

# 干燥方式对无核紫葡萄品质及抗氧化活性的影响

## Effects of different drying methods on the quality and antioxidant activity of seedless purple grape

李晓丽<sup>1</sup> 王 成<sup>2,3,4</sup> 陶永霞<sup>5</sup> 陈计峦<sup>1</sup> 全龙凤<sup>5</sup>  
LI Xiao-li<sup>1</sup> WANG Cheng<sup>2,3,4</sup> TAO Yong-xia<sup>5</sup> CHEN Ji-luan<sup>1</sup> QUAN Long-feng<sup>5</sup>  
乔坤云<sup>2,3,4</sup> 严淑云<sup>2,3,4</sup> 刘峰娟<sup>2,3,4</sup>  
QIAO Kun-yun<sup>2,3,4</sup> YAN Shu-yun<sup>2,3,4</sup> LIU Feng-juan<sup>2,3,4</sup>

(1. 石河子大学食品学院, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 3. 农业部农产品质量安全风险评估实验室〔乌鲁木齐〕, 新疆 乌鲁木齐 830091; 4. 新疆农产品质量安全实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091; 5. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)  
(1. Food College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China; 2. Institute of Quality Standards & Testing Technology for Agro-Products, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China; 3. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-Products〔Urumqi〕, Urumqi, Xinjiang 830091, China; 4. Key Laboratory of Agro-Products Quality and Safety of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang 830091, China; 5. Institute of Food science and Medicine, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

**摘要:**采用自然晒干、热风干燥、荫干和真空冷冻干燥 4 种常见方法对新鲜无核紫葡萄进行干燥,测定葡萄干的总糖、还原糖、果糖、葡萄糖、总酸、V<sub>C</sub>、总酚、总黄酮、总黄酮醇、花青素以及感官指标、抗氧化能力。结果表明:不同干燥方式的无核紫葡萄干品质及抗氧化性差异明显。其中真空冷冻干燥和热风干燥速率最快,分别为 3.5、3.0 d;荫干速率最慢,为 35 d。真空冷冻干燥的无核紫葡萄干的总酸、V<sub>C</sub>、总酚、总黄酮、总黄酮醇、花青素含量被最大程度保留,分别为 34.6%、6.34 mg/100 g、8.28 mg/100 g、71.5 mg/100 g、182.3 mg/100 g、3.61 mg/100 g。真空冷冻干燥抗氧化能力强。相关性分析表明酚类物质含量与抗氧化能力有一定的关系。综合分析,真空冷冻干燥适合用于无核紫葡萄的干燥,能较好地保留其营养成分及抗氧化物质含量,抗氧化性强,可作为无核紫葡萄适宜的干燥方法。

**关键词:**干燥;无核紫葡萄;品质;抗氧化活性

**Abstract:** The effects of different drying methods on the quality and

antioxidant properties of seedless purple grapes were investigated in this study. Four different drying techniques including natural drying, hot-air drying, drying in the shade and vacuum freeze drying was used to dry fresh seedless purple grapes. Moreover, the total sugar, reducing sugar, fructose glucose, total acid, vitamin C, total phenol, total phenolics, total flavonoid, total flavanols, anthocyanins and sensory indicators, antioxidant capacity were detected, in order to compare the effects of different drying methods. The results showed that different drying methods obviously influenced the quality and antioxidant properties of the seedless purple grapes. The time of vacuum freeze drying and hot-air drying were found to be the shortest, 3.5 days and 3 days respectively. Drying in the shade needed the longest time, lasting for 35 days. The total sugar content, total acid content, total phenolic, total flavonoids, total flavanols and anthocyanins of vacuum freeze drying were significantly higher than those of other drying methods, and the antioxidant capacity was also strongest. The correlation analysis showed that the content of phenols was related to the antioxidant capacity. In combination, vacuum freeze-drying was suitable for the drying of non-nuclear purple grapes, and could retain its nutritional and antioxidant content, and the strong antioxidant activity better. Therefore, it could be used as a suitable drying method of purple grapes.

**Keywords:** drying; seedless purple grape; quality; antioxidant activity

**基金项目:**国家自然科学基金项目(编号:31660466);国家农产品质量安全风险评估重大专项(编号:GJFP2017003);新疆农业科学院青年基金项目(编号:xjnkq-2016015);新疆维吾尔自治区“百名青年博士引进计划”

**作者简介:**李晓丽,女,石河子大学在读硕士研究生。

**通信作者:**刘峰娟(1985—),女,新疆农业科学院副研究员,博士。

E-mail:liufengjuan2050@126.com

**收稿日期:**2017—08—05

葡萄富含糖类物质,以及各种有机酸、矿物质、氨基酸、

抗坏血酸、胡萝卜素等多种营养物质,被誉为“世界水果的明珠”<sup>[1]</sup>。无核紫葡萄的可溶性固形物高达18%~21%,因其无核,可用于鲜食、制汁、制干或制罐等,因其色泽鲜亮,品质优良,并具有独特的香气,现已在新疆大面积推广<sup>[2-3]</sup>。

葡萄干是葡萄的主要加工品之一,在水果干制品中,葡萄干的抗氧化活性排在第一位<sup>[4]</sup>,主要归因于其中所含的酚类物质。研究<sup>[5-6]</sup>表明酚类物质具有多种生物活性,包括预防癌症、防辐射、抗氧化等。

目前,无核紫葡萄主要采用自然荫干、晒干等传统干燥方法以及热风干燥、真空冷冻干燥等现代干燥技术。李杰杰等<sup>[7]</sup>研究葡萄的真空冷冻干燥工艺,表明真空冷冻干燥在孔隙率和感官等方面均优于热风干燥的。王强等<sup>[8]</sup>通过自然干燥、烘箱干燥和热风对流干燥对新鲜无核紫葡萄进行干燥,研究无核紫葡萄干干燥特性及动力学模型,评价了干燥方式对总酚的影响。张利娟等<sup>[9]</sup>研究了无核白葡萄热风干燥过程中总酚与抗氧化性变化。然而,目前关于综合比较荫干、晒干、热风干燥和真空冷冻干燥对无核紫葡萄干营养成分、感官品质和抗氧化活性的研究尚未见报道。因此本试验通过比较这4种干燥方式对无核紫葡萄品质及抗氧化活性的影响,旨在为无核紫葡萄加工选择合适的干燥工艺提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

新鲜无核紫葡萄:购买于乌鲁木齐市北园春市场,葡萄果实可溶性固形物含量为18%~20%。含水量为(79.14±0.16)%,果实直径为(15.059±0.529)mm,长度为(20.622±1.071)mm。

### 1.2 试验方法

1.2.1 样品的制备 以水分含量≤15%为干燥终点。

(1) 晒干:将无核紫葡萄在阳光下晾晒(温度25~40℃),干燥时间约20d。

(2) 荫干:将无核紫葡萄在实验室荫干,干燥时间约35d。

(3) 热风干燥:将无核紫葡萄置于热风干燥箱中(50℃、风速1m/s),干燥约3d。

(4) 真空冷冻干燥:将无核紫葡萄真空冷冻干燥箱中(-41℃、31Pa),干燥约3.5d。

1.2.2 无核紫葡萄抗氧化提取液的制备 准确称取3.00g葡萄(不同方法处理的无核紫葡萄)用30mL酸化甲醇溶液(1mol/L HCl—甲醇—水体积比1:80:19),在100W、25℃条件下超声辅助提取30min,然后8000×g、4℃离心15min,收集上清液,重复2次,合并提取液。

### 1.3 测定方法

1.3.1 总酸、总糖含量测定

(1) 总酸:按GB/T 12456—2008执行。

(2) 总糖:按GB/T 5009.8—2003执行。

1.3.2 葡萄糖、果糖、还原糖含量测定

(1) 葡萄糖、果糖:按GB/T 22221—2008执行。

(2) 还原糖:按GB/T 5009.7—2003执行。

1.3.3  $V_C$ 含量测定 采用钼蓝比色法<sup>[10]</sup>。结果以每100g无核紫葡萄干基中含有相当于 $V_C$ 毫克数表示,单位为mg/100g。

1.3.4 总酚含量测定 用福林—肖卡法<sup>[11]</sup>。结果以每100g无核紫葡萄干基中含有相当于没食子酸毫克数表示,单位为mg/100g。

1.3.5 总黄酮含量测定 采用三氯化铝分光光度法<sup>[12]</sup>。结果以每100g无核紫葡萄干基中含有相当于芦丁毫克数表示,单位为mg/100g。

1.3.6 总黄酮醇含量测定 采用P-DMACA-盐酸法<sup>[13]</sup>。结果以每100g无核紫葡萄干基中含有相当于儿茶素毫克数表示,单位为mg/100g。

1.3.7 花青素含量测定 采用pH示差法<sup>[14]</sup>。结果以每100g无核紫葡萄干基中含有花青素毫克数表示,单位为mg/100g。

1.3.8 抗氧化能力测定

(1) DPPH 自由基清除能力测定:参考Tepe等<sup>[15]</sup>的方法,修改如下:吸取1mL无核紫葡萄提取液,加入3.8mL 0.12g/mL无水乙醇配制的DPPH溶液,摇匀后在室温下放置30min,在517nm处测定吸光度值 $A_i$ 。同时以1mL无水乙醇代替待测液做空白对照,测定吸光度值 $A_f$ 。按式(1)计算DPPH自由基清除率。

$$D = (1 - \frac{A_i}{A_f}) \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

$D$ ——DPPH 自由基清除率,%;

$A_i$ ——无核紫葡萄提取液的DPPH溶液的吸光度;

$A_f$ ——无水乙醇溶液的DPPH溶液的吸光度。

(2) ABTS<sup>+</sup>·清除能力:参照文献<sup>[16]</sup>,修改如下:用2.45mmol/L的过硫酸钾配制7mmol/L的ABTS贮备液,避光室温条件下放置12~16h,再用10mmol/L pH 7.4磷酸缓冲液稀释ABTS贮备液制备成ABTS测试液。使其在734nm的吸光度为0.7±0.02。

取3.9mL ABTS测试液,加入0.1mL无核紫葡萄提取液,振荡40s,避光反应6min后,在734nm处测定吸光度。按式(2)计算ABTS<sup>+</sup>·清除率。

$$B = (1 - \frac{A}{0.7}) \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

$B$ ——ABTS<sup>+</sup>·清除率,%;

$A$ ——无核紫葡萄提取液的ABTS测试液的吸光度值。

1.3.9 葡萄干感官评价方法 挑选10名食品专业人员对不同干燥方式的葡萄干进行感官评价,总分为100分。依据无核紫葡萄干香味、口感、色泽、外观进行感官评价,感官评价标准见表1。

### 1.4 数据统计

试验数据采用Origin 8.5软件作图,并采用SPSS 20.0统计软件进行单因素方差分析和相关性分析,采用邓肯氏多

表 1 无核紫葡萄干感官评价标准

Table 1 Criteria for evaluation of the sensory of the seedless purple raisins

指标	评分标准	分值/分
香味	葡萄醇香味浓郁,无异味	30
口感	葡萄组织柔软,酸甜适中	30
色泽	色泽均匀,褐色或深褐色	20
外观	外观完整,饱满不皱缩变形	20

重差异比较差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同干燥方式的无核紫葡萄品质评价

由表 2 可知,无核紫葡萄葡萄糖含量变化顺序为真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干。果糖含量变化顺序为荫干>热风干燥>真空冷冻干燥>晒干。还原糖含量变化顺

序为荫干>热风干燥>真空冷冻干燥>晒干。荫干总糖含量最高,热风干燥和晒干处理的无核紫葡萄干总糖含量比荫干和真空冷冻干燥处理的都低,可能是两者在干燥过程中温度较高,使得果糖和葡萄糖参与了褐变,发生生化反应,导致总糖含量偏低,晒干过程中长期暴露于空气中,也使得糖分渗出,使得总糖含量低<sup>[17-18]</sup>。总酸含量变化顺序为真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干。V<sub>C</sub>含量变化顺序为真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干。V<sub>C</sub>非常活泼,很容易受光、氧、热等因素影响而被破坏<sup>[19]</sup>。在果蔬干燥过程中,V<sub>C</sub>会随着干燥温度的升高、干燥时间的延长而发生氧化反应,使得 V<sub>C</sub>含量减少<sup>[20]</sup>。真空冷冻干燥 V<sub>C</sub>含量最多。主要是真空条件降低了环境中的氧气浓度,V<sub>C</sub>在低氧条件下发生无氧降解,其降解速率远远低于有氧降解,使得 V<sub>C</sub>含量得以保存。不同干燥方式对无核紫葡萄感官评分存在极显著差异(P<0.01),感官评分从高到低是真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干。

表 2 不同干燥方式的无核紫葡萄品质评价<sup>†</sup>

Table 2 Sensory evaluation and the quality of seedless purple grapes with different drying methods

干燥方式	葡萄糖/%	果糖/%	还原糖/%	总糖/%	总酸/%	V <sub>C</sub> /(10 <sup>-2</sup> mg·g <sup>-1</sup> )	感官评分
真空冷冻干燥	25.11±0.14 <sup>aA</sup>	24.32±0.42 <sup>aA</sup>	60.63±0.29 <sup>aA</sup>	62.6±0.42 <sup>bB</sup>	34.6±0.44 <sup>aA</sup>	6.34±0.24 <sup>aA</sup>	91.1±1.79 <sup>aA</sup>
荫干	24.84±0.33 <sup>aA</sup>	25.01±0.56 <sup>aA</sup>	61.72±0.56 <sup>aA</sup>	66.2±0.35 <sup>aA</sup>	26.2±0.21 <sup>cC</sup>	3.97±0.19 <sup>bB</sup>	87.6±2.01 <sup>bB</sup>
热风干燥	24.64±0.21 <sup>aA</sup>	24.62±0.41 <sup>aA</sup>	61.22±0.31 <sup>aA</sup>	61.2±0.21 <sup>cB</sup>	30.1±0.27 <sup>bB</sup>	3.23±0.32 <sup>cB</sup>	84.4±1.25 <sup>cC</sup>
晒干	22.52±0.17 <sup>bB</sup>	23.41±0.23 <sup>bB</sup>	60.55±0.18 <sup>aA</sup>	61.7±0.28 <sup>cB</sup>	24.7±0.35 <sup>dD</sup>	2.49±0.11 <sup>dB</sup>	80.2±1.17 <sup>dD</sup>

† 同列大写字母不同表示差异极显著(P<0.01);同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

### 2.2 干燥方式对无核紫葡萄抗氧化物质含量的影响

由表 3 可知,总酚含量变化顺序是真空冷冻干燥>热风干燥>晒干>荫干,不同干燥方式之间存在极显著差异(P<0.01)。真空冷冻干燥总酚含量最高为 8.28 mg/100 g,荫干含量最低为 2.32 mg/100 g,与陈玮琦等<sup>[21]</sup>报道的不同干燥方式对苹果干幼果总酚含量的影响结果一致。总黄酮含量变化顺序为真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干,不同干燥方式之间存在极显著差异(P<0.01)。黄酮类化合物对多种因素不稳定,如光照、pH、温度等<sup>[22]</sup>。热风干燥、荫干和晒干处理不可避免地会使无核紫葡萄中的黄酮与空气、光照等接触,从而延长了相关酶与黄酮类化合物的接触作用时间,而真空冷冻干燥有效地避免了与空气、光照等的接触,所以真空冷冻干燥能有效地保留黄酮的含量。花青素含量变化顺序为真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干,不同干燥方

式之间存在极显著差异(P<0.01)。花青素含量变化主要受热处理强度和酶促作用的影响,影响产品的色泽和营养价值。花青素酶的存在可使花青素发生酶促降解,从而导致含量降低,而使花青素酶促降解的相关酶在适当的处理条件下被灭活,花青素的酶促作用减弱或停止<sup>[23]</sup>。总黄酮醇含量变化顺序为真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干,不同干燥方式之间存在极显著差异(P<0.01)。真空冷冻干燥的无核紫葡萄总黄酮醇含量最高,为 182.3 mg/100 g;晒干的总黄酮醇含量最低,为 15.32 mg/100 g。

### 2.3 干燥方式对无核紫葡萄抗氧化能力的影响

DPPH 自由基法和 ABTS<sup>+</sup>·法是常用的 2 种评价物质抗氧化能力的方法<sup>[24]</sup>。由图 1 可知,不同干燥方式处理的无核紫葡萄对 DPPH 自由基清除能力变化顺序为荫干>真空冷冻干燥>热风干燥>晒干。由图 2 可知,不同干燥方式

表 3 干燥方式对无核紫葡萄抗氧化物质含量的影响<sup>†</sup>

Table 3 Effects of Different Drying Methods on Antioxidant Contents in Seedless Purple Grape mg/100 g

干燥方式	总酚	总黄酮	花青素	总黄酮醇
真空冷冻干燥	8.28±0.1 <sup>aA</sup>	71.50±0.9 <sup>aA</sup>	3.610±0.16 <sup>aA</sup>	182.30±0.74 <sup>aA</sup>
荫干	2.32±0.6 <sup>dD</sup>	57.50±0.5 <sup>bB</sup>	0.840±0.028 <sup>bB</sup>	48.29±0.75 <sup>bB</sup>
热风干燥	6.47±0.4 <sup>bB</sup>	30.92±0.7 <sup>cC</sup>	0.130±0.042 <sup>cC</sup>	40.46±1.20 <sup>cC</sup>
晒干	4.65±0.2 <sup>cC</sup>	15.53±0.6 <sup>dD</sup>	0.092±0.007 <sup>dD</sup>	15.32±0.48 <sup>dD</sup>

† 同列大写字母不同表示差异极显著(P<0.01);同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

处理的无核紫葡萄对 ABTS<sup>+</sup>·清除率变化顺序为真空冷冻干燥>荫干>热风干燥>晒干。由表4可知,不同干燥之间均存在极显著差异(P<0.01)。不同干燥方式抗氧化能力变化趋势与总酚含量变化不完全一致。可能是不同方式干燥的无核紫葡萄酚类物质不同,而且每种酚类物质对抗氧化能力的贡献存在差异。但总酚抗氧化活性与总酚的种类和组成之间的关系还需进一步研究证实。真空冷冻干燥的ABTS<sup>+</sup>·清除能力最好,与真空冷冻干燥的酚类物质极显著高于其他干燥方式的结果一致(P<0.01)。此结果与王玉婷等<sup>[25]</sup>报道的真空冷冻干燥样品抗氧化能力最强的结果一致。

### 2.4 不同干燥方式无核紫葡萄抗氧化活性物质与其抗氧化能力间的相关性

由表5可知,不同干燥方式的无核紫葡萄总酚、总黄酮

含量与 ABTS<sup>+</sup>·清除率呈现显著相关(P<0.05),相关系数分别为 0.911 和 0.913。所有指标间相关性都呈正相关。相关性表明不同干燥方式的无核紫葡萄酚类物质含量与抗氧化能力有一定的关系。

表5 不同干燥方式无核紫葡萄抗氧化活性物质与其抗氧化能力间的相关性<sup>†</sup>

指标	总酚	总黄酮	总黄酮醇	花青素
DPPH 自由基清除率	0.694	0.716	0.677	0.293
ABTS <sup>+</sup> ·清除率	0.911*	0.913*	0.509	0.633

<sup>†</sup> \* .显著相关(P<0.05)。

### 3 结论

通过对比分析不同干燥方式对无核紫葡萄干品质及抗氧化能力的影响,结果表明:真空冷冻干燥无核紫葡萄在品质、感官评价、抗氧化物质含量、抗氧化能力方面都优于其他干燥方式。荫干处理方式较晒干和热风干燥处理方式较好,也能很好保留营养成分,但其干燥速率低,干燥周期长。综上所述,真空冷冻干燥是一种适合于无核紫葡萄干干燥的方式,能较好地保留葡萄干的营养成分和抗氧化物质。本试验中只研究了多酚与抗氧化活性的关系,却未研究多酚抗氧化活性与多酚的种类和组成之间的具体关系,因此在下一步的研究中可深入研究不同干燥方式下无核紫葡萄干所含多酚的种类及组成,并讨论其与无核紫葡萄干抗氧化性的关系。

### 参考文献

[1] 刘玲,秦培鹏,贾娟. 环境因素对贮藏中葡萄干品质的影响[J]. 农产品加工, 2005, 36(4): 62-65.  
 [2] 刘家驹,卢春生. 无核葡萄[J]. 果树科学, 1985(4): 16-20.  
 [3] 陈红梅,张勇新,张高嘉. 新疆无核制干葡萄品种介绍[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2001, 25(6): 28-29.  
 [4] ZHAO Bin, HALL C A. Antioxidant activity of raisin extracts in bulk oil, oil in water emulsion, and sunflower butter model systems[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 2007, 84: 1 137-1 142.  
 [5] NANDAKUMAR V, SINGH T, KATIYAR S K. Multitargeted prevention and therapy of cancer by proanthocyanidins[J]. Cancer Letters, 2008, 269: 378-387.  
 [6] CASTILLO J, BENAVENTE Garica O, LORENTE J, et al. Antioxidant activity and radioprotective effects against Chromosomal damage induced in vivo by X-rays of flavan-3-ols from grape seeds: Comparative study versus other phenolic and organic compounds[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48: 1 738-1 745.  
 [7] 李维杰,宋萍,李先明,等. 葡萄的真空冷冻干燥工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2016, 52(2): 27-30.  
 [8] 王强,邓朝芳,任彦荣,等. 无核紫葡萄干干燥特性及其总酚含量变化研究[J]. 食品科学, 2016, 37(5): 62-66.

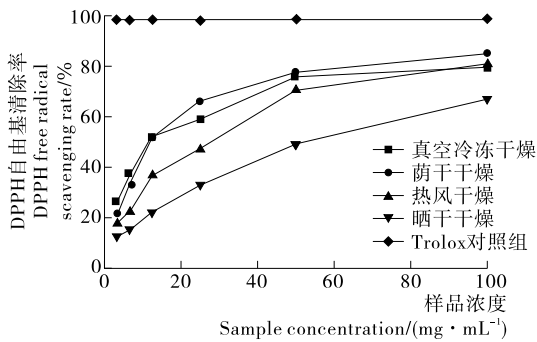


图1 干燥方式对无核紫葡萄自由基清除能力的影响

Figure 1 Effect of different drying methods on free radical scavenging ability of seedless purple grape

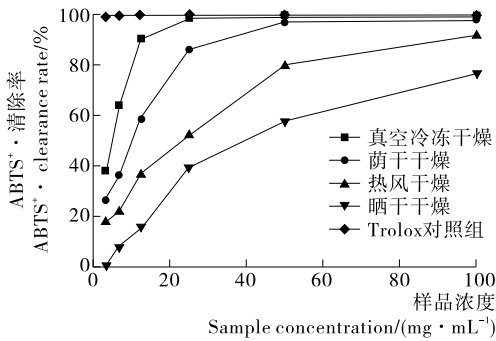


图2 干燥方式对无核紫葡萄 ABTS<sup>+</sup>·清除能力的影响

Figure 2 Effect of different drying methods on the ABTS<sup>+</sup>·removal ability of seedless purple grape

表4 不同干燥方式无核紫葡萄抗氧化活性的 IC<sub>50</sub> 值<sup>†</sup>

Table 4 IC<sub>50</sub> values for antioxidant activity of seedless purple grape in different drying methods mg/mL

干燥方式	清除 DPPH 自由基 IC <sub>50</sub>	清除 ABTS <sup>+</sup> · IC <sub>50</sub>
真空冷冻干燥	13.25±0.26 <sup>aA</sup>	4.38±0.22 <sup>aA</sup>
荫干	13.26±0.29 <sup>aA</sup>	8.36±0.15 <sup>bB</sup>
热风干燥	22.52±0.57 <sup>bB</sup>	17.90±0.36 <sup>cC</sup>
晒干	50.50±0.36 <sup>cC</sup>	39.50±1.23 <sup>dD</sup>

<sup>†</sup> 同列大写字母不同表示差异极显著(P<0.01);同列小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

(下转第 211 页)

- 2017, 101(1): 204-205.
- [24] 刘妹, 余勃. 发酵法制备鱼鳔多肽及其抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 332-334.
- [25] 陈梅珍. 鲑鱼鳔胶原蛋白的提取及其对小鼠学习记忆的影响[D]. 宁波: 宁波大学, 2011: 3-5.
- [26] 屈义, 周斯仪, 冯陶, 等. 鱼鳔糖胺聚糖的提取及其吸湿保湿性能评价[J]. 食品工业科技, 2017, 38(16): 118-125.
- [27] CHEN Lian-hong, SONG Jia-le, QIAN Yu, et al. Increased preventive effect on colon carcinogenesis by use of resistant starch (RS3) as the carrier for polysaccharide of *Larimichthys crocea* swimming bladder[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2014, 15(1): 17-29.
- [28] SUO Hua-yi, SONG Jia-le, ZHOU Ya-lin, et al. Induction of apoptosis in HCT-116 colon cancer cells by polysaccharide of *Larimichthys crocea* swim bladder[J]. Oncology Letters, 2015, 9(2): 972-978.
- [29] LI Gui-jie, QIAN Yu, SUN Peng, et al. Preventive effect of polysaccharide of *Larimichthys Crocea*, swimming bladder on activated carbon-induced constipation in mice[J]. Applied Biological Chemistry, 2014, 57(2): 167-172.
- [30] LI Gui-jie, SUN Peng, WANG Rui, et al. Preventive effect of polysaccharide of *larimichthys crocea* swim bladder on reserpine induced gastric ulcer in ICR mice[J]. Korean Journal of Physiology & Pharmacology Official Journal of the Korean Physiological Society & the Korean Society of Pharmacology, 2014, 18(2): 183-190.
- [31] JIANG Xian-hong, ZHAO Xin, LUO Hua-li, et al. Therapeutic effect of polysaccharide of large yellow croaker swim bladder on lupus nephritis of mice[J]. Nutrients, 2014, 6(3): 1 223-1 235.
- [32] TUULI C D, MITCHESON Y S D, WAI-CHUEN N G. Molecular identification of croaker dried swim bladders (maw) on sale in Hong Kong using 16S rRNA nucleotide sequences and implications for conservation[J]. Fisheries Research, 2016, 174: 260-269.
- [33] 曾丽, 李丽, 王加斌, 等. 茶味鱼鳔胶原蛋白果冻的研制[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2013, 32(4): 334-339.
- [34] 湖北省夫子河萧莉食品有限公司. 一种鱼鳔肉糕及其制备方法: 中国, CN201510919120.6[P]. 2016-05-04.
- [35] 吴越, 车丽, 吴海军, 等. 一种即食风味鱼鳔片及其制备方法: 中国, CN201510022866.7[P]. 2015-03-25.
- [36] 广西大学. 一种膨化鱼鳔休闲食品的加工方法: 中国, CN201310282714.1[P]. 2013-10-09.
- [37] 段振华, 高倩, 汪菊兰. 鱼鳔营养口服液的加工工艺研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 194-196.
- [38] 任玉翠, 周彦钢, 江月仙, 等. 鱼鳔胶的研制[J]. 食品与机械, 1998(3): 21-22.
- [39] 刘燕, 郑笑为, 汪琪, 等. 鱼鳔丸质量标准的研究[J]. 中国药事, 2009, 23(8): 793-795.
- [40] 王海明. 鱼胶和啤酒的澄清[J]. 酿酒科技, 2003(1): 66-67.
- [41] 何忠宝, 李泽福, 赵强, 等. 鱼胶在干红葡萄酒中的下胶效果研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(14): 8 238-8 239.
- [42] 庞坤玮. 鱼鳔及其鱼鳔胶粘剂(一): 鱼鳔的基本组成与性能[J]. 中国胶粘剂, 2002, 11(2): 14-15.
- [43] 贾文娟, 崔森, 张彦, 等. 鱼鳔膜为基质的生物传感器测定葡萄糖的研究[J]. 分析化学, 2011, 39(9): 1 423-1 426.

(上接第 146 页)

- [9] 张利娟, 师俊玲. 无核白葡萄热风干燥过程中总酚与抗氧化活性的变化[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 55-59.
- [10] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42-45.
- [11] JAVANMARDI J, STUSHNOFF C, LOCKE E, et al. Antioxidant activity and total phenol content of Iranian *Ocimum* accessions [J]. Food Chemistry, 2003, 83(4): 547-550.
- [12] SUAREZ B, ALUAREZ A L, GARCIA Y D, et al. Phenolic profiles, antioxidant activity and in vitro antiviral properties of apple pomace[J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 339-342.
- [13] AMOUS A, MAKRIS D P, KEFALAS P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2002, 15(6): 655-665.
- [14] ORAK H H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations[J]. Science Horticulture, 2007, 111: 235-241.
- [15] TEPE B, SOKMEN M, AKPULAT H A, et al. In vitro antioxidant activities of the methanol extracts of five *Allium* species from Turkey[J]. Food Chemistry, 2005, 92(1): 89-92.
- [16] SIGI D S, SIDDIQM M, GREIBY I, et al. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of Tommy Atkins mango peel and kernel as effected by drying methods[J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 2 649-2 655.
- [17] WALL M M, GENTRY T S. Carbohydrate composition and color development during and roasting of macadamia nuts [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(4): 587-593.
- [18] 邵春霖, 孟宪军, 毕金峰, 等. 不同干燥方式对蓝莓品质的影响[J]. 食品发酵工业, 2013, 39(11): 109-113.
- [19] WALL M M, GENTRY T S. Carbohydrate composition and color development during and roasting of macadamia nuts[J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(4): 587-593.
- [20] 陈瑞娟, 毕金峰, 陈芹芹, 等. 不同干燥方式对胡萝卜品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 48-53.
- [21] 陈玮琦, 郭玉蓉, 张娟, 等. 干燥方式对苹果幼果干酚类物质及其抗氧化性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(5): 33-37.
- [22] 曹婉鑫, 陈洋, 唐瑶. 苦荞中黄酮类化合物的生物活性研究进展[J]. 饮料工业, 2015, 18(3): 19.
- [23] 司旭, 陈芹芹, 毕金峰, 等. 红外干燥对树莓干燥特性品质和抗氧化活性的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(10): 130-138.
- [24] 王红, 吴启南, 蒋征, 等. 干燥方式对芡实功能性成分含量及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(7): 19-25.
- [25] 王玉婷, 陈奕, 李雨波. 干燥方式对香蕉片总多酚含量及其抗氧化性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 113-117.