

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.04.023

吴博, 李明瑕, 刘姝瑞, 等. 高效液相色谱法同时测定魔芋粉中葡甘聚糖和淀粉含量[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(4): 172-177.

WU B, LI M X, LIU S R, et al. Simultaneous determination of konjac glucomannan and starch in konjac flour by high performance liquid chromatography[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(4): 172-177.

# 高效液相色谱法同时测定魔芋粉中 葡甘聚糖和淀粉含量

吴博, 李明瑕, 刘姝瑞, 刘忠思, 黄朝波, 陈历水✉

(漯河市卫龙生物技术有限公司, 漯河市食品安全与营养健康重点实验室, 河南 漯河 462000)

**摘要:** 为了精确测定魔芋粉中葡甘露聚糖(KGM)和淀粉含量,建立了高效液相色谱法。采用酸水解法将魔芋粉水解为葡萄糖和甘露糖,通过1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(PMP)对魔芋粉的水解产物进行衍生化处理,利用高效液相色谱紫外检测器同时测定魔芋粉中葡甘露聚糖(KGM)和淀粉含量。该方法测定4种魔芋粉中葡甘聚糖和淀粉含量相对标准偏差(relative standard deviations, RSD)  $\leq 4.40\%$ ,葡甘聚糖回收率在87.98%~103.31%之间, RSD  $\leq 5.25\%$ ;淀粉回收率在91.50%~108.05%之间, RSD  $\leq 7.67\%$ 。该方法可用于魔芋粉中葡甘露聚糖和淀粉含量的同时测定,并对魔芋粉的分级控制具有重要意义。

**关键词:** 葡甘聚糖; 淀粉; 柱前衍生; 高效液相色谱法

中图分类号: TS207.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)04-0172-06

## Simultaneous Determination of Konjac Glucomannan and Starch in Konjac Flour by High Performance Liquid Chromatography

WU Bo, LI Ming-xia, LIU Shu-rui, LIU Zhong-si, HUANG Chao-bo, CHEN Li-shui✉

(Weilong Biotechnology Limited Company, Luohe Key Laboratory of Food Safety and  
Nutritional Health, Luohe, Henan 462000, China)

**Abstract:** This research aims to establish an HPLC method for the simultaneous determination of konjac glucomannan (KGM) and starch in konjac powder. In this paper, konjac powder was hydrolyzed into glucose and mannose by acid hydrolysis. The hydrolysate of konjac powder was derivatized by 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone (PMP). The contents of glucomannan (KGM) and starch in konjac powder were determined by HPLC with UV detector. The relative standard deviations (RSD) of KGM and starch in four kinds of konjac flour were  $\leq 4.40\%$ , the recovery of glucomannan was 87.98%~103.31%, and the RSD was  $\leq 5.25\%$ ; The recovery of starch was 91.50%~108.05%, RSD  $\leq 7.67\%$ . This method can be used for the simultaneous determination of KGM and starch in konjac powder. The establishment of this method is of great significance to the classification control of konjac powder.

**Key words:** konjac Glucomannan; starch; pre-column derivatization; high performance liquid chromatography

收稿日期: 2022-03-02

作者简介: 吴博, 男, 1994年出生, 本科, 研究方向为食品检测。E-mail: 2918759003@qq.com.

通讯作者: 陈历水, 男, 1974年出生, 博士, 正高级工程师, 研究方向为功能食品。E-mail: chenlishui@sina.com.

魔芋学名 *Amorphophallus reri*, 为单子叶植物纲, 天南星科耐荫性多年生草本植物的块茎<sup>[1]</sup>。鲜魔芋块茎经过干燥、机械粉碎、风选等工序得到魔芋飞粉、魔芋精粉、魔芋全粉等产物。这些魔芋粉样品中同时含有葡甘露聚糖 (Konjac glucomannan, KGM) 和淀粉两种大分子物质<sup>[2]</sup>。其中, 葡甘露聚糖由 D-葡萄糖和 D-甘露糖通过  $\beta$ -1,4 糖苷键聚合而成<sup>[3]</sup>。它具有多种独特的理化性质, 如流变性、增稠性、胶凝性和成膜性, 同时对人体有降低胆固醇、改善血糖、促进肠道活性和免疫功能的作用<sup>[1,4-7]</sup>。魔芋淀粉是魔芋第二大营养成分, 仅次于 KGM, 魔芋淀粉也被证明具有调节消化速率, 降低糖尿病患者的血糖反应和胰岛素抵抗等功效<sup>[1]</sup>。

目前, 魔芋粉中葡甘露聚糖和淀粉含量的检测方法通常采用 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》和 NYT 494—2010《魔芋粉》描述的方法进行。但是这两种方法在同时含有葡甘露聚糖和淀粉的魔芋粉样品的测定中互相干扰, 导致测定值均远高于实际值, 不能很好地对魔芋粉样品进行评价<sup>[8-10]</sup>。DB 43/T 477—2009《魔芋食品中葡甘聚糖的测定 气相色谱法》采用气相色谱法对魔芋精粉中葡甘聚糖含量进行测定, 但气相色谱的衍生过程操作较为繁琐并且可能产生衍生异构体<sup>[11]</sup>, 同时该方法没有对魔芋粉中淀粉含量进行分析。

近些年来, 柱前衍生化高效液相色谱多被用于多糖物质中单糖组成的测定以及魔芋粉中葡甘聚糖含量的检测<sup>[12-16]</sup>。本研究使用柱前衍生化高效液相色谱法对四种魔芋粉 (魔芋精粉、魔芋飞粉、葡甘露聚糖样品、魔芋全粉) 中葡甘露聚糖和淀粉含量进行分析检测, 同时与上述两种国家标准方法的测定值进行比较。该实验结果表明柱前衍生化高效液相色谱法能够对四种不同葡甘聚糖和淀粉占比的魔芋粉样品进行测定, 且该方法回收率高、重复性好, 为魔芋粉的质量控制提供理论基础和数据参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

魔芋精粉 (样品 1)、魔芋飞粉 (样品 2)、葡

甘露聚糖样品 (样品 3)、魔芋全粉 (样品 4): 楚雄德源魔芋生物科技有限公司; D-甘露糖 (纯度 99%): 1-苯基-3-甲基-5-吡啶酮: 上海麦克林生化科技有限公司; D-葡萄糖 (纯度 99.5%): 阿拉丁试剂 (上海) 有限公司; 氢氧化钠、盐酸 (分析纯): 国药集团化学试剂有限公司; 乙腈 (色谱纯): 美国 Sigma 公司。

### 1.2 仪器与设备

高效液相色谱 LC-16L: 日本岛津公司; 十万分之一分析天平: 梅特勒公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品中水分、蛋白、灰分、单糖含量的测定

水分测定方法参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中描述的方法进行。蛋白测定方法参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中描述的方法进行。灰分测定方法参照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》中描述的方法进行。

单糖含量测定: 称取 2.0 g 左右魔芋粉样品, 用 100 mL 乙醇 (85%, 体积比) 数次洗涤, 收集洗涤后的乙醇溶液, 水浴蒸干乙醇后, 于 105 °C 烘箱烘干至恒重, 放入干燥器内冷却 0.5 h 后称重。

同时以 GB 5009.9—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》测定淀粉和 NYT 494—2010《魔芋粉》中描述的方法测定葡甘露聚糖含量。

#### 1.3.2 样品前处理

样品前处理方法参照 GB 5009.9—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》中第二法, 稍作修改。

除单糖: 称取 2.5 g 左右魔芋粉样品 (精确到 0.001 g), 置于放有慢速滤纸的漏斗中, 用 150 mL 乙醇 (85%, 体积比) 分数次洗涤残渣, 以充分除去可溶性糖类物质。

酸解: 滤干乙醇溶液。以 100 mL 水洗涤漏斗中残渣并转移至 250 mL 锥形瓶中, 加入 30 mL 盐酸 (1+1), 接好冷凝管, 置沸水浴中回流 2 h。回流完毕后, 立即冷却。

除蛋白、定容: 待试样水解液冷却后, 以氢

氧化钠溶液 (400 g/L) 调节样品 pH 约为 7。然后加 20 mL 乙酸铅溶液 (200 g/L), 摇匀, 放置 10 min。再加 20 mL 硫酸钠溶液 (100 g/L), 以除去过多的铅。摇匀后将全部溶液及残渣转入 500 mL 容量瓶中, 用水洗涤锥形瓶, 洗液合并入容量瓶中, 加水稀释至刻度。过滤, 弃去初滤液 20 mL, 滤液稀释 4 倍供测定用。

### 1.3.3 衍生化方法

衍生化方法参照周彦强等<sup>[12]</sup>描述的方法进行, 稍作修改。取 1 mL 样品, 加入 0.65 mL 0.1 mol/L 氢氧化钠、0.75 mL PMP 的甲醇溶液 (0.1 g/mL), 70 °C 水浴 30 min, 反应后加入 0.65 mL 0.1 mol/L HCL。使用 2 mL 氯仿洗涤 6 次。取 0.5 mL 上清, 加入 1 mL 水, 通过 0.45 μm 水系滤膜过滤, 装入液相小瓶。

### 1.3.4 色谱条件

色谱柱: XBridge C18 (4.6×150 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈: 0.1 mol/L 磷酸盐缓冲液 (pH 6.8) = 18 : 72; 柱温 30 °C; 检测波长 245 nm, 流速 0.5 mL/min, 进样量 10 μL, 检测时间 30 min。

### 1.3.5 KGM 中葡甘露聚糖和淀粉含量的计算方法

标准曲线的制作将混合标准系列工作溶液分别注入液相色谱仪中, 测定相应的峰面积, 以混合标准系列工作溶液的质量浓度为横坐标, 以峰面积为纵坐标, 绘制标准曲线。根据标准曲线得到待测液中葡萄糖和甘露糖的质量浓度。

试样中葡甘露聚糖的含量按式 (1) 计算, 淀粉的含量按式 (2) 计算:

$$x_1 = \frac{\rho_1 \times n \times 1.562 \times 0.9}{m} \times 100 \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{(\rho_1 + \rho_2) \times n \times 0.9}{m} \times 100 - x_1 \quad (2)$$

式中:  $x_1$ : 试样中的葡甘露聚糖含量 (g/100 g);  $x_2$ : 试样中的淀粉含量 (g/100 g);  $\rho_1$ : 试样液中甘露糖的质量浓度 (mg/mL);  $\rho_2$ : 试样液中葡萄糖的质量浓度 (mg/mL);  $m$ : 称样量 (g);  $n$ : 样品稀释倍数; 1.562: KGM 分子中葡甘露聚糖与甘露糖的质量比; 0.9: 魔芋葡甘露聚糖/淀粉相对分子质量与单糖相对分子质量之比; 100: 换算系数; 计算结果保留三位有效数字。

### 1.3.6 方法学考察

精密度: 分别称取魔芋精粉、魔芋飞粉、市

售葡甘露聚糖样品、魔芋全粉 2.5 g 各 6 份, 经酸解前处理和衍生处理后用高效液相色谱仪分别进行 6 组基质样品独立测试甘露糖和葡萄糖含量, 并通过公式计算为葡甘露聚糖和淀粉含量, 通过计算样品 6 组测定值的相对标准偏差评价方法的精密度。

回收率: 分别称取魔芋精粉、魔芋飞粉、市售葡甘露聚糖样品、魔芋全粉各 2.5 g, 经酸解前处理后进行相应的加标回收实验, 加标后进行衍生并通过高效液相色谱进行测定, 每组 3 个平行。不同样品的中浓度和高浓度加标量如表 1 所示。

回收率按公式 (3) 计算:

$$R = \frac{C1 - C2}{C3} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $R$ : 回收率;  $C1$ : 加标后测定浓度 (g/L);  $C2$ : 加标之前测定浓度 (g/L);  $C3$ : 加标目标的理论浓度 (g/L)。

表 1 不同样品回收率测定的加标浓度  
Table 1 The spiked concentrations for the determination of different sample recoveries

| 样品      | 中浓度加标量/(g/L) |      | 高浓度加标量/(g/L) |      |
|---------|--------------|------|--------------|------|
|         | 甘露糖          | 葡萄糖  | 甘露糖          | 葡萄糖  |
| 魔芋精粉    | 0.30         | 0.25 | 0.60         | 0.50 |
| 魔芋飞粉    | 0.06         | 0.35 | 0.13         | 0.70 |
| 葡甘露聚糖样品 | 0.30         | 0.25 | 0.60         | 0.50 |
| 魔芋全粉    | 0.20         | 0.30 | 0.40         | 0.60 |

## 1.4 数据分析

所有实验数据均以 3 个以上独立实验的平均值和标准差表示。使用 SPSS 20.0 软件 (IBM, Chicago, IL, USA) 进行显著性分析,  $P < 0.05$  表示具有显著差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品中水分、蛋白、灰分、单糖含量

魔芋粉中除葡甘露聚糖和淀粉外, 还包含蛋白、灰分、单糖、灰分等成分。对四种魔芋粉样品中蛋白、灰分、单糖、灰分进行测定, 能够更全面的了解不同魔芋粉的组成, 测定结果如表 2 所示。

### 2.2 样品中葡甘露聚糖和淀粉含量

在该部分实验中, 分别采用有国标 NY/T 494—2010 和 GB 5009.9—2016 第二法以及柱前衍生高效液相色谱法对魔芋粉中葡甘露聚糖和淀粉

表2 魔芋粉样品中水分、灰分、蛋白、单糖含量

Table 2 Moisture, ash, protein and monosaccharide contents in konjac flour samples

%

| 样品      | 水分                      | 灰分                     | 蛋白                      | 单糖                     | 总量                      |
|---------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 魔芋精粉    | 9.05±0.03 <sup>c</sup>  | 4.58±0.02 <sup>c</sup> | 3.65±0.00 <sup>e</sup>  | 2.03±0.01 <sup>c</sup> | 19.31±0.01 <sup>c</sup> |
| 魔芋飞粉    | 10.82±0.07 <sup>b</sup> | 5.72±0.09 <sup>a</sup> | 15.50±0.04 <sup>a</sup> | 5.32±0.17 <sup>a</sup> | 37.36±0.05 <sup>a</sup> |
| 葡甘露聚糖样品 | 6.53±0.08 <sup>d</sup>  | 1.02±0.01 <sup>d</sup> | 1.24±0.04 <sup>d</sup>  | 0.24±0.03 <sup>d</sup> | 9.03±0.15 <sup>d</sup>  |
| 魔芋全粉    | 16.59±0.63 <sup>a</sup> | 4.93±0.01 <sup>b</sup> | 7.35±0.13 <sup>b</sup>  | 3.31±0.04 <sup>b</sup> | 32.17±0.78 <sup>b</sup> |

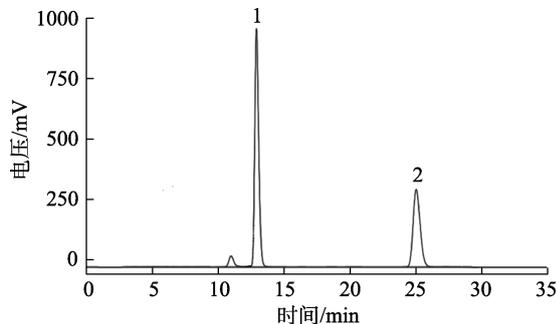
注：同一列不同字母的值有显著差异（Tukey 检验， $P < 0.05$ ）。

Note: values with different superscript letters within each column are significantly different (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

含量进行检测。同时结合魔芋粉中其它理化指标对测定值进行评价，以选择适于魔芋粉中葡甘聚糖和淀粉含量的测定方法。

### 2.2.1 柱前衍生高效液相色谱法测定样品中葡甘聚糖和淀粉含量

2.2.1.1 标准曲线的绘制 配置不同浓度的甘露糖和葡萄糖混合溶液，依照 1.3 中描述的方法对标准品进行衍生和检测，标准样品中甘露糖和葡萄糖测定的高效液相色谱图如图 1 所示。可知，甘露糖和葡萄糖出峰时间分别为 12.883、24.932 min。两种成分在 35 min 内达到完全分离，分离度高，峰型好。



1-甘露糖；2-葡萄糖  
1-mannose；2-glucose

图1 混合标准样品高效液相色谱图

Fig.1 HPLC chromatogram of mixed standard sample

以标准样品浓度为横坐标，峰面积/ $10^5$  为纵坐标绘制标准曲线，线性关系如表 3 所示。甘露糖和葡萄糖在 0.05~1.5 g/L 的检测范围内，线性相关系数均大于 0.99，线性关系好，可用于单糖样品的检测。

表3 标准曲线线性参数

Table 3 Linear parameters of standard curves

| 组分  | 线性回归方程           | R <sup>2</sup> | 线性范围/(g/L) |
|-----|------------------|----------------|------------|
| 甘露糖 | Y=174.503X+1.858 | 0.999          | 0.05~1.5   |
| 葡萄糖 | Y=98.709X+3.547  | 0.993          | 0.05~1.5   |

2.2.1.2 样品测定结果 将四种魔芋粉样品分别按照 1.3 的方法进行前处理和衍生化后注入高效液相色谱进行分析，通过标准曲线计算样品中甘露糖和葡萄糖含量。进一步通过 1.3.5 中的公式计算样品中 KGM 及淀粉含量，测定结果如表 4 所示。

表4 高效液相色谱法测定样品中葡甘聚糖和淀粉含量

Table 4 Determination of KGM and starch in samples by HPLC

%

|        | 魔芋精粉                    | 魔芋飞粉                    | 葡甘露聚糖样品                 | 魔芋全粉                    |
|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 葡甘聚糖含量 | 62.69±1.38 <sup>b</sup> | 13.73±0.34 <sup>d</sup> | 71.23±2.83 <sup>a</sup> | 43.32±0.10 <sup>c</sup> |
| 淀粉含量   | 15.92±0.60 <sup>c</sup> | 42.16±0.74 <sup>a</sup> | 16.38±0.57 <sup>c</sup> | 24.04±0.26 <sup>b</sup> |

注：同一行不同字母的值有显著差异（Tukey 检验， $P < 0.05$ ）。

Note: values with different superscript letters within each row are significantly different (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

### 2.2.2 标准方法测定样品中葡甘聚糖和淀粉含量

分别使用 GB 5009.9—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》和 NY/T 494—2010《魔芋粉》中描述的方法测定四种魔芋粉样品中 KGM 和淀粉含量，测定结果如表 5 所示。

表5 标准方法测定样品中葡甘聚糖和淀粉含量

Table 5 Determination of KGM and starch in samples by standard method

%

|        | 魔芋精粉                    | 魔芋飞粉                    | 葡甘露聚糖样品                 | 魔芋全粉                    |
|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 葡甘聚糖含量 | 95.54±1.65 <sup>a</sup> | 21.64±0.10 <sup>c</sup> | 90.63±1.18 <sup>a</sup> | 61.05±0.61 <sup>b</sup> |
| 淀粉含量   | 71.05±0.57 <sup>b</sup> | 51.00±0.27 <sup>d</sup> | 78.31±0.13 <sup>a</sup> | 57.65±0.62 <sup>c</sup> |

注：同一行不同字母的值有显著差异（Tukey 检验， $P < 0.05$ ）。

Note: values with different superscript letters within each row are significantly different (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

### 2.2.3 测定结果分析

根据 NY/T 494—2010 和 GB 5009.9—2016 第二法对样品中葡甘聚糖和淀粉含量进行测定，将测定结果与水分、灰分、蛋白、单糖含量进行累

加, 其中魔芋精粉总量达 185.90%、楚雄德源魔芋飞粉总量达 110.00%、葡甘聚糖样品总量达 177.97%、魔芋全粉总量达 150.87%, 显然是不合理的。

柱前衍生高效液相色谱法对样品中葡甘聚糖和淀粉含量进行测定, 楚雄德源魔芋精粉总量达 97.92%、楚雄德源魔芋飞粉总量达 93.25%、襄樊惠葡葡甘露聚糖总量达 96.64%、魔芋全粉总量达 99.53%, 表明该方法能够很好地用于魔芋粉中葡甘聚糖和淀粉含量的检测。

### 2.3 方法学考察

#### 2.3.1 方法重复性验证

根据上述实验, 完全酸水解结合柱前衍生化的方法能够很好的用于魔芋粉组成的测定, 对该方法测定样品的重复性进行验证。4 种魔芋粉检测方法重复性的测定结果如表 6 所示。

表 6 方法重复性验证 (n=6) %  
Table 6 Method repeatability validation (n=6) %

| 样品      | 检测项目 | 测定值                                 | RSD  |
|---------|------|-------------------------------------|------|
| 魔芋精粉    | 葡甘聚糖 | 64.03、62.74、61.28、60.94、65.27、63.69 | 2.66 |
|         | 淀粉   | 16.51、15.94、15.31、15.30、14.99、15.96 | 3.60 |
| 魔芋飞粉    | 葡甘聚糖 | 13.65、14.09、13.44、13.45、14.94、14.30 | 4.19 |
|         | 淀粉   | 42.08、42.93、41.46、42.66、45.10、42.75 | 2.89 |
| 葡甘露聚糖样品 | 葡甘聚糖 | 74.38、68.91、70.41、70.04、64.81、69.74 | 4.40 |
|         | 淀粉   | 16.97、15.84、16.33、16.69、15.25、16.35 | 3.78 |
| 魔芋全粉    | 葡甘聚糖 | 43.21、43.39、43.37、43.64、43.83、43.37 | 0.52 |
|         | 淀粉   | 24.19、23.75、24.20、23.94、23.22、23.75 | 1.52 |

4 种魔芋粉样品中葡甘露聚糖和淀粉 6 组平行的测定值 RSD≤4.40%, 表明该方法重复性好, 能够用于魔芋粉中葡甘露聚糖和淀粉含量的测定。

#### 2.3.2 方法回收率验证

葡甘聚糖为大分子混合物, 市面上没有标准品售卖。故在该实验中仅测定柱前衍生部分的回收率。回收率包括加入的甘露糖和葡萄糖标准品的回收率以及折算回葡甘露聚糖和淀粉的回收率。4 种魔芋粉检测方法回收率的测定结果如表 7 所示。

4 种魔芋粉样品中甘露糖加标回收率在 87.98%~103.31%之间, RSD≤5.25%; 葡萄糖加标回收率在 92.94%~107.57%之间, RSD≤3.25%; 折算回葡甘露聚糖回收率在 87.98%~103.31%之

间, RSD≤5.25%; 淀粉回收率在 91.50%~108.05%之间, RSD≤7.67%。回收率测定结果表明该方法回收率高, 平行性好。

表 7 方法回收率验证  
Table 7 Method recovery validation %

| 样品      | 检测项目 | 中浓度加标测定值 |      | 高浓度加标测定值 |      |
|---------|------|----------|------|----------|------|
|         |      | 回收率      | RSD  | 回收率      | RSD  |
| 魔芋精粉    | 甘露糖  | 93.63    | 2.69 | 98.25    | 1.89 |
|         | 葡萄糖  | 92.94    | 2.31 | 102.23   | 0.37 |
|         | 葡甘聚糖 | 93.63    | 2.69 | 98.25    | 1.89 |
|         | 淀粉   | 91.50    | 4.42 | 102.19   | 3.85 |
| 魔芋飞粉    | 甘露糖  | 93.78    | 5.25 | 103.31   | 3.38 |
|         | 葡萄糖  | 104.21   | 3.13 | 107.57   | 2.86 |
|         | 葡甘聚糖 | 93.78    | 5.25 | 103.31   | 3.38 |
|         | 淀粉   | 105.38   | 3.09 | 108.05   | 3.51 |
| 葡甘露聚糖样品 | 甘露糖  | 95.88    | 4.35 | 98.48    | 2.72 |
|         | 葡萄糖  | 96.48    | 1.96 | 100.19   | 0.71 |
|         | 葡甘聚糖 | 95.88    | 4.35 | 98.48    | 2.72 |
|         | 淀粉   | 97.74    | 7.67 | 103.71   | 7.35 |
| 魔芋全粉    | 甘露糖  | 87.98    | 0.62 | 99.06    | 3.32 |
|         | 葡萄糖  | 105.20   | 0.25 | 100.36   | 3.25 |
|         | 葡甘聚糖 | 87.98    | 0.62 | 99.06    | 3.32 |
|         | 淀粉   | 104.71   | 0.26 | 101.13   | 7.08 |

### 3 结论

本研究建立了同时检测 4 种魔芋粉 (魔芋精粉、魔芋飞粉、葡甘露聚糖样品、魔芋全粉) 中葡甘露聚糖和淀粉含量的高效液相色谱方法。魔芋精粉中葡甘露聚糖和淀粉含量分别为 62.69% 和 15.92%; 魔芋飞粉中葡甘露聚糖和淀粉含量分别为 13.73%和 42.16%; 葡甘露聚糖样品中葡甘聚糖和淀粉含量分别 71.23%和 16.38%; 魔芋全粉中葡甘露聚糖和淀粉含量分别为 43.32%和 24.04%。该方法同时测定 4 种魔芋粉中葡甘聚糖和淀粉含量 6 组重复样品间 RSD≤4.40%, 加标回收率在 87.98%~108.05%之间, RSD≤7.67。本方法可满足魔芋粉样品中葡甘聚糖和淀粉含量的同时测定, 为魔芋粉样品的分级提供可行的评价方法。

#### 参考文献:

[1] SUDHANSU S. BEHERA, RAMESH C. Ray. Konjac glucomannan, a promising polysaccharide of Amorphophallus konjac K. Koch in health care[J]. Int. J. Biol. Macromol, 2016, 92: 942-956.

- [2] 魏晓梅, 来国丹, 何芳, 等. 云南省花魔芋葡甘露聚糖提取方法的优化及测定[J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(1): 20-25.  
WEI X M, LAI G D, HE F. Optimization and determination of the extraction method of konjac glucomannan from Yunnan province[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2022, 41(1): 20-25.
- [3] 谭熙蕾, 徐燕, 周才琼. 魔芋葡甘露聚糖的功能特性及应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(20): 214-219.  
TAN X L, XU Y, ZHOU C Q. Research progress on the functional properties and application of konjac glucomannan[J]. Food Res. Dev., 2021, 42(20): 214-219.
- [4] 王鑫, 黄瑾, 吴瑀婕, 等. 瓜尔豆胶与魔芋胶复配联合超声处理改善鸡血豆腐的品质[J]. 食品科学, 2021, 42(23): 145-151.  
WANG X, HUANG J, WU Y J, et al. Improved quality of chicken blood tofu by addition of guar bean gum and konjac gum combined with ultrasonic treatment[J]. Food Sci, 2021, 42(23): 145-151.
- [5] 李恒杰, 汪师帅. 不同黏度的魔芋葡甘露聚糖制备及在吐司中的应用[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(12): 33-36.  
LI H J, WANG S S. Preparation of konjac glucomannan with different viscosity and its application in toast[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(12): 33-36.
- [6] 温永平, 唐季清, 韩冬, 等. 魔芋甘露寡糖对酸奶免疫调节活性的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(17): 133-142.  
WEN Y P, TANG J Q, HAN D, et al. Effects of konjac mannanoligosaccharide fortification on immunomodulatory activity of yogurt[J]. Food Sci, 2021, 42(17): 133-142.
- [7] 葛珍珍, 张圆圆, 李盈, 等. 魔芋葡甘露聚糖对面条质构及微观结构的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(9): 67-72.  
GE Z Z, ZHANG Y Y, LI Y, et al. Effect of konjac glucomannan on the texture and microstructure of noodles[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(9): 67-72.
- [8] 邱博韬, 张鸿宇, 许志茹, 等. 多糖分析方法研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(6): 327-333.  
QIU B T, ZHANG H Y, XU Z R, et al. Research progress on analysis of polysaccharides[J]. Sci. Technol. Food Ind., 2018, 39(6): 327-333.
- [9] 张军, 杨秀全, 周媛, 等. 高效液相色谱法测定糖苷类表面活性剂产品中糖类物质的含量[J]. 日用化学工业, 2017, 47(4): 232-236.  
ZHANG J, YANG X Q, ZHOU Y, et al. Determination of monose and polysaccharides in glucoside-based surfactant products by HPLC[J]. China Surfactant Deterg. Cosmet., 2017, 47(4): 232-236.
- [10] 詹梦涛, 娄水珠, 刘仙花, 等. 3, 5-二硝基水杨酸法测定液体糖中总糖含量[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2020, 29(4): 317-321.  
ZHAN M T, LOU S Z, LIU X H, et al. Determination of the total sugar content in liquid sugar by 3, 5-dinitrosalicylic acid method [J]. J. Yunnan Natl. Univ., Nat. Sci. Ed., 2020, 29(4): 317-321.
- [11] 许歆瑶. 糖类化合物分析新方法研究及中药葛根多糖的提取、纯化与结构鉴定[D]. 上海: 上海交通大学, 2020.  
XU X Y. Study on the analysis of saccharides and the extraction, purification and structure identification of peuraria polysaccharides [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2020.
- [12] 周彦强, 吴光斌, 陈发河. PMP柱前衍生化HPLC法测定黄秋葵多糖的单糖组成[J]. 食品科学, 2019, 40(4): 266-271.  
ZHOU Y Q, WU G B, CHEN F H. Analysis of monosaccharide composition of polysaccharides from okra by pre-column derivatization high performance liquid chromatography[J]. Food Sci, 2019, 40(4): 266-271.
- [13] 李婷婷, 王雪吟, 胡丹荔, 等. 柱前衍生法测定桂花多糖中的6种单糖的含量[J]. 食品工业, 2019, 40(4): 323-327.  
LI T T, WANG X Y, HU D L, et al. Determination of six monosaccharides in osmanthus fragrans polysaccharides by pre-column derivatization[J]. Food Ind., 2019, 40(4): 323-327.
- [14] 陈彦杰. 高效液相色谱法测定魔芋精粉中葡甘露聚糖的含量[J]. 中国当代医药, 2016, 23(36): 125-128.  
CHEN Y J. Determination of konjac glucomannan in konjac refined powder by HPLC[J]. China Mod. Med., 2016, 23(36): 125-128.
- [15] 张璐, 杨莹莹. 高效液相色谱法测定党参多糖的单糖组成及含量[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(12): 163-169.  
ZHANG L, YANG Y Y. Determination of monosaccharide composition and content of Codonopsis pilosula polysaccharide by HPLC[J]. China Food Addit., 2021, 32(12): 163-169.
- [16] 赵秀婷, 张燕洁, 付萌, 等. 香菇多糖的PMP-HPLC指纹图谱分析与免疫活性的谱效关系研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(3): 1-10.  
ZHAO X T, ZHANG Y J, FU M, et al. Fingerprint chromatography analysis of lentinan by PMP-HPLC and its relationship with immunoactivity[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(3): 1-10. 