

添加荞麦多肽粉对面团流变学特性的影响

黎金, 张国权

(西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 将不同水解条件下得到的荞麦多肽粉按不同浓度梯度分别添加到强筋和弱筋面粉中, 探讨荞麦多肽粉对面团流变学特性的影响。结果表明: 添加不同量荞麦多肽粉的面团, 吸水率均随荞麦多肽粉添加量的增加而不断降低, 当超过 8% 添加量后, 吸水率受到的影响较小; 面筋的含量随着荞麦多肽粉添加量的增加呈现先增加后减小的趋势; 面团形成时间和稳定时间随荞麦多肽粉添加量的增加均呈先减小后增加的趋势, 弱化度呈上升趋势, 评价值也呈现一直增加的趋势。从拉伸特性来看, 随着荞麦多肽粉添加量的增加, 面团的延伸性变好, 拉伸阻力在高浓度添加量的情况下比原面粉大, 拉伸能量则呈现一直增加的趋势。总体而言, 添加荞麦蛋白粉及其多肽粉对面团粉质及拉伸特性均具有促进作用。

关键词: 荞麦; 多肽; 面团; 流变学特性

文章编号: 1673-9078(2010)1-38-5

Effect of Buckwheat Peptides on Dough Rheological Properties

LI Jin, ZHANG Guo-quan

(College of food science & engineering, Northwest A & F university, Yangling 712100, China)

Abstract: Buckwheat peptides were achieved by hydrolysis and added to strong gluten and weak gluten flour to explore its effect on dough rheological properties. The results showed that the higher buckwheat peptide powder content, the lower water absorption rate. However, further increase in the buckwheat peptide above 8% showed little effect on increase of water absorption rate. During the increase of buckwheat peptide content, gluten content showed an increase and then decrease tendency; dough forming time and stability time decreased first and then rose; weakening level increased; and evaluation value also increased. As to extenograph properties, increase of the buckwheat peptide powder content improved the extensibility, the extension resistance, and the extension energy. So buckwheat protein or buckwheat peptide had a positive effect on farinograph and extenograph properties.

Key words: buckwheat; peptides; dough; rheological properties

面团流变学特性属于面团的物理特性, 它与加工过程中面团的滚揉、发酵以及机械加工直接相关, 能够很好反映面粉的食品加工品质。粉质参数和拉伸参数是反映面团流变学特性的重要指标, 且二者之间具有很好的相关性。高筋粉面团本身具有良好的流变学特性, 同时, 为了丰富面条新品种、或赋予传统面条的保健功能, 一些研究者尝试用适量黑米、香菇、魔芋粉、绞股蓝、大豆膳食纤维等添加于面粉中, 制备各具特色的面条^[1-3]。由于添加物组成、性质及其与面粉中各成分之间复杂的相互作用, 会直接影响到面团的流变学特性。本试验旨在两种不同等级的面粉中添加荞麦多肽粉, 探讨荞麦多肽粉对面团流变学特性的

收稿日期: 2009-9-15

基金项目: 西北农林科技大学博士启动基金 (2007); 陕西省科技攻关项目 (2008G01-02)

作者简介: 黎金(1983-), 女, 在读硕士, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程

影响, 为荞麦多肽在面制食品加工中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

荞麦蛋白(蛋白质含量为 48.70%, 宁夏泽发荞麦制品有限公司); 碱性蛋白酶(酶活力>10000 U/g, 实测 105 U/g, 润德生物制剂公司); 面粉(西农 979, 小偃 22, 西北农林科技大学农作一站实验田 2008 年产的小麦, 收获后制粉备用)。

1.2 主要设备

可携式色彩色差计(日本美能达公司); 瑞典 Perten 8620 型近红外谷物品质分析仪(瑞典 Perten 公司); T203 分析天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司); 恒温干燥箱(杭州蓝天化验仪器厂); Branbender 粉质仪和拉伸仪(德国 Brabender 公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 荞麦多肽粉制备工艺

用商品荞麦蛋白作为底物，以多肽含量为指标得出的最佳工艺条件水解荞麦蛋白，即酶解条件为：底物浓度 5.77%，水解时间 2.72 h，加酶量 3999.98 U/g 蛋白，温度 60 ℃，pH 9.5。100 ℃灭酶 15 min，冷却，浓缩干燥，粉碎后储藏备用。

1.3.2 面粉色度分析

采用便携式彩色色差计进行检测。彩色色差计中的 L*表示亮度和白度，值越大则越亮越白；a*表示红度，值越大则越红；b*表示黄度，值越大则越黄。本试验只采用 L*值作为色泽的参考标准。

1.3.3 面粉蛋白含量和水分含量测定

蛋白质的定量测定参照张水华方法^[4]，水分含量测定采用近红外谷物品质分析仪。

1.3.4 沉降值的测定

按 GB/T15685-1995 沉降值测定方法测定。

1.3.5 湿面筋含量测定

按 GB/T14608-93 水洗法测定。

1.3.6 粉质参数测定

按 GB/T14614-93 规定，采用 300 g 试样的恒定面粉重量法。

1.3.7 拉伸参数测定

按 GB/T14615-93 规定，采用 300 g 试样的恒定面粉重量法。

1.3.8 试验方案

将荞麦多肽粉按 0、2.0%、4.0%、6.0%、8.0%、10.0%的浓度梯度分别添加到西农 979 面粉和小偃 22 面粉中，对照组为添加了 10.0%未经水解的荞麦蛋白粉。

2 结果与分析

2.1 添加荞麦多肽粉对面粉色泽的影响

表 1 荞麦多肽粉添加量对西农 979 和小偃 22 面粉白度的影响

多肽添加量/%	0	2	4	6	8	10	对照
西农 979	93.18	90.51	88.35	86.51	86.11	85.85	90.89
小偃 22	92.36	89.95	87.98	86.52	85.91	84.51	90.11

注：对照组为添加了 10.0%未经水解的荞麦蛋白粉，下同。

面粉及其制品白度是重要的小麦品质指标，在面条、馒头、饺子等蒸煮食品的评价指标中，占总评分的 30%^[5]。研究发现^[6-8]，在面粉中加入增白剂如过氧化苯甲酰（BPO）可有效地改善面粉的白度，但长期食用含 BPO 的食品会增加肝脏的负担，导致慢性中毒。同时还会破坏维生素 A、E 等的吸收张源（2009）

研究了抗坏血酸（Vc）增强面粉及其制品的白度效果，以面粉色泽较差的 10 个小麦品种为材料，测其面片色泽，并与对照（未加 Vc）对比，结果显示 Vc 对改良面片色泽有一定作用，加入 Vc 可延缓面粉褐变的程度，明显改善面条色泽^[9]。

利用色差计 L*（从黑到白，0~100）可以评价面粉的白度。从表 1 可看出，随着荞麦多肽粉添加量的增加，面粉色度加深，L*逐渐减小，面粉从白逐渐变暗。由于荞麦蛋白样品中富含淀粉，所以制备荞麦蛋白多肽粉过程中很容易发生美拉德反应等褐变反应，制备出来的荞麦多肽粉一般色泽较深，将其添加到面粉中，将直接影响面粉的表观色泽。

2.2 添加荞麦多肽粉对面粉基本理化性质的影响

添加荞麦多肽粉对西农 979、小偃 22 面粉基本特性的影响见表 2、表 3。

表 2 添加荞麦多肽粉对西农 979 面粉基本特性的影响

Table 2 Effect of buckwheat peptide powder content on main properties of Xinong 979 flour

添加量(%)	蛋白含量 (%)	水分(%)	沉降值	面筋指数 (%)	面筋含量 (%)
0	12.0	15.1	50.5	95.8	30.7
2	12.1	15.6	49.0	92.7	33.7
4	12.1	15.6	45.0	93.1	33.2
6	12.2	15.6	41.5	96.9	28.8
8	12.3	15.6	35.5	97.4	27.9
10	12.5	15.5	34.0	96.9	27.3
对照	13.7	15.1	35.5	96.1	28.8

表 3 添加荞麦多肽粉对小偃 22 面粉基本特性的影响

Table 3 Effect of buckwheat peptide powder content on main properties of Xiaoyan 22 flour

添加量 (%)	蛋白含量 (%)	水分 (%)	沉降值	面筋指数 (%)	面筋含量 (%)
0	12.7	12.9	28.0	94.9	33.5
2	12.7	12.8	27.5	97.0	34.7
4	12.8	14.9	25.0	92.4	32.9
6	12.9	14.9	23.0	93.3	31.4
8	13.0	14.7	22.0	92.9	29.6
10	13.8	14.5	21.5	88.5	30.6
对照	14.9	14.3	23.0	91.0	29.6

从表 2、表 3 可以看出，随着荞麦多肽粉的添加，西农 979 和小偃 22 面粉的蛋白含量呈增加趋势。由于荞麦多肽粉的粗蛋白含量为 43.487%，未水解的荞麦蛋白粉的粗蛋白含量为 48.70%，所以添加 10.0%未水解荞麦蛋白粉的面粉蛋白含量比添加 10.0%荞麦多肽

粉的面粉粗蛋白含量高。

沉降值是衡量面筋含量和品质的综合指标,其值越大,品质越好。一些国家根据沉降值大小将面粉分为强、中、弱三级,强力粉沉淀值大于 45 mL,中力粉为 30~45 mL,弱力粉小于 30 mL。从表 2、表 3 可以看出,西农 979 为强力粉,小偃 22 属于弱力粉。随着荞麦多肽粉的添加,面粉沉降值呈减小趋势,这表明荞麦多肽粉的添加对沉降值没有产生有效的促进作用。

面筋含量常正比于面粉的蛋白质含量,但在面粉中添加其它物质(植物蛋白或淀粉)时这种比例关系将被破坏。化学、电泳、免疫学研究及流变学测试表明,荞麦醇溶蛋白不具有小麦面筋的性质^[10],所以荞麦多肽粉或荞麦蛋白粉的添加不能增加面粉的面筋含量。随着荞麦多肽粉添加比例的增加混合面粉中的面筋含量减少,主要是由于荞麦多肽粉稀释了面粉中的面筋含量,但是其减少量没有呈正比例关系,而是出现先增加后减小趋势。另外,荞麦多肽具有良好的溶解性,在洗面筋的过程中很容易被洗脱,所以也会引起面筋含量的下降。

2.3 添加荞麦多肽粉对粉质参数的影响

Kim Y H 等^[11]报道,面粉中的蛋白质含量越高面粉吸水率越大。钱海峰(2006)研究发现,大豆蛋白粉的添加对面粉的吸水率增加值的影响从大到小依次为:分离蛋白>活性脱脂粉>活性全脂粉>灭酶脱脂粉>灭酶全脂粉,随 NSI(氮溶指数, Nitrogen Solubility Index)值增加而增加($r=0.869$, $p<0.001$),相同种类的大豆蛋白粉,随添加量增加,面粉吸水量也相应增加,可以认为高 NSI 值的大豆蛋白质在亲水性方面表现出特定的功能特性^[12]。

陶健等(2005)对荞麦蛋白的功能特性研究结果表明,荞麦蛋白在强酸性和偏碱性环境中具有最大的溶解度,在等电点 pH 值为 3.8 附近的溶解度最低,在温度 4~80 °C 时的溶解度均在 90% 左右,表现出较高的溶解度,加入 NaCl 或蔗糖,会使荞麦蛋白的溶解度轻微降低^[13]。Feliciano P 等(1999)也认为荞麦蛋白浓缩物也具有高度的溶解性和极好的乳化作用^[14]。

荞麦多肽粉与蛋白粉的添加,理论上会由于它的高 NSI 值和促使面粉中的蛋白质含量增加而吸水率也相应增加。鉴于荞麦多肽粉的组成过于复杂,它的添加导致面团吸水率下降的原因仍需进一步研究。

添加荞麦多肽粉对西农 979、小偃 22 面粉粉质参数的影响见表 4、表 5。由表 4、表 5 可知,面团吸水率均随荞麦多肽粉添加量的增加而不断降低,但大于

8% 的添加量,吸水率受到的影响较小。在不同类型面粉中,相同荞麦多肽粉添加量,面团的吸水率存在差异,这是面粉特性的差别所导致的。

面团形成时间短,表示面筋量少、质差。随着荞麦多肽粉的添加,面团的形成时间出现先减小后增加的趋势,可能少量的荞麦多肽粉在面团当中能起到疏松剂的作用,而适当的疏松作用有利于面筋蛋白吸水伸展使面团形成略有加快。但当荞麦多肽粉含量超过 2% 之后,荞麦多肽粉可延长面团形成时间,大于 4% 荞麦多肽粉的添加可改善面筋的质量。

表 4 添加荞麦多肽粉对西农 979 面粉粉质参数的影响

Table 4 Effect of different amount of buckwheat peptide powder on farinograph parameter of Xinong 979 flour

添加量	吸水率 (%)	形成时间 /min	稳定时间 /mi	弱化度 /BU	评价价值 (v.v.)
0	62.2	4.3	4.6	80	56
2	58.3	4.0	4.0	80	57
4	57.7	5.2	4.1	100	57
6	56.3	5.9	4.9	100	58
8	56	6.0	5.4	110	59
10	55.3	7.0	5.7	118	63
对照	56.7	6.2	5.5	90	59

表 5 添加荞麦多肽粉对小偃 22 面粉粉质参数的影响

Table 5 Effect of buckwheat peptide powder content on farinograph parameter of Xiaoyan 22 flour

添加量	吸水率 /%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/BU	评价价值 (v.v.)
0	61.3	2.9	2.1	140	41
2	58.5	2.3	1.9	140	41
4	57.7	3.0	1.9	160	44
6	56.7	3.6	2.1	168	44
8	55.7	3.7	2.5	140	45
10	55.7	4.1	3.3	150	50
对照	56.1	4.0	2.1	130	49

蛋白的肽链骨架上含有许多极性基团,这些极性基团同水分子之间的吸引力使蛋白质分子在与水分子接触时,很容易发生水化作用,表现出亲水性^[14]。随着荞麦多肽粉的添加,面团的稳定性呈先下降后增加趋势。面团稳定时间在荞麦多肽粉添加量超过 4% 后有升高趋势,这归因于荞麦蛋白良好的水分保持性能,改善了面团的耐机械作用程度。另外,荞麦多肽粉具有一定的黏度和较高的亲水性,高浓度的荞麦多肽粉的渗入可能均匀分布于面筋网络结构中,增强了它的致密度,改善其强度,稳定时间延长。

西农 979 面粉在荞麦多肽粉添加量为 2%时, 弱化度不发生任何变化。当添加量大于 2%时, 弱化度上升较快, 达到 4.0%时, 弱化度增大 25%。随着荞麦多肽粉浓度的增大, 强筋面粉的弱化度一直呈增加趋势, 而小偃 22 面粉则随着荞麦多肽粉的增加呈现先增强后减弱的趋势。荞麦多肽粉较高水平的添加在不同程度地削弱了原有的面筋网络结构。10%未经碱性蛋白酶水解的荞麦蛋白粉的添加增强了西农 979 面粉的弱化度, 而减弱了小偃 22 面粉的弱化度, 添加荞麦蛋

白粉对改善弱筋面粉品质更有利。

评价价值作为反映面团流变学特性的一个综合指标, 其值越大, 面团流变学特性越好。在西农 979 和小偃 22 面粉中, 无论添加荞麦多肽粉还是未水解的荞麦蛋白粉, 都能显著提高面团的评价价值。面团的评价价值随着荞麦多肽粉添加量的增加而增加。

2.4 添加荞麦多肽粉对拉伸参数的影响

添加荞麦多肽粉对西农 979、小偃 22 面粉拉伸参数的影响见表 6、表 7。

表 6 添加荞麦多肽粉对西农 979 面粉拉伸参数的影响

Table 6 Effect of buckwheat peptide powder content on extension parameter of Xinong 979 flour

添加量	拉伸长度/cm			拉伸阻力/BU			最大拉伸阻力/BU			拉伸能量(cm ²)		
	45 s	90 s	135 s	45 s	90 s	135 s	45 s	90 s	135 s	45 s	90 s	135 s
0	12.5	12.2	12.2	478	670	780	537	810	890	83.9	780	139
2	16.8	16.5	16.7	471	458	469	597	605	620	137	469	142
4	16.1	15.8	15.8	496	521	506	635	683	676	143	506	149
6	14.5	14.8	14.2	660	685	725	835	925	960	163	725	193
8	13.6	13.5	14.0	688	763	776	818	938	969	155	776	181
10	12.6	12.3	11.7	828	853	885	894	948	985	157	885	163
对照	15.3	14.8	12.9	599	655	753	771	875	910	162	753	171

表 7 添加荞麦多肽粉对小偃 22 面粉拉伸参数的影响

Table 7 Effect of buckwheat peptide powder content on extension parameter of Xiaoyan 22 flour

添加量	拉伸长度/cm			拉伸阻力/BU			最大拉伸阻力/BU			拉伸能量/cm ²)		
	45 s	90 s	135 s	45 s	90 s	135 s	45 s	90 s	135 s	45 s	90 s	135 s
0	22.2	-	-	112	-	-	127	-	-	35.1	-	-
2	19.7	-	-	128	-	-	140	-	-	39.9	-	-
4	21.7	21.3	21.6	163	184	195	173	201	210	56.0	62.9	64.6
6	20.9	19.6	19.2	190	239	282	201	249	290	61.4	69.2	79.8
8	19.8	18.8	19.0	259	324	357	280	352	389	80.8	126	104
10	21.7	20.3	20.0	300	377	388	326	430	438	109	129	125
对照	19.8	19.2	17.5	281	358	410	309	410	488	87.4	118	126

荞麦多肽及蛋白粉对西农 979、小偃 22 面粉面团拉伸特性的影响如表 6、表 7 所示。在延伸性方面, 对于弱力面粉小偃 22 来说, 添加荞麦多肽粉对面团延伸性的影响不明显。与西农 979 原面粉相比, 添加 2%~8%的荞麦多肽粉, 面团的拉伸长度增加, 且随着添加量的增加, 面团的延伸性逐渐降低。

添加荞麦多肽粉对面团抗拉伸阻力影响显著。当加入量较低时, 小麦粉与荞麦多肽粉混合后, 荞麦多肽粉在搅拌中可能与面筋中麦胶蛋白以疏水方式反应, 与面筋麦谷蛋白连接, 形成麦胶蛋白-荞麦蛋白-麦谷蛋白复合体, 这种复合体损害了面筋的功能特性, 从而减弱了面团的抗拉伸性能。当加入量较高时, 荞麦多肽粉又可以增强面团的抗拉伸性能。其中的原因

跟荞麦多肽粉的添加引起面粉稳定时间的延长是一致的, 高浓度的荞麦多肽粉的渗入可以均匀分布于面筋网络结构中, 从而增强了它的致密度, 改善其强度, 使得拉伸阻力延长。

西农 979 面粉的最大拉伸阻力远大于小偃 22 面粉。西农 979 面粉面团最大拉伸阻力在 45 min 呈现持续增长的趋势, 而在保温成熟的第二阶段和第三阶段则呈现先减小后增加的趋势, 与面团拉伸阻力的变化趋势相同。小偃 22 面粉面团最大拉伸阻力与拉伸阻力增长趋势一样, 在三个阶段中均如此。添加 10%荞麦多肽粉的西农 979 面团最大拉伸阻力比添加 10%未水解的荞麦蛋白粉的面团最大拉伸阻力大, 小偃 22 面粉在 45 min 和 90 min 的保温时间内, 添加 10%荞麦多

肽粉的面团最大拉伸阻力比添加 10%未水解的荞麦蛋白粉的面团最大拉伸阻力大, 然而经过 135 min 的保温时间, 添加 10%荞麦多肽粉的面团最大拉伸阻力比添加 10%未水解的荞麦蛋白粉的面团最大拉伸阻力要小。

在拉伸能量方面, 西农 979 面粉的面团拉伸能量明显大于小偃 22 面粉, 这是由面粉本身的性质决定的。西农 979、小偃 22 面粉的面团拉伸能量随着保温时间的增加而增加。当添加 2%的荞麦多肽粉, 西农 979 面粉的面团拉伸能量在 45 min、90 min 和 135 min 的保温时间内分别比未添加时增加 63.74%、12.40%和 1.79%。由此可见, 保温时间越短, 添加荞麦多肽粉对面团品质的影响越大。添加 10%荞麦多肽粉的西农 979 面团拉伸能量比添加 10%未水解荞麦蛋白粉的面团拉伸能量小, 在强筋面粉中, 添加高浓度荞麦蛋白粉比添加高浓度荞麦多肽粉更能增加面团的拉伸能量。在小偃 22 面粉中, 却出现了相反的情况。添加 10%荞麦多肽粉的小偃 22 的面团在 45 min 时的拉伸能量为 106.8 cm², 而添加 10%未水解的荞麦蛋白粉的面团拉伸能量仅为 87.4 cm²; 而在 90 min 和 135 min 时, 添加 10%荞麦多肽粉与添加 10%未水解荞麦蛋白粉的效果相当。总体而言, 添加荞麦蛋白粉及其多肽粉对面团拉伸能量具有促进作用。

3 结论与讨论

3.1 从粉质特性总体来看, 面团吸水率均随荞麦多肽粉添加量的增加而不断降低, 但大于 8%的添加, 吸水率受到的影响较小。面团形成时间和稳定时间随荞麦多肽粉添加量的增加均呈先减小后增加的趋势, 弱化度呈上升趋势, 而评价值作为一个综合指标, 则呈现一直增加的趋势。

3.2 从拉伸特性来看, 随着添加量的增大, 面团的拉伸阻力越大, 延伸性越好, 能量越高。

3.3 从添加荞麦多肽粉对西农 979、小偃 22 面团流变学特性的影响来看, 荞麦多肽添加到面粉中对其粉质及拉伸特性的影响随添加量不同而不同, 总体而言, 添加荞麦蛋白粉及其多肽粉对面团粉质及拉伸特性均具有促进作用。

3.4 荞麦蛋白作为资源丰富的蛋白质来源, 具有突出的功能性质, 富含人体限制性氨基酸—赖氨酸, 赖氨酸含量比鸡蛋高, 与大豆中赖氨酸含量相当, 并且具有较高的生物价, 相当于脱脂奶粉生物价的 92.3%、全鸡蛋粉生物价的 81.5%^[15]。在面制食品中添加大豆蛋白, 对于提高人们膳食健康水平, 具有重要的意义。

荞麦蛋白经碱性蛋白酶水解后, 可得到荞麦活性多肽。多肽是一种两性电解质, 一定的肽链长度和一定的电荷密度时表现出一定的表面活性, 如面筋蛋白酶解物可用作乳化剂、发泡剂、增稠剂等。由于荞麦蛋白及其酶解物良好的功能特性, 适量添加可增加面团的乳化效果, 降低产品的硬化程度, 改善产品的持水性, 促进色泽的形成, 提高产品的新鲜度。

参考文献

- [1] Oda M, Ya, Okazaki S et al. A method of flour quality assessment for Japanese noodles[J]. Cereal Chemistry, 1980, 57(4):253.
- [2] 赵士豪,等. 绞股蓝保健挂面的研制[J]. 现代食品科技, 2006, 22(2):191-193
- [3] 姚大年,李保云,朱金宝. 小麦品种主要淀粉性状及面条品质预测指标的研究[J]. 中国农业学, 1999, 32(6):84-88。
- [4] 胡新中,魏益民,张国权,等. 小麦籽粒组分及其与面条品质的关系[J]. 中国农业科学, 2004, 37(5):739-743.
- [5] 张水华. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2004: 156-160
- [6] Baik B K, Czuchajowska Z, et al. Discoloration of dough for oriental noodles[J]. Cereal Chem, 1995, 72(2): 198- 205.
- [7] 胡瑞波,田纪春. 鲜切面条色泽影响因素的研究[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(6):18-22.
- [8] 孙德伟,王惠玲. 面粉增白剂的利与弊[J]. 西部粮油科技. 1999, 24:14-15.
- [9] 陈洪金,张玉新,沈燕杰. 面粉增白剂的沉思[J]. 粮食与饲料工业. 2001, 5:8-14.
- [10] 张源,陈耕石,黄峰. Vc 对面片色泽和面条色泽的影响[J]. 粮食工程, 2009, 2(17):13-15.
- [11] 孙国英,宋光华. 大豆蛋白方便面的研制[J]. 大豆通报, 2004 (1):22.
- [12] Kim Y H, Choi K S, Son D Hand Kim J H. Rheological Properties of dough with Whole Wheat Flour[J]. Korean Social. Food Science Nutrition, 1996, (25):817-823.
- [13] 钱海峰,周惠明,顾瑾芳. 不同种类大豆蛋白粉对面包加工特性的影响[J]. 农业工程学报. 2006, 10:21-26
- [14] 陶健,毛立新,杨小姣. 荞麦蛋白的功能特性研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 5:30-45
- [15] Feliciano P B, Harold C. Properties of protein concentrates and hydrolysates from Amaranthus and Buckwheat[J]. Industrial Crops and Products, 1999, 10: 175-183.
- [16] 郭晓娜,姚惠源. 荞麦蛋白质的结构, 低消化性及生理功能研究[J]. 粮食工程. 2005, (8):60-62