

脱多糖南瓜粉物化特性与抗氧化活性研究

Investigation of physicochemical properties and antioxidant activity of polysaccharide-removal pumpkin powder

吕桂芝¹ 李高阳^{1,2}

LV Gui-zhi¹ LI Gao-yang^{1,2}

(1. 中南大学隆平分院, 湖南 长沙 410125; 2. 湖南省农产品加工研究所, 湖南 长沙 410125)

(1. Longping Branch Graduate School, Central South University, Changsha, Hunan 410125, China;

2. Hunan Agricultural Product Processing Institute, Changsha, Hunan 410125, China)

摘要:以提取多糖后的南瓜渣为原料制备脱多糖南瓜粉,以南瓜全粉为对照,对比脱多糖南瓜粉与南瓜全粉在物化特性和抗氧化性上的差异。结果表明:与南瓜全粉相比,脱多糖南瓜粉的还原糖含量及其孔隙率均下降明显,戊聚糖和 β -胡萝卜素含量略有减少;色泽亮度增加,黄色加深;蛋白质含量虽有所减少,但必需氨基酸所占比例上升,氨基酸组成更加符合 FAO/WHO 的理想模式;清除 DPPH 自由基的能力下降。

关键词:南瓜粉;物化特性;抗氧化性

Abstract: The physicochemical properties and antioxidant activity of whole pumpkin powder and polysaccharide-removal pumpkin powder were studied. The results showed that: compared with the whole pumpkin powder, the reducing sugar content and porosity were decreased obviously, while the pentosan and β -carotene content were reduced slightly. The color brightness increased and yellow deepened were observed in polysaccharide-removal powder. Although the content of protein was decreased partly, the proportion of essential amino acid was increased, and the amino acid composition was more in line with the ideal model of the FAO/WHO. The scavenging capacity to DPPH was declined.

Keywords: pumpkin powder; physicochemical property; antioxidant activity

南瓜(pumpkin),又名倭瓜、金瓜、番瓜等,葫芦科(*Lagenaria*)南瓜属一年生草本植物。因其环境适应能力强、营养价值高、产量大、耐贮藏等特点,在世界各地均有广泛种植^[1],中国南瓜年产量约占世界总产量的 13%,位居世界第二^[2]。南瓜富含多糖、类胡萝卜素、维生素、矿物质、氨基酸

等营养活性成分,具有较好的降血脂、降血糖、预防心血管疾病、解毒驱虫、减肥等功效,是一种药食两用的保健蔬菜^[3]。

近年来,有关南瓜的深度研究主要集中在多糖的提取、分离、鉴定以及动物学试验^[4,5]上,南瓜多糖已实现了产业化,但对提取多糖剩余物的利用上研究很少。本试验以南瓜提取多糖后的剩余物为入手点,通过探讨提取多糖前后南瓜粉的物化特性和抗氧化性等差异,为提取多糖后南瓜剩余物的进一步综合利用提供一定理论参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

南瓜:湖南省农业科学研究院蔬菜研究所;
 β -胡萝卜素:Aladdin 试剂(上海)有限公司;
1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH):美国 Sigma 公司;
苯酚、浓 HCl、3,5-二硝基水杨酸、无水乙醇、甲醇等:分析纯,上海试剂公司。

1.2 仪器与设备

分析天平:BSA124S 型,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;
恒温水浴锅:XMTD-702 型,北京三二八科学仪器有限公司;
高速万能粉碎机:QE-300 克型,浙江屹立工贸有限公司;
超微粉碎机:HMB-701 型,北京开创同和科技发展有限公司;
台式高速离心机:TG16K-II 型,长沙东旺实验仪器有限公司;
电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9053A 型,上海精宏实验设备有限公司;

基金项目:国家科技惠民计划(编号:2012GS430202)

作者简介:吕桂芝(1989—),女,中南大学在读硕士研究生。

E-mail: shuishangzhicheng@126.com

通讯作者:李高阳

收稿日期:2015-12-30

超声波清洗器:KQ-500DTV 型,宁波新芝生物科技股份有限公司;
紫外可见分光光度计:UV-1700 型,日本岛津公司;
测色仪:Hunter Lab-Color Quest XE 型,上海信联创作电子有限公司;

日立全自动氨基酸分析仪:L-8900 型,江苏同生科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 南瓜全粉和脱多糖南瓜粉的制备

(1) 南瓜全粉的制备:挑选成熟无病害南瓜,清洗、去籽、去囊衣,切成 0.5 cm 薄片,60 ℃鼓风干燥 24 h。将烘干的南瓜片进行超微粉碎,过 200 目筛,备用。

(2) 脱多糖南瓜粉的制备:将按 1.3.1(1)干燥得到的南瓜片进行粗粉碎,过 60 目筛,采用超声波辅助法提取多糖(功率 450 W,温度 50 ℃,提取 1 h,提取 2 次),8 000 r/min 离心 10 min,收集沉淀,60 ℃干燥 24 h,超微粉碎,过 200 目筛,备用。

1.3.2 物化性质测定

- (1) 还原糖:3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法^[6];
- (2) 戊聚糖:间苯三酚法^[7];
- (3) β-胡萝卜素:分光光度法^[8];
- (4) 真实密度、堆积密度、孔隙率:先记录量筒的净重(W_1),然后取一定量的南瓜粉加入到已知重量的量筒中,记录总重量(W_2),同时记下量筒中南瓜粉的体积(V_1),加入同体积的有机溶剂(异丙醇:邻苯二甲酸二乙酯=1 : 1),记录总体积(V_2),真实密度(TD)、堆积密度(BD)、孔隙率(P)分别按式(1)~(3)计算^[9]:

$$TD = \frac{W_2 - W_1}{V_2 - V_1} \tag{1}$$

$$BD = \frac{W_2 - W_1}{V_1} \tag{2}$$

$$P = 1 - \frac{BD}{TD} \tag{3}$$

1.3.3 色泽 采用 Hunter Lab 测色仪,以标准白板为标

准,($L=93.57,a=-0.65,b=1.87$)测定 2 种南瓜粉的 L 、 a 、 b 值,根据测定的 a 、 b 及 L 值按式(4)和(5)计算出 h° 和 C 值:

$$h^\circ = \tan^{-1}(b/a) \tag{4}$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \tag{5}$$

1.3.4 氨基酸含量 采用全自动氨基酸分析仪测定。

1.3.5 DPPH 自由基清除能力 准确称取 1 g 南瓜粉于 100 mL 具塞锥形瓶中,加入 50 mL 甲醇,室温避光震荡 24 h,过滤,定容至 100 mL 容量瓶,-20 ℃冰箱中备用^[10]。取一定浓度的样品甲醇溶液 2 mL,加入 0.1 mmol/L DPPH·甲醇溶液 3 mL,混匀后室温下避光静置 30 min,测定 517 nm 处吸光度值。计算公式:

$$R = \frac{A_{\text{对照}} - A_{\text{样品}}}{A_{\text{样品}}} \times 100\% \tag{6}$$

式中:
 R ——DPPH 自由基清除率,%;
 $A_{\text{对照}}$ ——2 mL 甲醇+3 mL DPPH·甲醇溶液吸光度;
 $A_{\text{样品}}$ ——2 mL 样品+3 mL DPPH·甲醇溶液吸光度;

2 结果与分析

2.1 物化性质分析

由表 1 可知,脱多糖南瓜粉与南瓜全粉在物化性质上存在一定的差异性。脱多糖南瓜粉的还原糖含量下降明显,仅为南瓜全粉的 47%,戊聚糖含量变化较小,得到了较好的保留,为南瓜全粉的 90%。戊聚糖为非淀粉多糖,是细胞壁多糖的主要成分之一,根据在水中的溶解性可分为水溶性阿拉伯木聚糖(WEAX)和水不溶性阿拉伯木聚糖(WUAX)。而研究^[11]表明,水溶性戊聚糖含量明显低于不溶性戊聚糖的含量,因此,在提取多糖的过程中戊聚糖损失相对较少。β-胡萝卜素作为脂溶性色素,较难溶于水,因而含量受影响不大。

由表 1 还可以看出,脱多糖南瓜粉的孔隙率低于南瓜全粉的孔隙率,由于孔隙率与粉末复水速率成正比,孔隙率越大,粉末越易溶于水,因此可以推出脱多糖南瓜粉的溶解性较南瓜全粉有所下降。

表 1 不同南瓜粉的物化性质分析(干基)

Table 1 Physicochemical properties of different pumpkin powder(DB)

样品	还原糖/ %	戊聚糖/ %	β-胡萝卜素/ (mg·g ⁻¹)	真实密度/ (g·cm ⁻³)	堆积密度/ (g·cm ⁻³)	孔隙率
南瓜全粉	21.80	4.46	0.71	1.60	0.63	0.60
脱多糖南瓜粉	10.23	4.03	0.52	1.29	0.65	0.49
保留率	47%	90%	73%			

2.2 南瓜粉色泽分析

采用 Hunter Lab 全自动测色仪对南瓜粉进行色泽分析,其中: L 表示亮度,从黑到白,0~100,其值越大表明颜色越亮; a 表示红绿度,从绿到红,- $a \sim +a$; b 表示黄蓝度,从蓝到黄,- $b \sim +b$ ^[12]。 h° 为色调角,确定红黄绿蓝等颜色以

及这些基本色之间的颜色,0°对应纯红色,90°对应纯黄色,180°对应纯绿色,270°对应纯蓝色。 C 值为彩度,其值越大,颜色越佳。

由表 2 可知,与南瓜全粉相比,脱多糖南瓜粉 L 值较大,说明经过多糖提取后,其色泽较亮,颜色较浅。南瓜全粉和

脱多糖南瓜粉的 h° 值均位于第一象限内,即红—黄色,但是脱多糖南瓜粉的 h° 值稍大于南瓜全粉,表明脱多糖南瓜粉比南瓜全粉更偏向于黄色。该结果表明,多糖提取过程对南瓜色泽影响较小,提取多糖后剩余物较好的保留了南瓜特有的色泽,且亮度有所提升。

表 2 不同南瓜粉色泽分析

Table 2 Color analysis of different pumpkin powder					
样品名称	L	a	b	h°	C
南瓜全粉	69.43	18.52	33.92	61.37	38.65
脱多糖南瓜粉	74.82	12.26	30.01	67.78	32.42

2.3 南瓜粉氨基酸含量分析

由表 3 可知,南瓜全粉和脱多糖南瓜粉均含有 17 种氨基酸(色氨酸未检出),其中包含 7 种人体必需氨基酸和婴儿必需氨基酸——组氨酸,南瓜全粉的总氨基酸含量为 4.71 g/100 g,脱多糖南瓜粉的总氨基酸含量较南瓜全粉稍有下降,为 3.08 g/100 g。根据 FAO/WHO 的理想模式^[13],质量较好的蛋白质其组成的氨基酸为必须氨基酸与总氨基酸质量比(EAA/TAA)在 40%左右,必需氨基酸与非必需氨基酸质量比(EAA/NEAA)在 60%以上。由表 3 还可知,脱多糖南瓜粉的 EAA/TAA 为 33.77%,EAA/NEAA 为 51%,均明显高于南瓜全粉的 26.32%和 35.69%,说明在多糖提取过程中,南瓜粉中氨基酸比值发生变化,使得脱多糖南瓜粉的氨基酸组成更加符合 FAO/WHO 的理想模式的指标要求,是一种质量较好的蛋白质来源。

表 3 不同南瓜粉中的氨基酸含量[†]

Table 3 WB Amino acids contents of different pumpkin powder ($10^{-2} \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$)					
氨基酸	南瓜全粉	脱多糖南瓜粉	氨基酸	南瓜全粉	脱多糖南瓜粉
天冬氨酸**	1.14	0.47	异亮氨酸*	0.17	0.14
苏氨酸*	0.16	0.12	亮氨酸*	0.22	0.21
丝氨酸	0.22	0.17	酪氨酸	0.08	0.07
谷氨酸**	0.86	0.44	苯丙氨酸*	0.19	0.16
甘氨酸**	0.14	0.13	赖氨酸*	0.26	0.21
丙氨酸**	0.30	0.18	组氨酸	0.07	0.06
半胱氨酸	0.03	0.02	精氨酸	0.22	0.12
缬氨酸*	0.20	0.17	脯氨酸	0.41	0.38
蛋氨酸*	0.04	0.02	色氨酸	未检出	未检出

† “*”表示必需氨基酸;“**”表示鲜味氨基酸;南瓜全粉的 EAA 为 1.24 g/100 g,FAA 为 2.45 g/100 g,TAA 为 4.71 g/100 g,EAA/TAA 为 26.32%,EAA/NEAA 为 35.69%,FAA/TAA 为 51.98%;脱多糖南瓜粉的 EAA 为 1.04 g/100 g,FAA 为 1.22 g/100 g,TAA 为 3.08 g/100 g,EAA/TAA 为 33.77%,EAA/NEAA 为 51.00%,FAA/TAA 为 39.56%。

表 3 中两种南瓜粉的鲜味氨基酸(FAA)组成和含量,均包括对鲜味有影响的特征性氨基酸(天门冬氨酸和谷氨酸)以及对甘味有影响的特征性氨基酸(甘氨酸和丙氨酸),南瓜全粉的鲜味氨基酸总量为 2.45 g/100 g,占总氨基酸含量 51.98%。脱多糖南瓜粉中的鲜味氨基酸总量为 1.22 g/100 g,占总氨基酸含量 39.56%,比南瓜全粉中的含量有所降低。分析其主要原因可能为天冬氨酸和谷氨酸两种氨基酸是极性带负电荷氨基酸,亲水性较好,在热水浸提多糖的过程中损失较为严重。

2.4 南瓜粉对 DPPH 自由基的清除作用

DPPH 是一种商业化有机氮自由基,性质稳定,517 nm 处存在特定吸收峰,当向 DPPH 溶液中加入抗氧化剂后,溶液颜色变浅,吸光度值变小,变小的程度与自由基被清除的程度呈量效关系,因而可用分光光度法定量分析 DPPH 自由基清除程度^[14]。

由图 1 可知,两种南瓜粉对 DPPH 自由基均有一定的清除作用,且随着浓度的增加,南瓜粉对 DPPH 自由基的清除率也随之提高。根据 DPPH 自由基的清除曲线作图,可计算出半清除率 IC_{50} , IC_{50} 值越小,表明抗氧化能力越强,反之越弱。经计算得出,南瓜全粉的 IC_{50} 值为 8.23 mg/mL,而脱多糖南瓜粉的 IC_{50} 值为 19.67 mg/mL,说明脱多糖南瓜粉对 DPPH 自由基的清除能力相对较弱。导致其抗氧化活性下降的主要原因可能是由南瓜多糖、V_C 以及多酚类等具有抗氧化能力的活性物质的损失引起的。

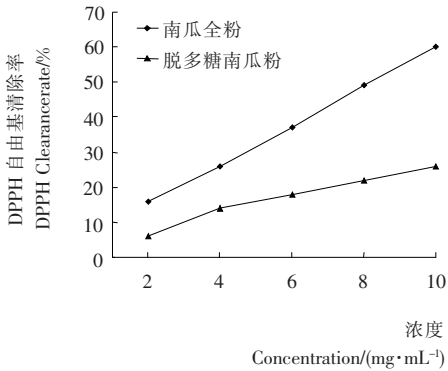


图 1 不同南瓜粉 DPPH 自由基清除率
Figure 1 DPPH · free radical clearance rate of different pumpkin powder

3 结论

- (1) 南瓜粉提取多糖后还原糖含量降低,但仍较好地保留了南瓜的营养成分,必需氨基酸所占比例有所提升,更加符合 FAO/WHO 理想模式的要求。
- (2) 脱多糖南瓜粉保持了南瓜特有的色泽和香气,是作为食品辅料或添加剂的优质原料,具有很好的应用价值。

参考文献

1 黄黎慧,黄群,于美娟,等. 南瓜的营养价值与保健功能[J]. 中国食物与营养,2005(9): 45~47.

2

王洪伟,徐雅琴. 南瓜功能成分研究进展[J]. 食品与机械,2004,20(4): 55~57.

3

贺小琼. 南瓜的营养与保健[J]. 中国食物与营养,2003(8): 43~46.

4

彭红,黄小茉,欧阳友生,等. 南瓜多糖的提取工艺及其降糖作用的研究[J]. 食品科学,2002,23(8): 260~263.

5

Akwaowo E U, Ndon B A, Etuk E U. Minerals and antinutrients in fluted pumpkin (Telfairia occidentalis Hook f.)[J]. Food Chemistry,2000,70(2): 235~240.

6

赵凯,许鹏举,谷广烨. 3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J]. 食品科学,2008,29(8): 534~536.

7

王君福,吴丁丁,刘倩倩,等. 间苯三酚法测定玉米芯水解液中木糖含量[J]. 安徽农业科学,2011,39(22): 13 542~13 544.

8

姜元欣. 微波真空干燥南瓜渣和南瓜粉[D]. 无锡:江南大学,2005.

9

Hsu Chin-Lin, Chen Wenlung, Weng Yih-Ming, et al. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods[J]. Food Chemistry,2003,83(1): 85~92.

10

方雪花. 鲜切南瓜生理特性与南瓜粉抗氧化活性[D]. 杭州:浙江大学,2005.

11

Subba R M, Muralikrishna G. Isolation and purification of all alkali extractable arabinoxylan from native and malted hemicellulose[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2006,54(6):2 342~2 349.

12

帅希祥,梁瑞红,张红卫,等. 水分含量对南酸枣糕质构和色泽的影响[J]. 食品与机械,2012,28(6): 12~15.

13

李高阳,丁霄霖. 双液相技术对亚麻蛋白氨基酸组成及其疏水性的影响[J]. 食品工业科技,2006,27(1): 57~60.

14

杨冬梅,金月亭,柯乐芹,等. 12种常见蔬菜抗氧化活性的比较研究[J]. 中国食品学报,2007,7(5): 24~29.

(上接第 197 页)

4

Yoshimoto M, Okuno S, Yoshinaga M, et al. Antimutagenicity of sweet potato roots[J]. Biosci. Biotechnol Biochem. , 1999, 63(3): 537~541.

5

Suda I,Furuta S, Nishiba Y, et al. Reduction of liver induced by carbon tetrachloride in rats administered purple ceolored sweet potato juice[J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 1997, 44(4): 315~318.

6

Matsui Y, Ebuchi S, Fukui K, et al. Anti2-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from Ipomoea batatas L. cultivarAyamurasaki can be achieved through the alpha-glucosidase inhibitory action [J]. Agric. Food Chem. , 2002, 50(25): 7 244~7 248.

7

吕昱,严敏. 紫薯花色苷的生理功能及分离纯化研究进展[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 250~253.

8

陈伟莉,杨北平,张晨. 紫色甘薯在高寒地区种植表现与栽培管理技术[J]. 江苏农业科学, 2012(1): 95~97.

9

吕跃东,王勇,张文革,等. 响应面法优化紫甘薯花青素的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2012, 18(4):72~75.

10

陈丽,王晨静,王倩娟,等. 紫藤甘薯茎叶花色苷的提取及其副产物的综合利用[J]. 食品工业科技, 2013, 34(8): 123~126.

11

Truong V D, Deighton N, Thompson T R, et al.Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple-fleshed sweetpotatoes by HPLC—DAD/ESI—MS/MS[J]. Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(1): 404~410.

12

李杰. 紫甘薯花色素苷的提取、组分分析及热稳定性研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2012.

13

施鹏飞,肖海峻,罗红霞,等. 响应面分析法优化紫薯花青素提取工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35(20): 322~326.

14

苏东林,单杨,李高阳. 超声波强化响应面法优化提取桔皮黄酮[J]. 光谱实验室, 2009(6): 1 391~1 397.

15

李颖畅. 蓝莓花色苷提取纯化及生理功能研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2008.

信息窗

最新研究进一步证明均衡饮食可降低痴呆风险

据台湾“中央社”5月7日报道,最新医学研究发现,健康均衡饮食很可能降低大脑退化及记忆力减退的风险。

据报道,研究人员所定义的“均衡饮食”,包含大量蔬果、坚果、鱼、适量的酒和少量的红肉。

据美国有线电视新闻网(CNN)7日报道,《神经学》月刊(Neurology)本周发表的一篇研究让人们更加了解了饮食健康与降低记忆力率退的相关性。

美国阿兹海默症协会专家史奈德博士(Heather Snyder)指出:“一般观念认为均衡饮食或许有助减少认知能力衰

退,这项研究更加支持以上论点。”报道称,过去研究多强调特定饮食与提升认知功能的关系,这篇研究则建议加强整体饮食健康,指出这对保养大脑、降低记忆力衰退和认知障碍的风险很重要。

报道称,研究主要作者、加拿大麦马斯特大学(McMaster University)肾脏学研究员史密斯博士(Andrew Smyth)表示:“我们的研究不同之处在于,并未提出特定饮食或探讨特定一套饮食模式。”

(来源:www.foodmate.net)