	轻微开裂	无开裂	无开裂	无开裂

表4 米粉比例对米糕质构的影响

Table 4 Effect of rice powders ratio on texture of rice-cakes

米粉比例	硬度(g)	粘性(g)	咀嚼性(g)	回复值	弹性	粘聚性
4:1	984.80 ± 4.96 ^a	963.30 ± 94.88 ^a	920.73 ± 87.00 ^a	0.32 ± 0.00	0.96 ± 0.00	0.98 ± 0.10
3:1	1117.44 ± 19.39 ^a	1085.44 ± 86.54 ^a	1035.42 ± 74.92 ^a	0.34 ± 0.00	0.95 ± 0.01	0.97 ± 0.06
3:2	1618.08 ± 18.69 ^b	1489.35 ± 22.54 ^b	1412.62 ± 10.73 ^b	0.33 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.92 ± 0.02
3:3	1791.26 ± 119.60 ^c	1711.92 ± 65.77 ^c	1641.32 ± 80.18 ^c	0.34 ± 0.00	0.96 ± 0.01	0.96 ± 0.03

注:不同小写字母表示差异显著,表5同。

表5 菊糖添加量对米糕质构的影响

Table 5 Effect of inulin amount on texture of rice-cakes

添加量(%)	硬度(g)	粘性(g)	咀嚼性(g)	回复值	弹性	粘聚性
1	1210.03 ± 161.46 ^a	955.55 ± 118.45 ^a	814.97 ± 145.04 ^a	0.32 ± 0.00	0.85 ± 0.05	0.80 ± 0.02
3	1692.00 ± 78.88 ^b	1422.12 ± 138.54 ^b	1228.53 ± 222.44 ^b	0.32 ± 0.01	0.86 ± 0.07	0.84 ± 0.05
5	2217.01 ± 127.75 ^c	2023.24 ± 109.81 ^c	1912.11 ± 92.79 ^c	0.34 ± 0.01	0.95 ± 0.00	0.91 ± 0.03
7	2429.50 ± 59.14 ^c	2147.32 ± 96.30 ^c	1967.47 ± 192.49 ^c	0.34 ± 0.02	0.92 ± 0.05	0.88 ± 0.04

1.2.9 塌陷度的测定 塌陷度定义^[18]:以两块三角板相互垂直来测定煮熟前后米糕的高度,记录前后高度 h_1 、 h_2 ;塌陷度以 $\Delta h = h_1 - h_2$ 表示, Δh (cm) 愈小塌陷度愈低。

1.2.10 数据处理与分析 采用 SPSS17.0 对实验数据结果进行相关分析处理。

2 结果与分析

2.1 米粉中直链淀粉和支链淀粉含量

经测定,粳米粉中直链淀粉和支链淀粉含量分别为 14.70% 和 85.30%;糯米粉中直链淀粉和支链淀粉含量分别为 2.28% 和 97.72%。

2.2 加水量对米糕质构的影响

由表 3 中的数据可知,当加水量为 55%、57.5% 和 60% 时,制得的米糕没有出现塌陷现象,而加水量为 62.5% 和 65% 的米糕则呈现不同程度的塌陷,且米糕过粘,揉捏困难,难以成形,影响米糕的外观和口感。加水量 $\leq 57.5\%$ 时米糕整体出现不同程度的开裂现象,加水量高于 60% 时未出现开裂现象。因此,综合塌陷度和开裂程度两个指标,实验中加水量的最佳比例为 60%。

2.3 米粉比例对米糕质构的影响

由表 4 中数据可知,随着糯米粉比例的减少,粳米粉比例的增加,对米糕的回复值、弹性和粘聚性变化基本无影响,但硬度、粘性和咀嚼性在 4:1 和 3:1 时变化不显著 ($p > 0.05$),后来则呈显著上升趋势 ($p < 0.05$),这可能与米糕中直链淀粉含量的变化有关。陈能等研究表明^[19],稻米的直链淀粉含量与米饭的硬度、弹性等有着密切的关系。在本实验中,随着糯米粉比例的减少,粳米粉比例的增加,则米糕中直链淀粉含量也随之升高,从而导致米糕的质地变

硬,TPA 测试则表现为硬度、粘性和咀嚼性等指标上升。

本实验中,糯米粉与粳米粉比例为 4:1 时,制作过程中容易塌陷,难以成型。此外,TPA 测试结果表明,糯米粉与粳米粉比例为 4:1 和 3:1 时,两组米糕间的质构差异较小。且糯米粉与粳米粉的比例为 3:3 时,质构参数表现为硬度、粘度、咀嚼性的显著上升。因此,综合考虑成本及质构参数确定最佳的米粉配比为 3:2。

2.4 菊糖添加量对米糕质构的影响

由表 5 数据结果可知,当菊糖的添加量为 1% 和 3% 时,米糕的硬度、粘性和咀嚼性的 TPA 测试值相比添加菊糖量为 5% 和 7% 的米糕有明显下降 ($p < 0.05$),且这一下降趋势与菊糖的添加量呈正相关。当菊糖添加量进一步上升达到 5% 和 7% 时,变化不显著 ($p > 0.05$)。菊糖的添加量在 1% 和 3% 时,对米糕的回复值、弹性、粘聚性影响很小;但当添加量达到 5% 和 7% 时,米糕的回复值和弹性又明显上升。

由于菊糖具有很好的亲水性,当菊糖以一定的比例添加到淀粉基食品中时,菊糖分子间的氢键被破坏,菊糖分子吸水膨胀形成网状结构,淀粉颗粒填充于网状结构之中^[20-21],由此形成的米糕在质构上则表现为硬度、粘性和咀嚼性的下降。但是随着菊糖添加量的继续增加,菊糖分子间的相互作用持续增加,当增加到一定程度时,则相互缠绕形成结构紧密稳定的凝胶网状结构,米糕质构表现为硬度、粘性和咀嚼性的上升。因此,在本实验中,当菊糖添加量达 3% 时,米糕的硬度、粘度、咀嚼性适中,因此菊糖添加量在 3% 左右较为合适。

2.5 正交实验结果

在上述单因素实验的基础上,以感官分析和

表6 正交实验设计及结果
Table 6 Orthogonal array design and texture results

项目	因素			硬度(H)	粘性(G)	咀嚼性(C)	感官分(S)
	A	B	C				
1	1	1	1	3175.50	2801.21	2685.04	46.67 ± 1.53
2	1	2	2	1447.80	1368.57	1310.57	83.00 ± 2.65
3	1	3	3	2804.90	2565.71	2443.79	56.67 ± 2.08
4	2	1	2	2465.84	2382.59	2257.56	75.00 ± 3.00
5	2	2	3	2778.23	2520.38	2416.16	53.33 ± 3.06
6	2	3	1	1741.24	1699.24	1629.09	72.67 ± 2.52
7	3	1	3	3042.73	2614.23	2261.91	61.33 ± 3.21
8	3	2	1	3345.98	2451.76	1732.31	66.00 ± 3.61
9	3	3	2	2603.73	2065.67	1961.95	66.33 ± 1.53
H ₁	2476.07	2894.69	2754.24				
H ₂	2328.43	2524.00	2172.46				
H ₃	2997.48	2383.29	2875.29				
R _H	669.05	511.40	702.83				
G ₁	2245.16	2599.34	2317.40				
G ₂	2200.74	2113.57	1938.94				
G ₃	2377.22	2110.21	2566.77				
R _G	176.48	489.14	627.83				
C ₁	2146.46	2401.50	2015.48				
C ₂	2100.94	1819.68	1843.36				
C ₃	1985.39	2011.61	2373.95				
R _C	161.08	581.82	530.59				
S ₁	59.00	61.00	55.67				
S ₂	67.00	74.00	71.67				
S ₃	64.67	55.67	63.33				
R _S	8.00	18.33	16.00				

TPA 测试中的硬度、粘性和咀嚼性等作为评价指标,对影响米糕质构的3个因素,包括加水量、糯米粉与粳米粉配比以及菊糖添加量等,采用 L₉(3⁴) 正交实验设计对米糕制作的工艺条件进行了优化,正交实验设计及结果如表6所示。

根据表6中的极差分析结果可以发现,菊糖添加量对米糕的硬度、粘性影响最大,而加水量主要影响米糕的咀嚼性。由于硬度、粘性和咀嚼性与产品的品质之间呈负相关,因此根据极差的大小对各因素对米糕质构的影响进行主次排列可以得到:硬度, C > A > B, 最优组合条件为 A₂B₃C₂; 粘性, C > B > A, 最优组合条件为 A₂B₃C₂; 咀嚼性, B > C > A, 最优组合条件为 A₃B₂C₂; 感官评价, B > C > A, 最优组合条件为 A₂B₂C₂。

对于硬度、粘性和咀嚼性这三项 TPA 指标,在 B₂ 和 B₃ 这两个水平下实验所获得的数据间差异较小,说明 57.5% 和 60% 的水分添加量对米糕硬度、粘性和咀嚼性的影响差异较小。因此,综合正交实验 TPA 测试结果及感官分析结果,确定最优组合条件为 A₂B₂C₂, 即实验所得最佳米糕制作工艺条件为:加水量 57.5%, 糯米粉与粳米粉的配比 3:2, 菊糖添加量 3%。

2.6 米糕质构的感官评价指标与 TPA 指标的相关性分析

将表6和表7中的硬度、粘性及咀嚼性等各三项指标作为独立的因子,用 SPSS17.0 软件进行相关性统计分析,结果见表8。从相关系数的值可以看出,感官硬度分别与 TPA 中的硬度和粘性两项指标在 0.01 的水平上极显著相关($p < 0.01$),与其咀嚼性指标在 0.05 的水平上显著相关($p < 0.05$)。感官粘性分别与 TPA 中的粘性和咀嚼性两项指标在 0.01 的水平上极显著相关($p < 0.01$),感官粘性 with TPA 硬度指标在 0.05 的水平上显著相关($p < 0.05$); 感官咀嚼性与 TPA 中的咀嚼性指标在 0.01 的水平上极显著相关($p < 0.01$),感官咀嚼性与 TPA 中的粘性在 0.05 的水平上显著相关($p < 0.05$),与 TPA 硬度指标无显著相关性。

表8 米糕感官评价指标与 TPA 指标的相关性分析

Table 8 Correlation between sensory evaluation and TPA of rice-cakes

项目	感官硬度	感官粘性	感官咀嚼性
硬度(H)	-0.921 **	-0.687 *	-0.589
粘性(G)	-0.901 **	-0.844 **	-0.746 *
咀嚼性(C)	-0.748 *	-0.921 **	-0.867 **

注:** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

以 TPA 的 3 个指标作为自变量 x, 感官指标中对

表7 正交实验感官评定结果

Table 7 Orthogonal array design with sensory score

序号	感官硬度	感官粘性	感官咀嚼性	米糕风味	完好性	感官评分
1	10.00	9.33	10.00	10.00	7.33	46.67 ± 1.53 ^a
2	19.00	19.33	18.00	19.00	7.67	83.00 ± 2.65 ^{ab}
3	9.67	10.00	9.00	18.33	9.67	56.67 ± 2.08 ^{bc}
4	15.00	14.67	15.67	19.67	10.00	75.00 ± 3.00 ^{cd}
5	9.33	8.67	9.00	19.00	7.33	53.33 ± 3.06 ^{de}
6	16.00	16.00	15.67	15.00	10.00	72.67 ± 2.52 ^{de}
7	10.33	10.00	11.33	18.33	10.67	61.33 ± 3.21 ^{ef}
8	10.00	15.67	16.00	15.33	9.00	66.00 ± 3.61 ^f
9	12.67	13.33	13.00	18.33	9.00	66.33 ± 1.53 ^g

注:不同小写字母表示差异显著。

应的3个指标为因变量y,进一步进行逐步回归分析,变量入选F值的显著水平为0.05。回归分析结果见表9。从表中可以看出,p值(Sig)显著水平为0.01。感官硬度和硬度、感官粘性和粘性、感官咀嚼性和咀嚼性均得到最优回归方程,其显著性经检验均具有统计学意义($p < 0.01$)。方程决定系数 R^2 分别为0.847、0.713、0.751。

表9 米糕的感官评定与质构分析的回归分析

Table 9 Regression model between sensory evaluation and texture analysis of rice-cakes

指标	复相关系R	决定系数 R^2	Sig	预测模型
硬度(H)	0.921	0.847	0.000	$y = -0.005x + 25.477$
粘性(G)	0.844	0.713	0.004	$y = -0.007x + 28.064$
咀嚼性(C)	0.867	0.751	0.002	$y = -0.007x + 26.705$

注:y是感官评定指标,x是仪器分析指标。

以上结果与李丹丹^[22]、李雪琴^[23]和邓曼莉^[24]等人的研究结果相一致,表明感官评价结果与仪器分析结果之间存在良好的相关性。本研究中菊糖米糕的硬度、粘性和咀嚼性等TPA指标可以很好的反映其感官质构,提示TPA测试是菊糖米糕品质评价的一种有效方式。

3 结论

通过单因素和正交设计实验对菊糖米糕的制作工艺条件进行了优化研究,得到的最佳工艺参数为加水量57.5%,糯米粉和粳米粉的比例3:2,菊糖添加量3%。在此工艺条件下制作的菊糖米糕香甜适口,口感软硬适中,同时还具有菊糖本身所具有的功能特性。此外,相关性分析结果显示菊糖米糕的硬度、粘性和咀嚼性等TPA指标可以很好的反映其感官质构,说明TPA测试是菊糖米糕品质评价的一种有效方式。

菊糖米糕的最大特点是在于菊糖的添加而赋予的功能营养特性,因此其可以作为一种营养健康的休闲食品进行生产开发。本研究获得的菊糖米糕工艺参数将对其工业化生产应用提供重要参考和理论依据,但是由于实验室小试与中试及工厂实际大生产在仪器设备和工艺技术上的很大差别,因此在进

行菊糖米糕的工厂化生产应用方面还需要根据实际情况进行工艺参数的调整优化。

参考文献

- [1] Heyman B, Vos De W H, Depypere F, et al. Guar and xanthan gum differentially affect shear induced breakdown of native waxy maize starch[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 35: 546-556.
- [2] Banchathanakij R, Suphantharika M. Effect of different β -glucans on the gelatinisation and retrogradation of rice starch[J]. Food Chemistry, 2009, 114(1): 5-14.
- [3] Apolinário A C, de Lima Damasceno B P G, de Macêdo Beltrão N E, et al. Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical rechnology [J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 101: 368-378.
- [4] Morris C, Morris G A. The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review[J]. Food Chemistry, 2012, 133(2): 237-248.
- [5] Barclay T, Ginic-Markovic M, Cooper P, et al. Inulin: A versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses [J]. Journal of Excipients and Food Chemicals, 2010, 1(3): 27-50.
- [6] 李雨露, 刘丽萍, 佟丽媛. 菊粉的特性及在食品中的应用[J]. 食品工业科技, 2013(13): 392-394.
- [7] 曾小宇, 罗登林, 刘胜男, 等. 菊糖的研究现状与开发前景[J]. 中国食品添加剂, 2010(4): 222-227.
- [8] Peressini D, Sensidoni A. Effect of soluble dietary fibre addition. on rheological and breadmaking properties of wheat doughs[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 49(2): 190-201.
- [9] Hager A, Ryan L A M, Schwab C, et al. Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread[J]. European Food Research and Technology, 2011, 232(3): 405-413.
- [10] Pointot P, Arvisenet G, Grua-Priol J, et al. Influence of inulin on bread: Kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1474-1484.
- [11] Aravind N, J Sissons M, M Fellows C, et al. Effect of inulin soluble dietary fibre addition on technological, sensory, and

structural properties of durum wheat spaghetti [J]. Food Chemistry, 2012, 132(2): 993-1002.

[12] Manno D, Filippo E, Serra A, et al. The influence of inulin addition on the morphological and structural properties of durum wheat pasta [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(11): 2218-2224.

[13] 李丹丹, 周杰, 张静, 等. 菊糖对馒头品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(32): 20047-20049.

[14] 范明顺, 张崇玉, 张琴, 等. 双波长分光光度法测定高粱中的直链淀粉和支链淀粉[J]. 中国酿造, 2008, 21: 85-87.

[15] 戴双, 程敦公, 李豪圣, 等. 小麦直支链淀粉和总淀粉含量的比色快速测定研究[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(3): 442-447.

[16] 纪莹. 传统米制松糕的货架期预测模型研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007: 20-21.

[17] 唐敏敏. 黄原胶对大米淀粉回生性质的影响及其机理初

探[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 17-18.

[18] 袁博. 冷冻冷藏糯性粉团米制品抗老化特性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 13-14.

[19] 陈能, 罗玉坤, 朱智伟, 等. 优质食用稻米品质的理化指标与食味相关性研究[J]. 中国水稻科学, 1997, 11(2): 70-76.

[20] 马越, 谢国莉, 陈红梅, 等. 菊粉对苦荞麦流变学特性改善作用的研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(7): 40-41, 49.

[21] 罗登林, 许威, 陈瑞红, 等. 菊粉溶解性能与凝胶质构特性实验[J]. 农业机械学报, 2012(3): 118-122.

[22] 李丹丹, 李汴生, 阮征. 凝胶软糖质构特性的感官评定与仪器分析研究[J]. 食品工业, 2011(7): 47-49.

[23] 李雪琴, 葛静静, 谢沁, 等. 饺子皮感官品质和质构品质关系的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2012, 33(4): 1-4.

[24] 邓曼莉, 徐学明. 比萨饼皮的感官评定与质构分析[J]. 食品工业科技, 2008, 29(4): 137-140.

(上接第 201 页)

3 结论

本文研究了以鱼白和豆粕混合进行固态发酵制备蛋白粉的工艺研究, 不仅为水溶性蛋白粉的制备提供了新的思路, 而且为鱼类副产物的综合利用和高值化开发打下基础。通过此方法制备的蛋白粉, 为色泽均一的淡黄色粉末, 无结块和杂质, 且无鱼腥和异味, 具有很好的利用价值。

制备的蛋白粉中水溶性蛋白质和酸溶蛋白含量均较高, 其中水溶蛋白提取率可以达到 91.86%, 酸溶蛋白提取率可以达到 57.25%。蛋白粉中氨基酸含量为 49.22g/100g, 人体必需氨基酸尤其是赖氨酸含量有所增加, 可见所制备的水溶性蛋白粉是一种高品质蛋白丰富的产品, 可以作为一种蛋白肽用于水产养殖饲料添加剂, 并在工艺成熟的条件下开发人体营养补充剂, 使市场现有的蛋白粉种类更加丰富。

参考文献

[1] 俞加林. 鱼精: 值得开发的药用新资源[J]. 中国海洋药物, 1994, 13(2): 51-52.

[2] 上官新晨, 蒋艳, 沈勇根, 等. 鱼精的研究与开发[J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2003, 25(5): 742-746.

[3] 王梦鹤, 刘凤之, 刘宇峰. 鱼精核蛋白的开发利用[J]. 食品科学, 1992, 10(10): 18-20.

[4] 肖玲, 龚月生. 热处理对豆粕品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2000(4): 23-25.

[5] 春林陈, 喜斌, 于炎湖, 等. 大豆中抗营养因子及其处理方法[J]. 饲料工业, 2000, 9: 12-14.

[6] Ito M, Kato T, Matsuda T. Rice allergenic proteins, 14-16 kDa Albumin and alpha-globulin, remain insoluble in rice grains recovered from rice miso (Rice-containing fermented soybean

Paste) [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2005, 69(6): 1137-1144.

[7] 陈钧辉. 生物化学实验(第四版)[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

[8] 汪东风. 食品化学实验和习题[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2008.

[9] Zhang H, Wang Z Y, Yang X, et al. Determination of free amino acids and 18 elements in freeze-dried strawberry and blueberry fruit using an Amino Acid Analyzer and ICP-MS with micro-wave digestion[J]. Food Chemistry, 2014, 147: 189-194.

[10] 刘雪花, 欧阳裕文, 杨博, 等. 多菌株固态发酵豆粕生产高蛋白饲料的工艺优化[J]. 广东农业科学, 2011(5): 125-127, 144.

[11] 吴现芳, 赵成爱, 余梅燕, 等. 响应面法优化八宝景天叶总黄酮的超声提取工艺[J]. 食品工业科技, 2013(1): 224-228.

[12] Joglekar A M, May A T. Product excellence through design of experiments[J]. Cereal Foods World, 1987, 32(12): 857.

[13] Wang X, Wu Q, Wu Y, et al. Response surface optimized ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from Sparganium rhizoma and evaluation of their *in vitro* antioxidant activities [J]. Molecules, 2012, 17(6): 6769-6783.

[14] 李富华, 夏春燕, 刘燕妮, 等. 响应面法优化蜂胶黄酮提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 20: 226-230.

[15] 徐秀泉, 许源, 汤建, 等. 响应面法优化金莲花总黄酮的超声提取工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 14: 35-38.

[16] 刘春强, 肖鉴谋, 刘太泽. 应用响应面法优化超声波提取荆芥中总黄酮的工艺[J]. 南昌大学学报: 工科版, 2011, 33(2): 149-155.