

# 不同来源谷朊粉谷氨酰胺肽释放特性的比较分析

王延州, 刘丽娅, 钟葵, 佟立涛, 孙梦颖, 周素梅

(农业部农产品加工综合性重点实验室, 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

**摘要:** 从国内谷朊粉生产厂家收集了 12 种商品谷朊粉, 在对其进行基本组成分析基础上, 研究了不同来源谷朊粉的酶解及谷氨酰胺肽释放特性。结果表明: 所收集谷朊粉样品的蛋白质平均含量为 77.59%, 样品间差异较小 (CV:2.68%); 淀粉含量差异较显著 (CV:21.65%); 脂肪含量虽然较低 (平均 1.08%), 但样品间差异较大 (CV:69.60%); 氨基酸组成中谷氨酸/谷氨酰胺平均含量较高, 为 412.58 mg/g 蛋白, 占总氨基酸组成的 39.38%。综合考虑不同样品酶解产物中蛋白回收率、水解度及谷氨酰胺含量三个指标, 以获得高谷氨酰胺含量的短肽为目的, 最终确定 1 号 (山东滨州)、9 号 (陕西宝鸡)、12 号 (河北邢台) 样品为制备谷氨酰胺肽的理想原料, 这三种样品的酶解产物中有效谷氨酰胺含量可达 22% 左右, 水解度大于 15%, 蛋白回收率大于 90%。

**关键词:** 谷朊粉; 组成; 酶解; 谷氨酰胺肽

**文章编号:** 1673-9078(2013)8-1878-1882

## Release Properties of Glutamine Peptide from Different Wheat Gluten Sources

WANG Yan-zhou, LIU Li-ya, ZHONG Kui, TONG Li-tao, SUN Meng-ying, ZHOU Su-mei

(Key Laboratory of Agro-Products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Agro-Products Processing Science & Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100193)

**Abstract:** 12 kinds of commercial wheat gluten were collected from the domestic wheat gluten manufacturers. Based on the analysis of the basic components, the enzymatic hydrolysis and glutamine peptide release were studied. The results showed that average protein content of these 12 samples was 77.6%, and there were little differences in protein level between these samples, with the coefficient of variation (CV) of 2.7%. Significant difference in starch contents was found with CV value of 21.65%. The fat content was very low with an average value of 1.1%, but was evidently varied in different samples tested (CV: 69.6%). Analysis of amino acid composition of different wheat gluten samples showed that glutamate/glutamine content was 412.58 mg/g protein with their proportion up to 39.38%. Considering protein recovery, degree of hydrolysis and glutamine peptide content, No.1 (Binzhou, Shandong), No.9 (Baoji, Shanxi) and No.12 (Xingtai, Hebei) were chosen as ideal raw materials for preparation of glutamine peptide. In the hydrolysates of the three samples, the highest glutamine content, degree of hydrolysis and protein recovery were up to 22%, >15% and >90%, respectively.

**Key words:** wheat gluten; composition; enzymatic hydrolysis; glutamine peptide

谷氨酰胺 (Gln) 属于条件必需氨基酸, 人体在创伤、手术、感染等应激条件下, 对其需求量急剧增加, 机体自身合成 Gln 的能力远不能满足这一需求<sup>[1-3]</sup>。而直接补充 Gln 单体, 由于其在水溶液中不稳定, 易形成有毒的焦谷氨酸<sup>[4-5]</sup>。近年来的研究表明, N 端被取代的 Gln 小肽是 Gln 的有效代用品。但目前化学合成

收稿日期: 2013-05-06

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (201303071); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (2012ZL034)

作者简介: 王延州 (1987-), 男, 硕士, 研究方向为粮油加工与功能食品; 刘丽娅, 并列第一作者

通讯作者: 周素梅 (1971-), 女, 博士, 研究员, 主要从事粮油加工与功能食品研究

的谷氨酰胺肽价格昂贵, 合成量低, 推广使用受到限制<sup>[6]</sup>。

事实上, 大部分谷物蛋白质中均含有丰富的 Gln, 尤其在谷朊粉、豆粕、玉米黄粉中所占比例较高。我国作为小麦生产和消费大国, 淀粉加工产生大量谷朊粉副产物。但由于现有加工技术落后<sup>[7]</sup>, 谷朊粉在质量和价格上无法与国外优质谷朊粉相抗衡。本研究前期对所收集 12 种不同来源样品进行了对反映活性高低的吸水率指标的测定, 发现样品的吸水率普遍偏低, 大部分集中在 140~150% (干基), 远低于 GB/T 21924-2008 要求一级谷朊粉的吸水率  $\geq 170\%$  (干基), 并且未达到二级标准 (吸水率  $\geq 160\%$ , 干基) (数据未列出)。而另一方面, 在谷朊粉的氨基酸组成中, Glu/Gln 比例可达

30%以上,如果利用现代生物酶解技术等手段,将谷朊粉难溶性大分子水解为小片段的谷氨酰胺活性肽,将大大提高谷朊粉的附加值,为我国谷朊粉资源高附加值转化提供有效途径。

但是,由于目前我国小麦品种资源丰富,谷朊粉生产厂家繁多,造成不同厂家谷朊粉间的组成特点、加工特性存在较大差异,由此可能影响原料的利用情况和谷氨酰胺肽的释放情况。基于此,本研究首先对12种具有代表性的商用谷朊粉进行基本品质评价,并以谷氨酰胺肽释放量、蛋白回收率、水解度为主要指标,比较了不同来源小麦蛋白的谷氨酰胺肽释放性能,为今后谷朊粉资源综合利用和高值转化提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

谷朊粉:收集国内小麦主产区商用谷朊粉样品12个(样品编号见表1),4℃冰箱存放备用;碱性蛋白酶,北京诺维信公司;双(1,1-三氟乙酸基)碘苯(BTI)、三乙胺、吡啶、丙氨酸谷氨酰胺标样、甘氨酸谷氨酰胺标样、异硫氰酸苯酯(PITC),均购自Sigma上海;其它试剂均为分析纯,市售。

表1 谷朊粉样品来源

Table 1 Sources of wheat gluten samples

样品编号	来源	样品编号	来源
1	山东滨州	7	河南新乡
2	山东聊城	8	陕西渭南
3	山东济宁	9	陕西宝鸡
4	山东德州	10	江苏南通
5	河南登封	11	江苏徐州
6	河南南阳	12	河北邢台

### 1.2 仪器与设备

2300自动定氮仪,瑞典FOSS公司;THZ-82A水浴恒温振荡器,江苏荣华仪器制造有限公司;UB-7型酸度计、T-214电子分析天平,北京市赛多利斯仪器有限公司;Anke LXJ-IIB离心机,上海市安亭科学仪器厂;H835-50氨基酸自动分析仪,日本日立;TB-214分析天平,美国Denver公司;UV-1201型紫外可见分光光度计,北京瑞利分析仪器公司;101A-2B型电热鼓风干燥箱,上海实验仪器厂有限公司;Angel氮气吹扫仪,杭州奥威仪器有限公司;Agilent 1200高效液相色谱仪。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 谷朊粉基本组分及氨基酸组成测定

水分含量的测定:参照GB5009.3-2010;灰分含量的测定:参照GB5009.4-2010;蛋白质含量的测定:参照GB/T 5009.5-2010;脂肪含量的测定:参照GB/T 14772-2008;总淀粉含量的测定:参照AOAC 996.11;氨基酸含量的测定:参照GB/T 5009.124-2003;吸水率的测定:参照GB/T 21924-2008。

#### 1.3.2 谷氨酰胺肽制备工艺

根据实验室前期研究结果,利用碱性蛋白酶水解谷朊粉,水解效率和目标物含量均较高,因此在本实验中利用该酶水解谷朊粉,制备目标肽。样品制备步骤如下:称取20g谷朊粉,在搅拌的条件下缓慢加入到200mL去离子水中,形成底物浓度为10%(m/v)的均匀悬浮液;将样品预热至酶所需的最适温度后,用1mol/L的NaOH或HCl溶液调节pH值至酶作用适宜范围;按比例加入2%(m/m)蛋白酶;酶解一定时间后,将酶解液在沸水浴中灭酶10min。然后用冰水浴迅速冷却,离心(4500r/min,15min)得上清液。

#### 1.3.3 水解度(DH)的测定

水解度的测定采用甲醛滴定法<sup>[8,9]</sup>。具体方法如下:首先采用甲醛滴定法测定样品中的-NH<sub>2</sub>或-COOH基团的含量,然后代入下式求得其水解度。

$$DH = \frac{h - h_0}{h_{tot}} \times 100\%$$

注:h-采用甲醛滴定法测定的酶解液中的-NH<sub>2</sub>或-COOH基团的含量,mmol/g;h<sub>0</sub>-采用甲醛滴定法测定的水解前原料中的-NH<sub>2</sub>或-COOH基团的含量,mmol/g;h<sub>tot</sub>-每克原料蛋白的肽键毫摩尔数(mmol/g),对于小麦蛋白,h<sub>tot</sub>=8.38mmol/g。

#### 1.3.4 蛋白回收率的测定

蛋白回收率采用下式计算,蛋白质含量采用凯氏定氮法测定(GB/T 5009.5-2010)。

$$\text{蛋白回收率} = \frac{\text{谷朊粉酶解上清液的蛋白含量} (N\% \times 5.7)}{\text{谷朊粉原料蛋白含量}} \times 100\%$$

#### 1.3.5 肽或蛋白质中Gln含量的测定

样品经BTI衍生后,再进行酸水解处理,PITC柱前衍生在反相C18柱上用紫外检测器检测定量,具体操作步骤参照文献<sup>[10-11]</sup>。

## 1.4 统计分析

采用Microsoft Excel进行数据整理,用SAS9.2软件进行显著性、相关性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 谷朊粉基本组分及氨基酸组成分析

## 2.1.1 基本组分分析

表2 谷朊粉样品基本组分分析 (%)

样品编号	水分	蛋白质	脂肪	灰分	总淀粉
1	6.26±0.02 <sup>i</sup>	79.71±0.37 <sup>a</sup>	0.10±0.07 <sup>f</sup>	1.22±0.14 <sup>f</sup>	13.19±0.25 <sup>d</sup>
2	6.63±0.11 <sup>f</sup>	73.57±0.18 <sup>f</sup>	1.52±0.02 <sup>b</sup>	1.72±0.06 <sup>b</sup>	11.49±0.25 <sup>ef</sup>
3	9.23±0.11 <sup>c</sup>	75.67±0.70 <sup>d</sup>	0.53±0.02 <sup>e</sup>	1.24±0.03 <sup>e</sup>	16.51±0.38 <sup>b</sup>
4	6.46±0.07 <sup>sh</sup>	79.87±0.30 <sup>a</sup>	1.04±0.01 <sup>cd</sup>	0.84±0.01 <sup>cd</sup>	9.37±0.37 <sup>g</sup>
5	6.52±0.05 <sup>fg</sup>	77.51±0.43 <sup>c</sup>	0.86±0.13 <sup>d</sup>	0.94±0.01 <sup>d</sup>	12.05±0.19 <sup>e</sup>
6	6.97±0.05 <sup>e</sup>	79.61±0.09 <sup>ab</sup>	0.24±0.06 <sup>f</sup>	0.98±0.00 <sup>f</sup>	13.51±0.44 <sup>d</sup>
7	11.87±0.08 <sup>b</sup>	78.82±0.13 <sup>b</sup>	1.36±0.16 <sup>b</sup>	1.08±0.09 <sup>b</sup>	15.05±0.39 <sup>c</sup>
8	6.82±0.01 <sup>e</sup>	77.62±0.49 <sup>c</sup>	1.13±0.01 <sup>c</sup>	1.00±0.03 <sup>c</sup>	13.22±0.19 <sup>d</sup>
9	9.09±0.00 <sup>c</sup>	77.19±0.16 <sup>c</sup>	2.97±0.14 <sup>a</sup>	1.69±0.00 <sup>a</sup>	8.78±0.44 <sup>g</sup>
10	6.35±0.02 <sup>hi</sup>	79.14±0.12 <sup>ab</sup>	1.51±0.01 <sup>b</sup>	0.96±0.00 <sup>b</sup>	11.19±0.37 <sup>f</sup>
11	12.86±0.00 <sup>a</sup>	77.84±0.15 <sup>c</sup>	1.13±0.14 <sup>c</sup>	0.78±0.01 <sup>c</sup>	16.16±0.40 <sup>b</sup>
12	8.85±0.18 <sup>d</sup>	74.47±0.31 <sup>e</sup>	0.62±0.01 <sup>e</sup>	1.73±0.01 <sup>e</sup>	18.14±0.38 <sup>a</sup>
平均值	8.16	77.59	1.08	1.18	13.22
变幅	6.26~12.86	73.57~79.87	0.10~2.97	0.78~1.73	8.78~18.14
变异系数	27.74	2.68	69.6	29.35	21.65

注：除水分含量外所有指标均以干基计，同列中所标的不同字母的值在0.05水平上差异显著。

受品种、气候、土壤、加工工艺等因素的影响，多数谷朊粉样品基本组分含量存在显著差异。总体来讲，脂肪含量差异最大，变异系数CV为69.60%；其次是灰分（CV:29.35%）；蛋白质含量差异变异系数最小（CV:2.68%）。

如表2所示，所收集的商品谷朊粉蛋白质含量介于73.57~79.87%之间，均值为77.59%。其中4号样品蛋白质含量最高，为79.87%。8个样品的蛋白质含量达到了GB/T 21924-2008所要求的商业一级谷朊粉的标准（蛋白质含量≥77.52%，N×5.7，干基），其余样品蛋白质含量均能达到国家标准二级以上水平（蛋白质含量≥72.96%，N×5.7，干基）。

不同来源样品中总淀粉含量较高，平均值为13.22%，其中12号样品总淀粉含量最高，达18.14%；而9号样品最低，为8.18%。造成这种差异的原因主要与谷朊粉的制备方法有关，在洗筋过程中，水洗程度越高，谷朊粉与淀粉分离得越彻底，谷朊粉的蛋白质含量就越高。

谷朊粉的水分含量会影响谷朊粉的保质期。由于谷朊粉有很强的吸水能力，当含水量较高时，常规储存环境容易引起谷朊粉霉变。文献报道，仓库储存的谷朊粉水分达到10.38%时，便会有严重结块，并有陈霉味，加水揉捏时有散筋现象，活性下降<sup>[2]</sup>。由表2可知，不同来源样品中水分含量均值为8.16%，其中7号和11号水分含量较高，分别为11.87%和12.86%，高于

GB/T 21924-2008所要求的商业二级谷朊粉的标准（水分含量≤10%，干基）。其余10种样品水分含量在6.26~9.23%范围内，均能满足国家二级标准的要求。

谷朊粉脂肪含量过高，会导致谷朊粉在贮藏过程中氧化变质。在现代的制粉工艺中，由于采用了先进的提胚工艺，最大限度的剔除了小麦胚芽，面粉中脂肪含量一般较低<sup>[13]</sup>。本试验12个不同来源样品中，除9号样品脂肪含量较高（2.97%），其余均低于2%，达到GB/T 21924-2008所要求的商业二级谷朊粉标准（脂肪含量≤2%，干基）。

此外，不同来源样品中灰分含量均较低，平均值为1.18%，均能达到GB/T 21924-2008所要求的商业二级谷朊粉的标准（灰分含量≤2%，干基）。

## 2.1.2 谷朊粉的氨基酸组成

采用酸水解法，分析了不同来源样品中氨基酸组成及含量，结果见表3。共检出17种氨基酸，其中必需氨基酸7种，半必需氨基酸5种，非必需氨基酸5种；在构成谷朊粉的基本氨基酸中，Glu、Pro含量最多。总体来讲，谷朊粉虽然蛋白质含量较高，但必需氨基酸含量较低，仅占氨基酸总量的19.59%，并且不同谷朊粉样品间限制性氨基酸-Lys含量差异显著，CV为9.78%，故谷朊粉的营养效价难以与动物蛋白相媲美。但值得注意的是，由于本实验采用酸水解法，反应过程中将Gln水解为Glu，因此所测定Glu含量实际为Glu和Gln的总和，本实验测得Glu（包含Gln）

平均值为 412.58 mg/g 蛋白, 占总氨基酸组成的 39.38%, 验证了谷朊粉是制备谷氨酰胺的良好原料。

表 3 谷朊粉样品的氨基酸组成

Table 3 Compositions and contents of amino acids of wheat

gluten (mg/g protein)

中文名称	英文名称	平均值	变幅	变异系数
<b>必需氨基酸</b>				
赖氨酸	Lys	17.27	14.14~20.57	9.78
苯丙氨酸	Phe	51.07	48.21~53.13	2.98
蛋氨酸	Met	16.29	15.41~17.76	4.20
苏氨酸	Thr	24.17	21.96~26.19	4.52
亮氨酸	Leu	68.89	65.20~71.48	3.14
异亮氨酸	Ile	36.62	34.55~37.85	3.07
缬氨酸	Val	40.98	38.62~43.32	3.38
<b>半必需氨基酸</b>				
精氨酸	Arg	34.46	29.97~39.33	7.39
甘氨酸	Gly	33.54	30.46~36.35	4.81
丝氨酸	Ser	43.66	40.81~45.55	3.75
酪氨酸	Tyr	37.47	35.47~39.54	3.25
半胱氨酸	Cys	31.74	27.94~34.46	6.21
<b>非必需氨基酸</b>				
谷氨酸	Glu	412.58	391.65~439.85	3.52
脯氨酸	Pro	121.30	111.97~133.62	6.13
天冬氨酸	Asp	31.61	27.63~35.16	6.17
丙氨酸	Ala	25.26	22.69~27.72	5.32
组氨酸	His	20.76	19.45~22.10	4.06

注: 所有指标均以干基计。

## 2.2 不同来源谷朊粉酶解特性研究

前期试验表明, 碱性蛋白酶是水解谷朊粉制备谷氨酰胺的理想蛋白酶。因此本研究主要探讨了谷朊粉在碱性蛋白酶水解过程中谷氨酰胺的释放特性, 同时分析了酶解产物水解度和蛋白回收率的变化, 以期综合评价不同来源谷朊粉样品的利用效率及谷氨酰胺生成能力。

### 2.2.1 不同来源谷朊粉酶解产物的水解度

水解度能反应蛋白质被降解的程度, 利用蛋白质水解度可初步预测肽链的长度, 而水解产物的肽链长度是衡量其生物活性的关键指标之一。由图1可知, 不同来源谷朊粉样品经碱性蛋白酶水解3 h后, 水解度表现出一定的差异性。其中12号水解度最高, 为17.30%; 5号水解度最低, 为13.70%。

另外, 基于谷朊粉的组成分析结果, 本研究对谷

朊粉的酶解情况与其基本组成的相关性进行了初步分析。结果显示, 水解度仅与样品的灰分含量呈现显著正相关关系 ( $R=0.7361$ )。由于灰分来源主要是无机盐, 推测灰分与水解度呈现正相关的原因可能是原料中的某些金属离子对蛋白酶活性的发挥有促进作用, 从而加速了酶解进程。

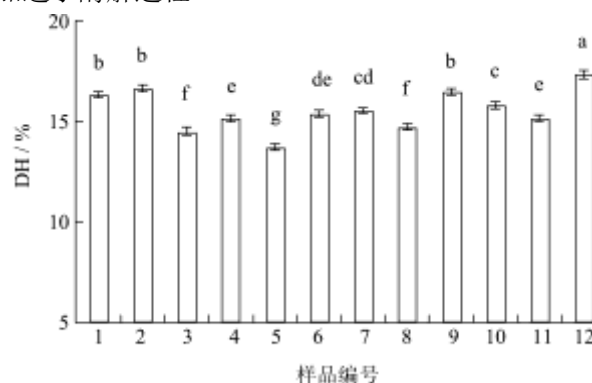


图1 不同来源谷朊粉酶解产物的水解度

Fig.1 Degree of hydrolysis of the different sources of wheat gluten hydrolysates

注: 图中标的不同字母的值在0.05水平上差异显著。

### 2.2.2 不同来源谷朊粉酶解后的蛋白回收率

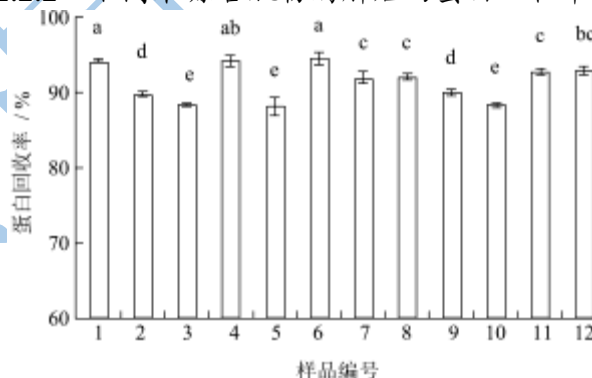


图2 不同来源谷朊粉酶解后的蛋白回收率

Fig.2 The protein recovery of hydrolysis of the different sources of wheat gluten hydrolysates

注: 图中标的不同字母的值在0.05水平上差异显著。

不同来源谷朊粉经碱性蛋白酶水解后蛋白回收率如图2所示。结果显示, 尽管酶解工艺相同, 不同来源谷朊粉的蛋白利用效率却存在较大差异。其中, 3、5、10三个样品蛋白回收率较低, 只有88%左右, 不足90%, 而其余样品的蛋白回收率均可达到90%以上, 尤其是1、4、6、11、12号样品蛋白回收率接近95%。

### 2.2.3 不同来源谷朊粉酶解产物的Gln含量

Gln含量是评价谷氨酰胺活性重要指标之一。不同来源谷朊粉经蛋白酶水解后, 水解产物中Gln含量如图3所示。其中6号和9号样品的酶解产物中的Gln含量最高, 约为22%, 显著高于其它样品 ( $p<0.05$ ); 而5号

和10号酶解产物中的Gln含量最低, 约为17%。

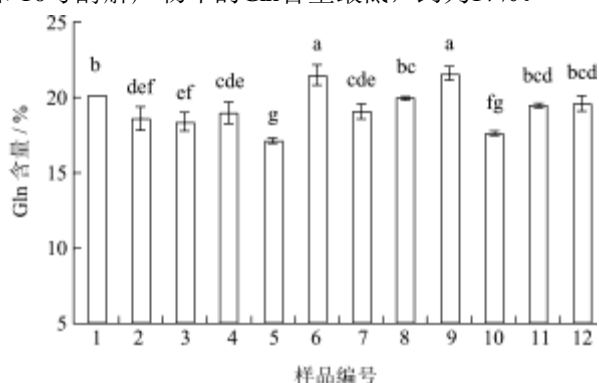


图3 不同来源谷朊粉酶解产物中Gln含量

Fig.3 Glutamine of hydrolysis of the different sources of wheat gluten hydrolysates

注: 图中所标的不同字母的值在0.05水平上差异显著。

### 3 结论

3.1 试验所收集的12个谷朊粉样品中, 蛋白质含量平均为77.59%, 不同样品间差异较小 (CV:2.68%); 淀粉含量差异较显著 (CV:21.65%); 脂肪含量虽然较低 (平均1.08%), 但样品间差异较大 (CV:69.6%)。除个别样品的水分、脂肪含量超标外, 其它均能达到GB/T 21924-2008要求的商业二级谷朊粉的标准。在氨基酸组成中, Glu/Gln含量最高, 为412.58 mg/g蛋白, 占总氨基酸组成的39.38%, 样品间差异较小 (CV:3.52%); 氨基酸组成差异最大的是Lys (CV:9.78%), 含量介于14.14~20.57 mg/g蛋白。

3.2 通过对不同来源谷朊粉样品的酶解及谷氨酰胺肽释放特性进行研究, 综合考虑蛋白回收率、水解度及Gln含量三个指标, 以获得高含量Gln短肽为目的, 最终确定1号(山东滨州)、9号(陕西宝鸡)、12号(河北邢台)样品作为制备谷氨酰胺肽的理想原料。这三个酶解产物中有效Gln含量可达22%左右, 水解度>15%, 蛋白回收率>90%。鉴于谷氨酰胺肽的活性受肽链长短、氨基酸序列的影响, 后续将开展酶解样品中谷氨酰胺肽的分离纯化、结构鉴定和活性评价方面的研究工作。

### 参考文献

[1] Kuhn KS, Stehle P, Fürst P. Glutamine Content of Protein and Peptide-Based Enteral Products [J]. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 1996, 20: 292-295

[2] Koikawa N K, Nakamura A, Ngaoka I, et al. Delayed-onset muscle injury and its modification by wheat gluten hydrolyate [J]. Nutrition, 2009, 25(5): 493-498

[3] Stangl R, Szijarto A, Onody P, et al. Reduction of Liver Ischemia-Reperfusion Injury via Glutamine Pretreatment [J]. Journal of Surgical Research, 2011, 166: 95-103

[4] Chelius D, Jing K, Lueras A, et al. Formation of Pyroglutamic Acid from N-Terminal Glutamic Acid in Immunoglobulin Gamma Antibodies [J]. Analytical Chemistry, 2006, 78(7): 2370-2376

[5] Higaki-Sato N, Sato K, Esumi Y, et al. Isolation and Identification of Indigestible Pyroglutamyl Peptides in an Enzymatic Hydrolysate of Wheat Gluten Prepared on an Industrial Scale [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(1): 8-13

[6] 张海华. 小麦面筋蛋白源谷氨酰胺肽的酶解制备、结构分析与生理活性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011

ZHANG H H. Preparation, Purification and Physiological Activities of Glutamine Peptides from Wheat Gluten Hydrolysis [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2011

[7] Zhao Renyong, Tian LiJuan. Assessing Wheat Quality for Production of Vital Gluten Powder [C]. 14th ICC Cereal and Bread Congress and Forum on Fats and Oils, 2012: 32-33

[8] 赵新淮, 冯志彪. 蛋白质水解物水解度的测定[J]. 食品科学, 1994, 11: 65-67

Zhao X H, Feng Z B. Determination Protein Hydrolysates of Degree of Hydrolysis [J]. Food Science, 1994, 11: 65-67

[9] Adler-Nissen J. Enzymic Hydrolysis of Food Proteins [M]. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986

[10] Kuhn S K, Stehle P, Fürst P. Quantitative Analyses of Glutamine in Peptides and Proteins [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1996, 44(7): 1808-1811

[11] 陶冠军, 任国谱, 谷文英. 蛋白质和肽中谷氨酰胺的HPLC定量分析[J]. 郑州粮食学院学报, 1999, 20(4): 66-68

Tao G J, Ren G P, Gu W Y. Quantitative Analysis of Glutamine in Proteins and Peptides by HPLC Method [J]. Journal of Zhengzhou Grain College, 1999, 20(4): 66-68

[12] 王素萍, 李万平. 小麦A淀粉和谷朊粉的储藏实验研究[J]. 粮油食品科技, 2008, 16(6): 11, 23

Wang S P, Li W P. Study on Storage of Wheat Starch A and Gluten [J]. Science and Technology of Cereals, oils and Foods, 2008, 16(6): 11, 23

[13] 马凡赛, 周大捷, 夏明珊. 小麦活性谷朊粉理化指标的剖析[J]. 粮食与饲料工业, 1993, 15(4): 51-53

Ma F S, Zhou D J, Xia M S. Analysis of Physical and Chemical Indicators [J]. Cereal & Feed Industry, 1993, 15(4): 51-53