

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2018.05.011

文章编号:2095-6002(2018)05-0068-06

引用格式:魏连会,刘宇峰,姬妍茹,等. 荸荠与黑荸荠营养成分的比较分析[J]. 食品科学技术学报,2018,36(5):68-73.



WEI Lianhui, LIU Yufeng, JI Yanru, et al. Comparative analysis of nutrients in water chestnuts and black water chestnuts [J]. Journal of Food Science and Technology, 2018,36(5):68-73.

荸荠与黑荸荠营养成分的比较分析

魏连会¹, 刘宇峰^{1,*}, 姬妍茹¹, 董艳¹, 杨庆丽¹, 宋淑敏¹,
石杰¹, 孙兴荣²

(1. 黑龙江省科学院大庆分院, 黑龙江大庆 163319;

2. 黑龙江省农业科学院大庆分院, 黑龙江大庆 163319)

摘要: 将荸荠与黑荸荠烘干磨粉处理,对其营养成分测定分析,结果表明,荸荠及其黑荸荠多糖,二者均由葡萄糖、D-半乳糖、D-阿拉伯糖组成,黑荸荠中D-半乳糖含量增加;通过对氨基酸组分的分析,发现荸荠中含有11种氨基酸,黑荸荠中含有13种氨基酸,黑荸荠中氨基酸种类增加;黑荸荠中主要营养物质蛋白质、脂肪、还原糖、多糖等营养物质含量增高,主要矿物元素P、Fe、Na、Ca含量增加;功能活性物质黄酮、多酚、类黑精含量显著增加。与鲜荸荠相比,黑荸荠中营养物质和功能活性成分含量均增加,因此黑荸荠可作为荸荠的一种新的加工产品来提高其附加值。

关键词: 黑荸荠;荸荠;营养成分;氨基酸;功能活性物质**中图分类号:** TS255.41**文献标志码:** A

荸荠(*Eleocharis dulcis*),亦称马蹄、乌茶、红慈菇等,是一种药食两用的果蔬类食材,在我国长江以南各省广泛种植。荸荠营养丰富,肉质细嫩,汁多味甜,清脆爽口,有“地下雪梨”之美誉,北方视为“江南人参”^[1]。荸荠含有水分、碳水化合物、蛋白质、脂肪、粗纤维、矿物质等多种营养物质^[2]。中医认为荸荠性寒味甘,具有清热化痰、生津开胃、明目清音、消食醒酒等保健功效^[3]。

荸荠中含的磷元素是根茎类蔬菜中较高的,能促进人体生长发育、维持生理功能同时可促进体内的糖、脂肪、蛋白质的代谢,调节酸碱平衡,因此荸荠适合儿童食用^[4]。同时荸荠富含多酚类、黄酮类、甾醇类、多糖类等功能活性成分,使其具有抗氧化、抗菌、免疫调节与抗肿瘤等多种保健功能^[5-8]。

黑荸荠产品的研制是将黑蒜的生产技术应用到了其他块茎类食材,以新鲜的荸荠为原料,采用变温发酵技术熟化而成,不添加食品添加剂,在保留原有营养成

分的同时,多酚类物质明显增加,反应过程引发美拉德反应,新增功能成分黑精可显著提升产品的抗氧化、抗肿瘤、抗菌等保健功效^[9]。

笔者研究团队前期通过对荸荠熟化过程中关键控制工艺条件研究,已探索出黑荸荠生产较佳工艺条件^[10],本研究继续对荸荠与黑荸荠的营养及其功能成分进行对比,旨在为产品的推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

鲜荸荠,购于湖北宜昌市;无水乙醇、碳酸钠、氢氧化钠、正丁醇,天津市大茂化学试剂厂;芦丁标准品、Folin-酚试剂,合肥博美生物科技有限责任公司;没食子酸,济宁泰诺化工有限公司;鼠李糖、D(+)-半乳糖、无水葡萄糖、甘露糖、D-阿拉伯糖,北京中科仪友化工技术研究院。

收稿日期:2017-07-26

基金项目:黑龙江省科学院青年基金面上项目(CXMS2017DQ01)。

作者简介:魏连会,男,助理研究员,主要从事功能性食品方面的研究;

*刘宇峰,女,研究员,主要从事功能食品微生物方面的研究,通信作者。

1.2 主要仪器设备

L-8900型全自动氨基酸分析仪,天美科学仪器有限公司;LC-15C型高效液相色谱仪,日本岛津;VFD3000-8000型冻干机,北京博医康实验仪器有限公司;黑荸荠生产设备,黑龙江省科学院大庆分院机电研究所研制;ME204E型分析天平,梅特勒-托利多仪器公司;T6型紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器公司;HH-1型恒温水浴锅,金坛市盛蓝仪器制造公司;JJ-2B型组织捣碎机,常州菲普实验仪器厂;410HT型超声波清洗机,深圳市光点超声波设备公司。

1.3 实验方法

1.3.1 黑荸荠的制作

将鲜荸荠洗净吹干后,装入耐高温密封塑料袋,放入加工设备,按照设定程序运行15 d后,制成黑荸荠^[10]。

1.3.2 粗多糖的提取与纯化

将荸荠和黑荸荠真空冷冻干燥,粉碎,过80目筛。称取10 g冻干粉末,加入50 mL石油醚脱脂90 min,将脱脂后产品转入200 mL烧杯中,按照固液比1:15 g/mL(荸荠、黑荸荠的质量与提取水溶液体积的比例),80℃水浴提取多糖5 h,将多糖粗提液用4层棉纱布过滤,将滤过夜8 000 r/min离心,取离心上清液过300目滤布,过滤液再用真空过滤(滤纸过滤),取滤过液,加入V(氯仿):V(正丁醇)=4:1的溶剂萃取多次,去除蛋白质,直到两相间无乳白色絮状物。加入 $\varphi=15\%$ 的双氧水脱色6 h,水浴浓缩到50 mL,加入 $\varphi=95\%$ 的乙醇进行醇沉,至乙醇终浓度体积分数为80%,过夜,离心收集沉淀,干燥得到粗多糖。

1.3.3 粗多糖中单糖组分的测定

1.3.3.1 粗多糖的水解

称取荸荠和黑荸荠多糖20 mg,加入2 mL 2 mol/L的三氟乙酸溶液,密封后置于110℃恒温干燥箱水解5 h,将水解液,置于离心机上14 000 r/min离心,取上清液,蒸干,定容到2 mL,待衍生。

1.3.3.2 单糖的衍生化处理

取荸荠和黑荸荠多糖的水解产物,准确移取0.2 mL于玻璃具塞离心管中,分别加入0.2 mL,0.5 mol/L的1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone, PMP)甲醇溶液和0.2 mL,0.3 mol/L的NaOH溶液,于70℃水浴中,加热60 min,冷却后加入0.2 mL,0.3 mol/L的盐酸溶液中和,再

加入1 mL氯仿萃取5次,离心,取上清液,用水定容到5 mL待用。

分别称取鼠李糖、D(+)-半乳糖、无水葡萄糖、甘露糖、D-阿拉伯糖标准品适量,配置浓度为1 mol/L的糖标准品溶液。取各个标准品溶液10 μ L,稀释定容到2 mL混匀,按照样品方法做衍生化处理,得到标准糖衍生化样品。

1.3.3.3 单糖组分测定

将样品及其标准品PMP衍生物,过0.22 μ m滤膜,按照以下HPLC方法检测,Agilent Venusil XBP-C18型色谱柱(4.6 mm \times 150 mm,5 μ m);流动相V(乙腈):V(0.05 mol/L乙酸铵的水溶液,pH 5.5)=20:80,流速1 mL/min,检测波长250 nm,柱温30℃,进样量10 μ L。

1.3.4 总氨基酸种类和含量的测定

将荸荠和黑荸荠样品真空冷冻干燥,粉碎,过80目筛,取冻干粉20 mg,于耐高温离心管中,加入10 mL,6 mol/L的盐酸溶解,用氮吹仪排净空气,放入110℃恒温干燥箱中水解24 h,将水解后的样品倒入蒸发皿中,70℃水浴蒸干。用0.02 mol/L的HCl溶解样品,并定容到1 L。将待测液过0.22 μ m的滤膜,进行总氨基酸含量的测定^[11]。

1.3.5 主要矿物元素含量的测定

荸荠及黑荸荠中各主要矿物元素检测方法如下:钠参照国标GB/T 5009.91—2003,磷参照国标GB/T 5009.87—2008,铁参照国标GB/T 5009.90—2003,钙参照国标GB/T 5009.92—2003。

1.3.6 其他指标的测定

蛋白质含量的测定参照国标GB/T 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》;粗脂肪含量的测定参照国标GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》;碳水化合物含量的测定参照国标GB/Z 21922—2008;还原糖的测定参照国标GB/T 5009.7—2008;总糖的测定参照国标GB/T 5009.8—2008;灰分的测定参照国标GB/T 5009.4—2010。黄酮含量的测定参照文献[12-13];总多酚含量的测定参照文献[14-15];类黑精含量的测定参照文献[16-17]。

2 结果与分析

2.1 粗多糖中单糖组分对比

2.1.1 标准单糖色谱测定

将单糖标准品混合后,进行高效液相色谱分析,见图1。

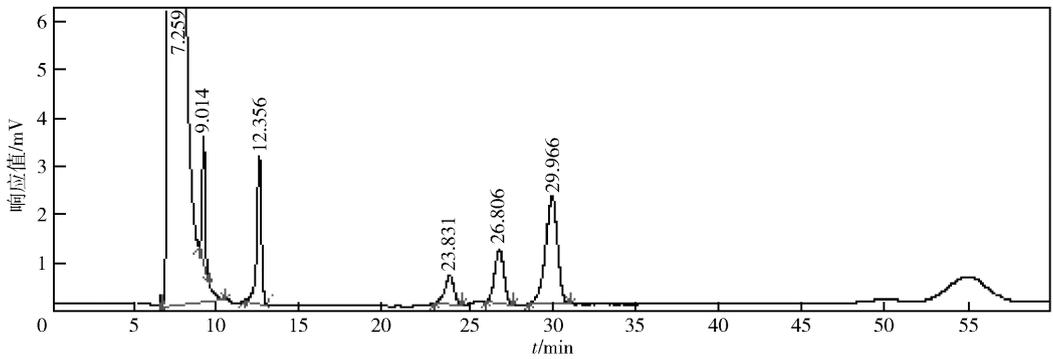


图1 混合单糖高效液相色谱

Fig. 1 High performance liquid chromatogram of mixed monosaccharides

由图1可知,出现了6个明显的分离峰,这些单糖在色谱柱上得到了有效的分离。对照各个单糖与混合单糖及其衍生剂的出峰时间,可知衍生剂PMP为7.200 min,得出标准单糖的出峰时间甘露糖为9.014 min,鼠李糖为12.356 min,无水葡萄糖为

23.831 min, D-半乳糖为26.806 min, D-阿拉伯糖为29.966 min。

2.1.2 粗多糖样品的单糖组分分析

荸荠与黑荸荠产品多糖经过水解,PMP甲醇溶液衍生后,经高效液相色谱检测单糖组分如图2和图3。

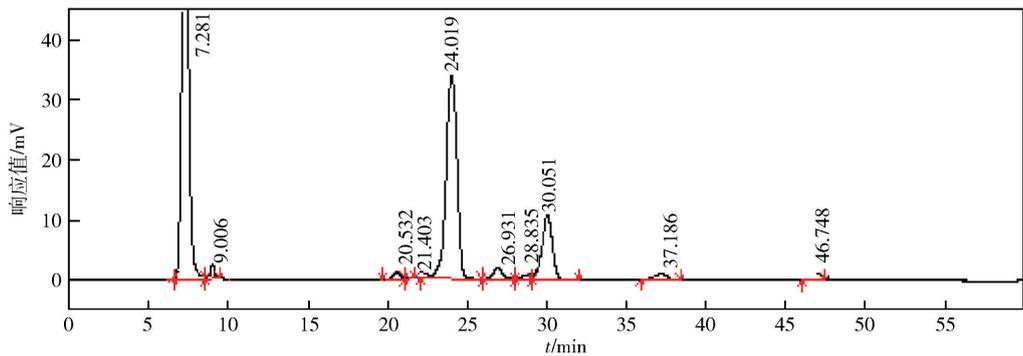


图2 荸荠多糖高效液相色谱

Fig. 2 High performance liquid chromatogram of water chestnut polysaccharides

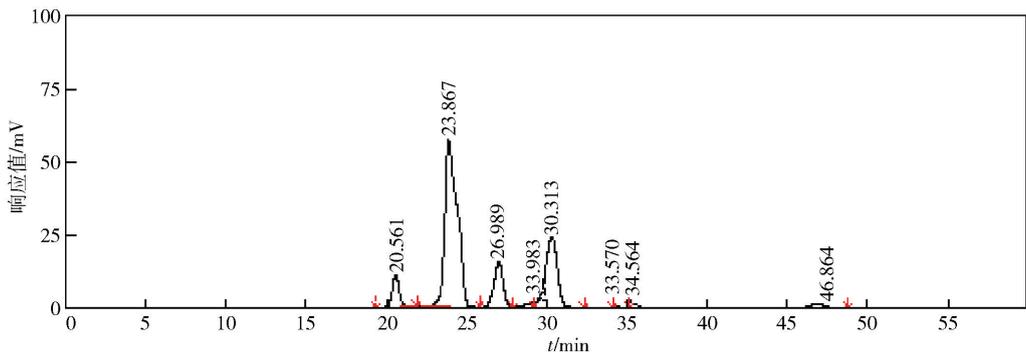


图3 黑荸荠多糖高效液相色谱

Fig. 3 High performance liquid chromatogram of black water chestnut polysaccharides

荸荠和黑荸荠多糖水解衍生图谱出峰时间与混合标准单糖图谱各个单糖的出峰时间比较,可知荸荠和黑荸荠中多糖主要由无水葡萄糖、D-半乳糖、D-阿拉伯糖组成。与荸荠相比较,加工后黑荸荠产品D-半乳糖含量相对增加。

2.2 氨基酸种类和含量对比

荸荠及黑荸荠产品氨基酸图谱见图4和图5。氨基酸种类及含量见表1。

通过全自动氨基酸分析仪,对荸荠和黑荸荠中氨基酸进行测定,荸荠中含有氨基酸11种,分别为

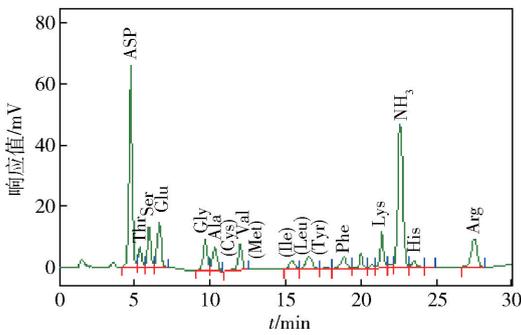


图4 荸荠样品氨基酸图谱

Fig. 4 Amino acids profiles of water chestnuts

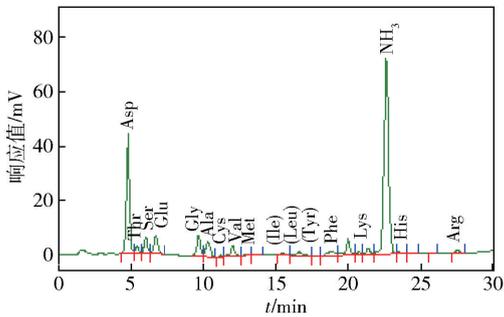


图5 黑荸荠样品氨基酸图谱

Fig. 5 Amino acids profiles of black water chestnuts

Ala、Gly、Glu、Ser、Asp、His、Arg、Thr、Phe、Lys、Val, 其中必需氨基酸含有4种,分别为Thr、Phe、Lys、Val,含有His、Arg这2种半必需氨基酸。黑荸荠中含有氨基酸13种,分别为Ala、Gly、Glu、Ser、Asp、Cys、His、Arg、Thr、Phe、Lys、Val、Met,其中包括5种必需氨基酸和2种半必需氨基酸。黑荸荠与荸荠相比较氨基酸种类更加丰富,增加了一种必需氨基酸和一种非必需氨基酸。

荸荠与黑荸荠中氨基酸的种类和含量如表1,可见黑荸荠中氨基酸种类增加,且新增的Cys为唯一还原性氨基酸,但氨基酸整体含量有所下降。

2.3 矿物质元素含量比较分析

荸荠和黑荸荠中主要矿物质元素含量如图6。通过比较荸荠与黑荸荠产品中主要矿物质元素含量变化,由高到低依次为P、Fe、Na、Ca。荸荠中各元素含量依次为0.21、0.115、0.09、0 mg/g。黑荸荠中各元素含量依次为0.26、0.167、0.15、0.09 mg/g。其中磷能促进人体生长发育和维持生理功能的需要,同时能够促进人体物质代谢,熟成后黑荸荠产品各矿物质元素含量大大增加,食用价值更高。

2.4 其他指标对比

荸荠和熟成后的黑荸荠产品中蛋白质、脂肪、碳水化合物、还原糖、多糖、灰分含量如图7。

表1 荸荠和黑荸荠氨基酸种类和含量

Tab. 1 Amino acids compositions of water chestnuts and black water chestnuts

氨基酸种类	荸荠	黑荸荠
天冬氨酸 Asp	1.945	1.316
苏氨酸 Thr*	0.169	0.074
丝氨酸 Ser	0.287	0.130
谷氨酸 Glu	0.594	0.268
甘氨酸 Gly	0.186	0.144
丙氨酸 Ala	0.227	0.160
缬氨酸 Val*	0.241	0.121
半胱氨酸 Cys	-	0.011
蛋氨酸 Met*	-	0.010
苯丙氨酸 Phe*	0.258	0.146
赖氨酸 Lys*	0.350	0.086
组氨酸 His	0.101	0.032
精氨酸 Arg	0.596	0.043
总氨基酸	4.954	2.530

* 为必需氨基酸, - 为未检出。

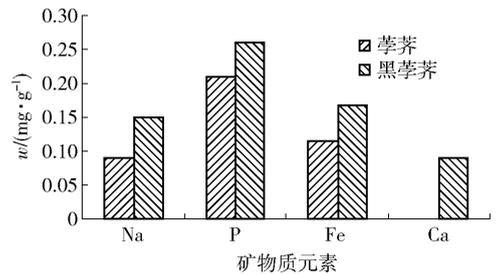


图6 荸荠和黑荸荠中矿物质元素含量

Fig. 6 Mineral elements contents in water chestnuts and black water chestnuts

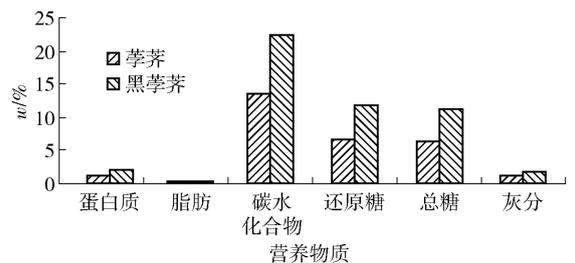


图7 荸荠和黑荸荠中主要营养物质含量

Fig. 7 Main nutrient contents in water chestnuts and black water chestnuts

黑荸荠与荸荠相比,主要营养物质成分蛋白质、脂肪、还原糖、碳水化合物、总糖、灰分含量均增加。还原糖和总糖含量增加较大,赋予黑荸荠香甜的口感,更符合人们对休闲食品口感的要求。

对荸荠和黑荸荠中功能活性物质黄酮、总多酚、类黑精的检测结果见图8。

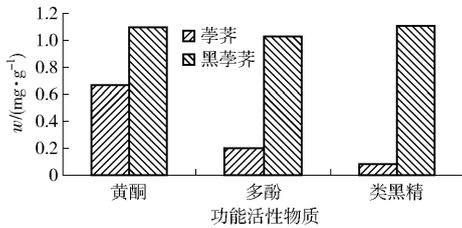


图8 荸荠和黑荸荠中功能活性物质含量

Fig. 8 Functional ingredients contents in water chestnuts and black water chestnuts

荸荠加工成黑荸荠后功能活性因子,黄酮、多酚、类黑精的含量显著增加。特别是在荸荠熟化过程中引发美拉德链式反应,类黑精含量成倍数级增高,使其在抗肿瘤、降血脂、抗氧化等功能活性方面作用更强,极大地增加了产品的附加值,是一种难得的具有保健功效的功能食品。

3 结论

熟成黑荸荠产品与荸荠相比较,多糖中单糖主要由葡萄糖、D-半乳糖、D-阿拉伯糖组成。与荸荠相比,加工后黑荸荠产品D-半乳糖含量相对增加。其中黑荸荠检测到13种氨基酸,荸荠中含有氨基酸11种,黑荸荠中增加了一种必需氨基酸Met和一种还原性氨基酸Cys。

黑荸荠中主要营养物质蛋白质、脂肪、碳水化合物、还原糖、多糖等营养物质含量增高,主要矿物质离子P、Fe、Na、Ca含量增加。功能活性物质黄酮、多酚、类黑精含量大大增加。

荸荠熟成黑荸荠后,主要营养物质和功能活性成分大大提高,因此将荸荠加工成黑荸荠保健果脯,作为一种新型的荸荠深加工产品,可增加产品的附加值,也将带动荸荠产业的发展,促进农民增收和地方经济发展。

参考文献:

[1] 孔进喜,韩文芳,吕广英,等. 荸荠食品加工研究进展[J]. 保鲜与加工,2011,11(1):43-46.
KONG J X, HAN W F, LÜ G Y, et al. Research progress of Chinese water chestnut processing [J]. Storage and Process, 2011, 11(1): 43-46.

[2] 赵广河,陈振林. 荸荠活性成分与功能作用研究进展[J]. 食品研究与开发,2011,32(32):235-237.

ZHAO G H, CHEN Z L. Study on active ingredients and functions of *Eleocharis dulcis* [J]. Food Research and Development, 2011, 32(32): 235-237.

[3] 王薇. 荸荠的保健功能及加工利用[J]. 食品与药品, 2005, 7(4): 45-48.
WANG W. Health function and processing of chufa [J]. Food and Drug, 2005, 7(4): 45-48.

[4] 魏连会,刘宇峰,姬妍茹,等. 荸荠功能活性成分研究进展[J]. 农产品加工,2016,405(4):52-54.
WEI L H, LIU Y F, JI Y R, et al. Research progress in active ingredients of Chinese water chestnut [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2016, 405(4): 52-54.

[5] 张全军. 荸荠皮抑菌物质稳定性及抑菌特性研究[J]. 食品与药品,2014,16(5):328-330.
ZHANG Q J. Study on stability and antibacterial property of extract from *Eleocharis tuberosa* peel [J]. Food and Drug, 2014, 16(5): 328-330.

[6] 张全军. 荸荠药理学研究进展[J]. 中医药信息,2010, 27(6):106-108.
ZHANG Q J. Pharmacological research progress of Chinese water chestnut [J]. Information on Traditional Chinese Medicine, 2010, 27(6): 106-108.

[7] FAO, WHO, UNU. Energy and protein requirements; report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation [R]. Geneva: FAO/WHO/UNU, 1985.

[8] SCHULLER-LEVIS G B, PARK E. Taurine; new implications for an old amino acid [J]. FEMS Microbiology Letters, 2003, 226(2): 195-202.

[9] VIGNOLI J A, BASSOLI D G, BENASSI M T. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: the influence of processing conditions and raw material [J]. Food Chemistry, 2011, 124(3): 863-868.

[10] 魏连会,刘宇峰,姬妍茹,等. 黑荸荠产品加工过程中营养物质变化[J]. 食品科学技术学报,2018,36(1): 79-82.
WEI L H, LIU Y F, JI Y R, et al. Changes of nutritional compositions of black water chestnuts products during processing [J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 36(1): 79-82.

[11] LI J G, YUAN X Z, et al. Analysis of amino acid in radix isatidis extract of Qingkailing injection production [J]. Chinese Journal of Modern Drug Application, 2010(1): 228-229.

[12] 蔡健,姚芹,黄胜惠,等. 荸荠黄酮提取技术研究[J]. 食品科学,2008,29(8):181-183.

- CAI J, YAO Q, HUANG S H, et al. Study on extraction technique of flavonoids from water chestnut [J]. Food Science, 2008, 29(8): 181–183.
- [13] 韦学丰, 罗杨合, 邓年方, 等. 荸荠皮中黄酮类化合物的微波提取工艺[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(4): 949–951.
- WEI X F, LUO Y H, DENG N F, et al. The microwave extraction techniques of flavonoid in *Eleocharis dulcis* peel [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2009, 48(4): 949–951.
- [14] 郭艳华, 李艾华, 张玉敏. 荸荠皮多酚的提取及脂质抗氧化活性[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2012, 40(6): 24–28.
- GUO Y H, LI A H, ZHANG Y M. Extraction of *Eleocharis dulcis* peel polyphenols and its lipid antioxidant activity [J]. Journal of Jiangnan University (Natural Sciences), 2012, 40(6): 24–28.
- [15] HIROSE Y, FUJITA T, ISHII T, et al. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1300–1306.
- [16] 兰静, 安家彦, 曹方, 等. 麦芽类黑精提取条件的优化及测定方法的建立[J]. 大连工业大学学报, 2015, 34(2): 101–103.
- LAN J, AN J Y, CAO F, et al. Optimization of extraction and determination of melanoidins [J]. Journal of Dalian Dalian Polytechnic University, 2015, 34(2): 101–103.
- [17] 刘兰涛, 杨小兰. 山西老陈醋醋泥冻干粉对高脂饮食小鼠的降血脂与抗氧化作用[J]. 食品科学, 2015, 36(9): 141–145.
- LIU L T, YANG X L. Hypolipidemic and antioxidant effects of freeze-dried powder of Shanxi mature vinegar in hyperlipidaemic mice [J]. Food Science, 2015, 36(9): 141–145.

Comparative Analysis of Nutrients in Water Chestnuts and Black Water Chestnuts

WEI Lianhui¹, LIU Yufeng^{1,*}, JI Yanru¹, DONG Yan¹, YANG Qingli¹,
SONG Shumin¹, SHI Jie¹, SUN Xingrong²

(1. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Sciences, Daqing 163319, China;

2. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163319, China)

Abstract: Water chestnuts and black water chestnuts were dried and milled to analysis their nutrient compositions. The results showed that polysaccharides in water chestnut and black water chestnut were composed of glucose, D-galactose, and D-arabinose, while the D-galactose content in black water chestnuts was higher. The amino acids profiles showed that water chestnuts contained 11 kinds of amino acids, and the black water chestnuts contained 13 kinds of amino acids. The main nutrients in black water chestnut were protein, fat, reducing sugar, and polysaccharides. Compared with water chestnuts, black water chestnuts contained more P, Fe, Na, and Ca, while the contents of flavonoids, polyphenols and black extracts were higher. The results showed that the nutrient and functional active components were higher in black water chestnuts, so black water chestnuts can be used as a new material to increase the added value of the products.

Keywords: black water chestnuts; water chestnuts; nutrient component; amino acids; functional ingredients