

# 胡萝卜干燥加工过程中维生素含量的变化规律

王秋玉

(鞍山师范学院商学院, 辽宁鞍山 114000)

**摘要:**以胡萝卜为研究对象,研究胡萝卜在干燥加工过程中的维生素含量变化规律。对胡萝卜分别采用真空冷冻干燥、热泵干燥、热风干燥等进行干燥加工,对干燥过程中胡萝卜中的不同维生素的含量进行测定,采用 SPSS 12.0 对所得实验数据进行统计学处理。结果表明:较干燥前,干燥后的胡萝卜中的维生素总量损失较大。其中,冷冻干燥过程中,维生素 A 的总损失率为 62.23%,维生素 B1 为 54.95%,维生素 B2 为 48.32%,维生素 C 为 66.52%;热风干燥过程中,在干燥温度为 100 ℃ 时,四种维生素的损失率达到了最高,其中维生素 A 的损失率为 80.75%,维生素 B1 为 77.45%,维生素 B2 为 79.63%,维生素 C 为 80.47%。在热泵干燥过程中,当出风温度为 100 ℃ 时,四种维生素的损失率达到最高,其中维生素 A 的损失率为 80.23%,维生素 B1 为 69.54%,维生素 B2 为 64.35%,维生素 C 为 89.27%。在胡萝卜干燥加工过程中维生素 A 与维生素 C 的损失率最高,因此为减少胡萝卜干燥加工过程中的维生素损失,应该不断改进胡萝卜干燥加工工艺。

**关键词:**胡萝卜;干燥加工;维生素含量;变化情况

文章编号:1673-9078(2020)07-120-124

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.7.0032

## Changing Trend of the Vitamin Content in Carrot during Drying

WANG Qiu-yu

(Anshan Normal University Business College, Anshan 114000, China)

**Abstract:** Taking carrot as the research object, the change trend of the vitamin content of carrot during drying. The carrot was dried by vacuum freeze drying, heat pump drying, and hot air drying, then the different vitamin contents were determined during drying, and the obtained experimental data were statistically processed by SPSS 12.0. The results showed that the total vitamin loss in the carrots after drying was greater than that after drying. During the freeze-drying process, the total loss rates of vitamin A, vitamin B1, vitamin B2 and vitamin C were 62.23%, 54.95%, 48.32% and 66.52%, respectively. In the process of hot air drying, the loss rate of the four vitamins reached the highest when the drying temperature was 100 ℃: 80.75% for vitamin A, 77.45% for vitamin B1, 79.63% for vitamin B2, and 80.47% for vitamin C. During the heat pump drying process, the loss rate of the four vitamins reached the highest when the air outlet temperature was 100 ℃: 80.23% for vitamin A, 69.54% for vitamin B1, 64.35% for vitamin B2, and 89.27% for vitamin C. The loss rates of vitamin A and vitamin C in the carrots were the highest during drying. Therefore, in order to reduce the vitamin loss during drying of carrot, the drying process of carrot should be continuously improved.

**Key words:** carrot; drying processing; vitamin content; change

引文格式:

王秋玉.胡萝卜干燥加工过程中维生素含量的变化规律[J].现代食品科技,2020,36(7):120-124

WANG Qiu-yu. Changing trend of the vitamin content in carrot during drying [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 120-124

蔬菜作为人类日常饮食当中不可缺少的食物之一,为人们维持生命体征提供了所需的多种维生素和矿物质。据国际物质粮农组织 1990 年统计,人体必需维生素 C 的 90%、维生素 A 的 60%均来自蔬菜<sup>[1]</sup>。在所有可食用的蔬菜中,胡萝卜是一种较为特殊蔬菜种类,具有很高的营养价值和多种保健功效。胡萝卜由

收稿日期:2020-01-10

基金项目:辽宁省民办教育协会项目(LMJK2017024)

作者简介:王秋玉(1975-),男,讲师,研究方向:区域经济

含维生素、糖、钾等多种营养成分组成,还具备人体所需的诸多氨基酸,其中类胡萝卜素、双歧因子和核酸物质对于提升人体免疫力、保护肠道粘膜与抗基因突变等具有重要作用,不仅如此,还可以增加冠状动脉血流量、促进肾上腺素的合成,具有降压、健脾、强心、化滞、治疗久痢和咳嗽等多种功效<sup>[2]</sup>。

然而,胡萝卜由于受地区性和季节性的限制,不易储存,容易发生变质腐烂现象,因此为满足人们的一年四季对胡萝卜的需求,不少蔬菜加工与生产厂家

将胡萝卜进行干燥,加工制成脱水蔬菜<sup>[3]</sup>。干燥加工主要是利用产品低水分活度,来达到抑制微生物产生与繁殖,还能够使干制成品具有良好的风味,以实现长期贮藏、易于运输的重要目标<sup>[4]</sup>。脱水干燥虽然方便了胡萝卜的储存,弥补了其季节性空缺,但同时由于干制过程中胡萝卜发生复杂的理化变化导致营养成分大量流失,尤其是其中的维生素。在此背景下,以胡萝卜为研究对象,以寻找最佳脱水干燥工艺为目标,研究胡萝卜干燥加工过程中维生素含量的变化规律<sup>[5]</sup>。

胡萝卜干燥加工过程中维生素含量变化规律的研究主要分为两部分,先是利用干燥工艺对胡萝卜进行脱水干燥,包括清洗去皮、切片、热烫、沥水、脱水干燥等程序,制成胡萝卜干后,利用紫外分光光度法对干燥前后的胡萝卜中含有的维生素进行检测。整个研究过程包括实验材料的选择、实验设备的选取、干燥工艺的实施、检测方法的进行、检测结果的分析等。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验原料

胡萝卜:新鲜胡萝卜样品来自于鞍山高新区高新生态农业示范园,要求表皮光滑、无损伤、无病斑等,且纹理细致,色泽鲜红,每根重 130 g~160 g,含水率为 87.65%。胡萝卜,又称红萝卜或甘荀,含有丰富的营养物质,如  $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -和  $\epsilon$ -胡萝卜素、维生素 A、维生素 B1 和 B2、维生素 C 以及一些其他较少量的营养成分。胡萝卜向来有“小人参”之称,因此药用价值也非常高,具有益肝明目、利膈宽肠、健脾除痞、降糖降脂、增强免疫功能等功效<sup>[6]</sup>。

### 1.2 实验试剂

氢氧化钠购自江苏强盛化工有限公司,草酸购自北京中生瑞泰科技有限公司,抗坏血酸标准溶液购自东莞市东江化学试剂有限公司,偏磷酸溶液购自天津科密欧化学试剂有限公司,盐酸购自广州市宏诚化工有限公司,维生素分析纯购自陕西森弗生物技术有限公司,乙醇来自西北农业大学食品科学系食品工程教研室。

### 1.3 实验设备

FA2004 电子天平,(上海恒平科学仪器有限公司);HJ-1 精密 pH 计,巩义市予华仪器有限公司;RE-52A 旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;SHZ-BIII 热风干燥机,深圳市冠亚电子科技有限公司;GLZ-0.2 真空冷冻干燥机,上海浦东冷冻干燥设备有限公司;

GHRH-20 热泵干燥机,广东省农业机械研究所;KQ5200DB 型数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;FVC-01 果蔬破碎机,上海沃迪科技有限公司;Agilent 1260 高效液相色谱仪,美国安捷伦公司;LDZX-SOKBS 型立式压力灭菌锅,上海中安医疗器械厂;CJ-W-3 型超净工作台,上海鸿都电子科技有限公司;722 型可见分光光度计,上海精宏实验设备有限公司;HH-4 数显电热恒温水浴锅,合肥艾本森仪器公司;XDB-C18 振动沥水机,浙江金鹰仪器设备有限公司;海尔-20℃ 冰箱,海尔公司;SFY017 快速水分测定仪,深圳市冠亚电子科技有限公司;容量瓶,天长市天沪分析仪器有限公司;TGL-16M 型高速台式冷冻离心机,湘仪离心机仪器有限公司。

### 1.4 胡萝卜干燥加工方法

胡萝卜干燥加工流程如下:

步骤 1:清洗去皮。将购买的胡萝卜进行人工清洗,放入数控超声波清洗器当中,进行二次清洗。将清洗好的胡萝卜切去头部和尾部,放入经氢氧化钠溶液当中,利用数显电热恒温水浴锅煮制 1~2 min,然后迅速捞起进行摩擦去皮,最后用冷水反复清洗,直至 pH 纸测试呈中性为止<sup>[7]</sup>。

步骤 2:切片。利用果蔬破碎机将清洗去皮后的胡萝卜切成厚度分别为 5 mm 厚的片。

冷冻干燥:是指将含水物料冷冻到冰点以下,使水转变为冰,然后在较高真空下将冰转变为蒸气而除去的干燥方法,设备最低温度可达 -50℃。一般分为三个阶段:第一阶段为预冻,将三分之一胡萝卜片放入到 -20℃ 的海尔冰箱当中,深冻 1 h。第二阶段为升华干燥,将完全冻结的胡萝卜片从冰箱中取出,迅速移入真空冷冻干燥机当中进行温度为 -20℃~-25℃ 的升华干燥,干燥时间为 10 h。第三阶段为解析干燥,将真空冷冻干燥机内干燥箱内温度由 -20℃~-25℃ 迅速升温到 50℃,并热力干燥 2 h,冷冻干燥结束<sup>[8]</sup>。

热泵干燥:启动热泵干燥机,设置温度为 50℃,风速 3 m/s,装载量为 300 g;将三分之一胡萝卜片放入其中,经过压缩、冷凝、节流、蒸发等过程,直至胡萝卜片达到干燥标准为止。

热风干燥:是指利用热风干燥机吹入热风使空气流动,促使物料加快干燥的方法。将剩余三分之一胡萝卜片放入热风干燥机当中,温度为 50℃,热风循环干燥 24 h,直至用快速水分测定仪测定胡萝卜片当中水分降至 13% 以下为止,装载量 300 g。达到目标水分值后,将干燥箱中热风调至冷风,冷却至室温<sup>[9]</sup>。

### 1.5 维生素含量测量方法

胡萝卜中含有的维生素主要包括脂溶性维生素 A, 水溶性维生素 B1 和 B2、维生素 C 等四种, 将着重分析这四种维生素的含量, 因此利用国标方法 GB 5009.82-2016 测定脂溶性维生素 A, 采用国标方法 GB 5009.84-2016 测定水溶性维生素 B1, 采用国标方法 GB 5009.85-2016 测定水溶性维生素 B2, 采用国标方法 GB 5009.86-2016 测定水溶性维生素 C, 以此为基础分析不同干燥脱水过程中胡萝卜维生素含量的变化规律。

### 1.6 统计分析

将实验过程中涉及到的所有数据录入到计算当中, 以此建立实验数据库, 并用 SPSS12.0 进行统计学处理<sup>[9]</sup>。每 100 g 维生素含量计算公式如下:

$$V_c = \frac{k \times x}{m \times v} \quad (1)$$

式中,  $k$  为稀释倍数;  $x$  为校准曲线上的抗坏血酸的含量;  $m$  为样品重量;  $v$  为测试时吸取提取液体积<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 胡萝卜中维生素总含量变化情况

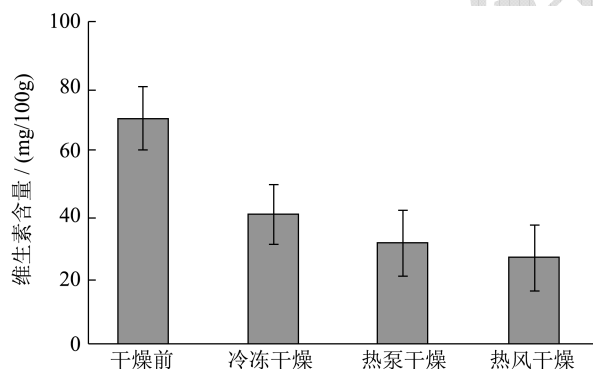


图1 维生素总含量在干燥工艺前后的变化情况

Fig.1 Changes of total vitamin content before and after drying process

从图1中可以看出, 利用三种干燥方法干燥后的胡萝卜中维生素含量均有了明显的变化, 其中热风干燥后的胡萝卜中维生素含量丢失的最为严重, 其次为热泵干燥, 最后为冷冻干燥。由此说明, 冷冻干燥工艺更有利于保存胡萝卜中维生素的含量。

### 2.2 胡萝卜冷冻干燥加工过程中维生素含量的变化规律

由于胡萝卜冷冻干燥加工过程中维生素损失最小, 利用冷冻干燥工艺进行胡萝卜加工必是未来研究方向, 因而重点对胡萝卜冷冻干燥加工过程中的维生素含量变化规律进行分析。胡萝卜中维生素含量的损失并不是由单某一个加工工序造成的, 而是所有工序共同造成的结果, 但是各个工序造成的破坏程度并不一致, 因此为明确不同干燥工序对胡萝卜中维生素的影响, 下面对胡萝卜冷冻干燥过程中每个阶段维生素含量进行了分析, 结果如表1所示。

由表1可知, 脂溶性维生素 A 的总损失率为 62.23%, 水溶性维生素 B1 的总损失率 54.95%, 水溶性维生素 B2 的总损失率 48.32%, 水溶性维生素 C 的总损失率 66.52%, 在胡萝卜冷冻干燥过程中, 维生素 A 与维生素 C 的损失率最高, 原因在于这两种维生素稳定性差。在热烫和脱水干燥两个环节对胡萝卜中维生素的破坏性最大, 其次为清洗去皮, 最后为切片和沥干, 二者几乎对维生素没有什么破坏作用, 所以要想减少胡萝卜冷冻干燥加工过程中维生素含量的流失, 可以从热烫和脱水干燥两个环节着手, 采取更为先进的工艺, 减少营养成分的流失。

### 2.3 胡萝卜热风干燥加工过程中维生素含量的变化规律

对胡萝卜热风干燥加工过程中维生素含量的变化进行分析, 结果如表2所示。

表1 冷冻干燥过程中维生素含量变化情况

Table 1 Changes in vitamin content during freeze drying

项目	维生素 A (mg/100 g)	维生素 B <sub>1</sub> (mg/100 g)	维生素 B <sub>2</sub> (mg/100 g)	维生素 C (mg/100 g)	维生素 A 损失率/%	维生素 B <sub>1</sub> 损失率/%	维生素 B <sub>2</sub> 损失率/%	维生素 C 损失率/%
清洗去皮	45.68±1.22	47.69±0.52	55.21±1.28	63.52±0.27	15.52	13.74	19.14	16.52
切片	44.87±0.57	47.24±1.84	54.87±2.43	63.20±1.26	0.04	0.04	0.07	0.34
热烫	32.74±1.01	30.47±0.64	39.41±3.37	43.52±1.75	18.47	20.14	21.32	23.65
沥水	32.14±2.26	39.97±3.74	39.40±1.22	43.23±2.34	0.01	0.03	0.02	0.02
脱水干燥	18.72±0.78	20.44±4.41	15.20±2.18	16.41±1.89	35.74	24.96	35.87	32.54

表2 不同干燥温度下维生素含量变化

Table 2 Vitamin content changes at different drying temperatures

干燥温度 /°C	维生素 A / (mg/100 g)	维生素 B <sub>1</sub> / (mg/100 g)	维生素 B <sub>2</sub> / (mg/100 g)	维生素 C / (mg/100 g)	维生素 A 损失率/%	维生素 B <sub>1</sub> 损失率/%	维生素 B <sub>2</sub> 损失率/%	维生素 C 损失率/%
20	46.35±1.55	44.35±2.43	43.21±0.95	40.93±1.47	26.34	12.82	24.56	24.63
40	36.24±1.33	42.56±0.33	32.56±2.51	36.47±2.34	30.56	20.23	32.37	32.82
60	30.78±1.89	37.41±1.29	25.14±2.79	32.65±1.75	33.27	35.45	42.74	37.89
80	26.35±2.04	42.63±3.04	20.39±1.25	29.03±0.96	46.75	52.56	60.36	65.35
100	24.12±1.38	67.12±0.73	16.09±0.90	20.64±3.64	80.75	77.45	79.63	80.47

分析表2可知,不同热风干燥温度下维生素含量变化较大,随着温度的升高,胡萝卜中维生素含量会随之下落。在干燥温度为100℃时,四种维生素的损失率达到最高,其中维生素A的损失率为80.75%,维生素B<sub>1</sub>的损失率为77.45%,维生素B<sub>2</sub>的损失率为79.63%,维生素C的损失率为80.47%,在胡萝卜热风干燥过程中维生素A与维生素C的损失率最高,因此在热风干燥加工过程中要将温度控制在合理范围之内,降低维生素损失。

## 2.4 胡萝卜热泵干燥加工过程中维生素含量的变化规律

胡萝卜热泵干燥加工过程中维生素含量变化与出

表3 不同出风温度下维生素含量变化

Table 3 Vitamin content changes at different air temperature

出风温度 /°C	维生素 A / (mg/100 g)	维生素 B <sub>1</sub> / (mg/100 g)	维生素 B <sub>2</sub> / (mg/100 g)	维生素 C / (mg/100 g)	维生素 A 损失率/%	维生素 B <sub>1</sub> 损失率/%	维生素 B <sub>2</sub> 损失率/%	维生素 C 损失率/%
20	45.42±0.89	43.26±1.76	43.67±2.33	40.36±0.47	26.36	20.63	26.35	39.52
40	40.21±2.17	35.89±0.85	39.26±1.46	32.14±1.85	47.89	33.86	36.74	56.45
60	30.23±1.38	30.56±2.43	34.12±1.25	25.26±1.71	54.33	50.36	47.89	62.03
80	24.35±0.55	27.35±2.17	29.87±0.58	20.16±2.78	69.78	56.98	56.93	70.35
100	19.88±1.96	24.33±1.77	27.35±2.88	10.27±1.39	80.23	69.54	64.35	89.27

## 3 结论

胡萝卜作为人们经常食用的一种蔬菜之一,不仅具有极高的营养价值,还具有丰富的药用价值,对人体的健康十分有益,但是受季节性和地域性的限制,胡萝卜供应链经常发生断裂的情况,所以为满足人们需求,将其制成脱水蔬菜是当今生产商采取的主要措施。然而,胡萝卜的干燥加工的同时严重损害了其中的营养成分,尤其是维生素的丢失,导致其营养价值下跌。为此,进行胡萝卜干燥加工过程中维生素含量的变化规律研究。研究表明,无论采用哪种干燥加工工艺,干燥后胡萝卜中的维生素含量都会有不同程度的损失。为减少胡萝卜干燥加工过程中的维生素损失,

其具体的含量变化如表3所示。

通过表3可知,在热泵干燥过程中,维生素含量的变化趋势与热风干燥相同,随着出风温度的增加,胡萝卜中维生素含量会逐步下降。在出风温度为100℃时,四种维生素的损失率达到最高,其中维生素A的损失率为80.23%,维生素B<sub>1</sub>的损失率为69.54%,维生素B<sub>2</sub>的损失率为64.35%,维生素C的损失率为89.27%,在胡萝卜热泵干燥过程中维生素A与维生素C的损失率最高,建议在采用热泵干燥进行胡萝卜加工过程中要对出风温度进行严格把控。

综上所述,无论采用哪种干燥工艺进行胡萝卜加工,胡萝卜中的维生素含量都会有所下降,所以应不断改进胡萝卜干燥加工工艺,最大程度的保留胡萝卜中的维生素,以期满足人的身体所需。

需要以本文的研究结果为基础,设计合理的干燥加工方案,最大程度降低维生素损失,希望本文研究可以为胡萝卜加工工艺的改善提供借鉴和参考。

## 参考文献

- [1] 丁涛,李靖,董继先,等.基于组合干燥设备的胡萝卜干燥工艺研究[J].食品研究与开发,2018,39(8):72-77  
DING Tao, LI Jing, DONG Ji-xian, et al. Carrot drying process research based on combined drying equipment [J]. Food Research and Development, 2018, 39(8): 72-77
- [2] 孙永林,汤尚文,魏冬.胡萝卜红外干燥特性与干燥模型研究[J].保鲜与加工,2017,17(4):83-88  
SUN Yong-lin, TANG Shang-wen, WEI Dong. Study on

- infrared drying characteristics and drying model of carrots [J]. *Preservation and Processing*, 2017, 17(4): 83-88
- [3] 王俊杰,黄心敏,仇兆倩,等.不同储藏方式对于蔬菜中  $\beta$ -胡萝卜素含量的影响[J].*粮食与油脂*,2017,30(4):64-66  
WANG Jun-jie, HUANG Xin-min, QIU Zhao-qian, et al. Effects of different storage methods on the content of beta-carotene in vegetables [J]. *Grain and Grease*, 2017, 30(4): 64-66
- [4] 马越,王丹,郑清云,等.热风干燥温度对脱水胡萝卜品质的影响[J].*食品工业*,2017,38(11):83-86  
MA Yue, WANG Dan, ZHENG Qing-yun, et al. Effects of hot air drying temperature on the quality of dehydrated carrots [J]. *Food Industry*, 2017, 38(11): 83-86
- [5] 尹晓峰,杨明金,张引航,等.辣椒渗透脱水处理及渗后热风干燥特性及品质分析[J].*食品科学*,2017,38(1):27-34  
YIN Xiao-feng, YANG Ming-jin, ZHANG Yin-hang, et al. Characterization of osmotic dehydration and subsequent hot-air drying of chili pepper [J]. *Food Science*, 2017, 38(1): 27-34
- [6] 代亚萍,邓凯波,卢旭,等.超声波辅助漂烫预处理对太阳能-热泵联合干燥南瓜片品质的影响[J].*食品工业科技*,2018, 39(9):136-142  
DAI Ya-ping, DENG Kai-bo, LU Xu, et al. Effects of ultrasound-assisted blanching pretreatment on the quality of solar-heat pump combined drying pumpkin chips [J]. *Food Industry Science and Technology*, 2018, 39(9): 136-142
- [7] 周新丽,申炳阳,张三强,等.超声波辅助冷冻干燥对胡萝卜品质的影响[J].*食品与发酵工业*,2018,44(8):196-202  
ZHOU Xin-li, SHEN Bing-yang, ZHANG San-qiang, et al. Effects of ultrasound-assisted freeze-drying on carrot quality [J]. *Food and Fermentation Industry*, 2018, 44(8): 196-202
- [8] 苑静,王绍云.不同干燥方法对甜藤茎中成分含量的影响[J].*中国调味品*,2018,43(6):30-34  
YUAN Jing, WANG Shao-yun. Effect of different drying methods on the component content of *Paederia scandens* (Lour.) Meer. stem [J]. *China Condiment*, 2018, 43(6): 30-34
- [9] 刘光鹏,王娟,法涛,等.不同干燥方式对枸杞微粉品质的影响[J].*河南农业科学*,2016,45(11):130-134  
LIU Guang-peng, WANG Juan, FA Tao, et al. Effects of different drying methods on the quality of *Lycium barbarum* powder [J]. *Henan Agricultural Science*, 2016, 45(11): 130-134
- [10] 钱婧雅,张茜,王军,等.三种干燥技术对红枣脆片干燥特性和品质的影响[J].*农业工程学报*,2016,32(17):259-265  
QIAN Jing-ya, ZHANG Qian, WANG Jun, et al. Effects of three drying technologies on drying characteristics and quality attributes of jujube crisps [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(17): 259-265

---

(上接第 95 页)

- [17] Ma L S, Chen H X, Zhu W C, et al. Effect of different drying methods on physicochemical properties and antioxidant activities of polysaccharides extracted from mushroom *Inonotus obliquus* [J]. *Food Research International*, 2013, 50(2): 633-640
- [18] 汪鹤,洪胜,潘利华,等.超声波对密花石斛多糖理化性质及免疫调节活性的影响[J].*食品工业科技*,2014,35(9):121-124  
WANG He, HONG Sheng, PAN Li-hua, et al. Effect of ultrasonic treatment on the physicochemical properties and immunoregulatory activity of polysaccharides from *Dendrobium densiflorum* [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(9): 121-124
- [19] Zhao Q, Dong B, Chen J, et al. Effect of drying methods on physicochemical properties and antioxidant activities of wolfberry (*Lycium barbarum*) polysaccharide [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2015, 127: 176-181
- [20] 吴振,李红,罗杨,等.不同干燥方式对银耳多糖理化特性及抗氧化活性的影响[J].*食品科学*,2014,35(13):93-97  
WU Zhen, LI Hong, LUO Yang, et al. Effects of different drying methods on physio-chemical properties and antioxidant activities of polysaccharides extracted from *Tremella fuciformis* [J]. *Food Science*, 2014, 35(13): 93-97
- [21] Ahmadi S, Sheikh-Zeinoddin M, Soleimani-Zad S. Effects of different drying methods on the physicochemical properties and antioxidant activities of isolated acorn polysaccharides [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2019, 100: 1-9