

胡萝卜微粉物理特性和营养成分的影响因素^{*}

宫元娟¹ 曾程² 王强¹ 秦军伟¹

(1. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学食品学院, 沈阳 110161)

【摘要】 胡萝卜微粉制备中,影响微粉物理特性及营养成分的试验分析表明:热风和微波干燥获得的胡萝卜微粉容积密度大,冷冻干燥的胡萝卜微粉容积密度小。微波干燥获得的胡萝卜微粉溶水性好,其次是冷冻干燥;胡萝卜生粉比熟粉溶水性好。胡萝卜生粉的氨基酸质量比高于熟粉和冻融粉;真空冷冻干燥生胡萝卜,粉碎粒径小于240目时,氨基酸质量比高。经过冻融处理的胡萝卜微粉V_C质量比高于其生粉和熟粉;冷冻干燥的胡萝卜微粉V_C质量比高。类胡萝卜素质量比随着粒径减小而减小;冷冻干燥冻融处理的胡萝卜,在粉碎粒径为80~120目时,类胡萝卜素和V_C质量比高。

关键词: 胡萝卜 微粉加工 物理特性 营养成分

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

Influence Factors on Physical Properties and Nutrient Component for Carrot Micro-powder

Gong Yuanjuan¹ Zeng Cheng² Wang Qiang¹ Qin Junwei¹

(1. *Engineering College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China*

2. *Food College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China*)

Abstract

Analysis of physical properties and nutrient components of the carrot micro-powder showed that the carrot micro powder gained by the hot air drying and the microwave drying had the larger bulk density than by the freeze drying. Water solubility of the carrot micro-powder gained by the microwave drying was higher than gained by the freeze drying; water solubility of the raw carrot micro-powder was higher carrot than the cooked. The amino acid mass ratio of the raw carrot powder was higher than the cooked carrot powder, the freezing and thawing powder. Treated with the freeze-drying, the amino acid mass ratio of the raw carrot powder was the highest, and the powder granularity was smaller than 240 mesh. The vitamin C mass ratio of the carrot micro-powder processed by the freezing and thawing was higher than the raw and the cooked carrot powder. The vitamin C mass ratio of the carrot micro-powder processed by the freeze drying was the highest, and then the vacuum drying. The smaller the granularity was, the less the carotenoids mass ratio was; the carotenoids mass ratio and the vitamin C mass ratio were the highest when the freeze-thaw carrot was processed by the freeze drying, and the granularity was 80 to 120 meshes.

Key words Carrot, Micro-powder processing, Physical properties, Nutrient component

引言

目前,我国对胡萝卜加工利用率不高,加工品种

单一,主要是胡萝卜汁,但在胡萝卜汁加工中会产生大量残渣,不仅浪费资源,而且造成环境污染^[1-3]。若将胡萝卜加工成胡萝卜微粉,不仅对原料的大小、

形状没有严格的要求,不会产生残渣造成环境污染,而且能充分利用原料中的膳食纤维和营养成分,实现原料的全效利用。在胡萝卜微粉加工中,干燥方法、预处理方法、粒径对胡萝卜微粉物理特性及营养成分的影响尚未见报道。本文通过正交试验研究干燥和预处理方法在制备不同粒径胡萝卜粉时对其营养成分的影响,以确定其最佳加工工艺。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

试验所用胡萝卜品种为红芯四号,生胡萝卜的平均湿基含水率为 91%。

试验设备:FD-5 型真空冷冻干燥机,WD850B 型微波炉,DZF-6090 型真空干燥机,CP423S 型电子天平(0.001 g),101-0A 型数显式电热恒温干燥箱,离心机,电热恒温浴锅。

1.2 胡萝卜粉制备

胡萝卜粉制备工艺:鲜胡萝卜→预处理(生胡萝卜、熟化、冻融)→干燥(热风干燥、微波干燥、真空干燥和冷冻干燥)→粉碎→过筛。

选取热风干燥、微波干燥、真空干燥和冷冻干燥进行对比研究,干燥后胡萝卜湿基含水率为 5%。热风干燥时温度为 65℃;微波干燥时中火(功率 540 W) 20 min,然后进行低火(功率 180 W)干燥;真空干燥时干燥室压力 0.07 MPa,加热板温度 65℃;冷冻干燥时干燥室压力 150 Pa,加热板温度 40℃。干燥后用多功能粉碎机进行细粉碎,粉碎后筛分成 40~80 目、80~120 目、120~160 目、160~200 目、200~240 目、>240 目胡萝卜粉样品备用。

1.3 测定方法

1.3.1 物理特性

(1) 容积密度

用小量筒进行容积密度测定,把胡萝卜粉样品慢慢地加入到量筒中,用量筒量取 1 mL 体积并进行称量,即得出它的容积密度,重复测定 4 次,取其平均值^[4~5]。

(2) 胡萝卜粉溶水指数

将胡萝卜粉样品 1 g 加水 8 mL,在 14 mL 的离心管中有效混合(振荡器振荡 1 min),在 37℃ 的水浴中保温 30 min,离心(3 000 r/min) 10 min。上清液倒入恒重的称量皿中,于 105℃ 的条件下干燥,称得干物质质量 W_1 (g),则溶水指数^[4~5]计算公式为

$$\delta = W_1 \times 100\% \quad (1)$$

1.3.2 营养成分

(1) 胡萝卜粉氨基酸质量比的测定采用茚三酮比色法^[6]。

(2) 胡萝卜粉 V_C 质量比的测定采用 2,4-二硝基苯肼法^[7]。

(3) 胡萝卜粉类胡萝卜素质量比的测定。在 GB/T 12291—90 基础上,利用萃取剂(氯仿/甲醇体积比 2:1)对胡萝卜粉中类胡萝卜素进行提取,以萃取剂作为空白,在波长 λ_{\max} 为 458 nm 下测定吸光度^[8~10]。根据试验结果,计算类胡萝卜素质量比 λ (mg/kg) 为

$$\lambda = \frac{400A}{m} \quad (2)$$

式中 A ——测定的最大吸光度

m ——试样称取量

2 胡萝卜粉物理特性分析

2.1 容积密度

表 1 为干燥方法对容积密度的影响。由表可知,不同干燥方法制得的胡萝卜粉(120~160 目)的容积密度差异显著,热风干燥和微波干燥的胡萝卜粉容积密度大,冷冻干燥的胡萝卜粉容积密度最小。主要原因:冷冻干燥形成的粉体中有大量的孔隙,因而容积密度小;熟化后的胡萝卜粉比生的胡萝卜粉容积密度小,说明熟化后的胡萝卜粉蓬松,透气性好。

表 1 干燥方法对容积密度的影响

Tab.1 Effect of drying methods on bulk density

预处理方法	干燥方法			
	热风	微波	真空	冷冻
生胡萝卜	0.90	0.82	0.74	0.60
熟化处理	0.85	0.82	0.70	0.45

2.2 溶水指数

表 2 为不同干燥方法得到的胡萝卜粉(120~160 目)溶水指数。由表可知,生胡萝卜比熟胡萝卜溶水性好;微波干燥胡萝卜溶水性好,其次是冷冻干燥。

表 2 干燥方法对溶水指数的影响

Tab.2 Effect of drying methods on water solubility index

预处理方法	干燥方法			
	热风	微波	真空	冷冻
生胡萝卜	15.23	18.21	14.98	15.97
熟化处理	14.15	17.19	13.32	16.22

表 3 为冷冻干燥后的胡萝卜加工成粉,不同粒

径对溶水指数的影响。由表可知,不同粒径冷冻干燥的胡萝卜粉溶水指数差别明显,粒径小于240目的胡萝卜微粉随着粒径的减小(目数越大,粒径越小),溶水指数明显增加,这为胡萝卜粉用于食用色素提供理论基础。

表3 粒径对溶水指数的影响

Tab.3 Effect of grain size on water solubility index

粒径/目	溶水指数/%	粒径/目	溶水指数/%
40~80	7.64	160~200	24.98
80~120	5.99	200~240	27.93
120~160	15.97	>240	35.22

3 胡萝卜粉营养成分分析

3.1 氨基酸质量比

表4是生胡萝卜用不同干燥方法制备的不同粒径胡萝卜粉氨基酸质量比。

表4 粒径对氨基酸质量比的影响

Tab.4 Effect of grain size on amino acid mass ratio

干燥方法	mg/100 g		
	粒径/目		
	80~120	160~200	>240
热风	793.02	1011.63	1111.63
微波	495.35	653.49	797.67
真空	1618.61	1923.26	2039.54
冷冻	1716.28	1995.35	2095.35

由表可知,无论采用何种干燥方法,胡萝卜粉随着粒径的减小氨基酸质量比随之增加。这是因为随着粒径的减小,细胞结构被破坏,细胞壁、细胞膜、原生质和细胞间质中的蛋白质颗粒被释放,从而蛋白质和氨基酸质量比有所增加^[6]。冷冻干燥的胡萝卜粉的氨基酸质量比高于真空干燥,其后是热风干燥和微波干燥,这是因为氨基酸的损失主要是和羰基化合物反应,羰基反应速度与温度有关,温度每相差10℃时,其反应速度相差3~5倍。所以干燥温度升高,氨基酸与还原糖更易发生羰基反应,造成氨基酸质量比明显降低。真空干燥随着负压的增加,真空箱内的氧气含量减少,造成羰基反应缓慢,因此氨基酸质量比增加。冷冻干燥保持了物料的营养成分不流失^[11]。

表5是不同预处理方法制备的160~200目胡萝卜粉氨基酸质量比。由表可知,未经处理的生胡萝卜粉氨基酸质量比高,冻融处理胡萝卜粉的氨基酸质量比较低,这是因为物料反复冻融使细胞破裂,营养成分流失。

表5 预处理对氨基酸质量比的影响

Tab.5 Effect of pretreatment methods on amino acid mass ratio

干燥方法	mg/100 g		
	预处理方法		
	生粉	熟粉	冻融粉
热风	1011.64	1002.33	683.72
微波	653.49	553.49	472.09
真空	1923.26	1218.61	1088.37
冷冻	1995.35	1211.63	1104.45

3.2 V_C 质量比

表6是生胡萝卜用不同干燥方法制备的不同粒径胡萝卜粉V_C质量比。

表6 生胡萝卜粒径对V_C质量比的影响

Tab.6 Effect of grain size on vitamin C mass

干燥方法	mg/100 g		
	粒径/目		
	80~120	160~200	>240
热风	103.44	93.55	87.36
微波	113.59	109.63	103.20
真空	115.08	109.14	103.69
冷冻	127.20	123.99	121.02

由表可知,随着粒径的减小V_C质量比下降。这是因为V_C对氧极其敏感,随着粒径的减小,比表面增大,导致与氧接触面积增大,造成V_C氧化而损失。冷冻干燥的胡萝卜粉V_C质量比高于其他干燥方法,这是因为V_C对氧极其敏感,冷冻干燥随着负压的增加,干燥室内的氧气含量减少,V_C不易被氧化,同时V_C热敏性强,高热易氧化,所以热风干燥的V_C质量比较低。

表7是不同处理方法制备的160~200目胡萝卜粉V_C质量比。由表可知,熟化的胡萝卜粉的V_C质量比最低,这是因为胡萝卜在熟化过程中温度升高,使V_C有氧降解的速度加快^[6]。

表7 预处理对V_C质量比的影响

Tab.7 Effect of pretreatment methods on vitamin

干燥方法	mg/100 g		
	C mass ratio		
	预处理方法		
	生粉	熟粉	冻融粉
热风	93.55	81.91	130.91
微波	109.63	90.08	131.41
真空	109.14	102.70	132.65
冷冻	123.98	104.19	159.87

3.3 类胡萝卜素质量比

表8是不同干燥方法制备不同粒径的胡萝卜粉

类胡萝卜素质量比。

表 8 粒径对类胡萝卜素质量比的影响

Tab.8 Effect of grain size on carotenoids mass ratio

干燥方法	mg/kg		
	粒径/目		
	80~120	160~200	>240
热风	114.43	85.62	58.43
微波	231.21	110.25	73.24
真空	264.32	193.63	144.45
冷冻	344.81	200.82	175.63

由表可知,4种干燥方法的类胡萝卜素质量比随着粒径的减小而显著降低。这是因为类胡萝卜素见光易氧化分解,随着胡萝卜微粉粒径减小,比表面积增加,与光接触的机会增多而更易氧化分解。冷冻干燥的胡萝卜粉的类胡萝卜素质量比高于其他干燥方法,其次是真空干燥,热风干燥类胡萝卜素质量比最低。这是因为类胡萝卜素是一类具有多不饱和和双键的烃类或它们的含氧衍生物,本身性状不稳定,对氧、光、热和酸非常敏感,类胡萝卜素随温度的升高分解速度加快^[12],热风干燥胡萝卜粉干燥过程中温度较高,所以类胡萝卜素损失严重。

表 9 是不同处理方法制备的 80~120 目胡萝卜粉类胡萝卜素质量比。由表可知,经冻融后胡萝卜粉类胡萝卜素质量比高于熟粉和生粉。这是因为胡萝卜粉在冻融过程中细胞组织破坏使胡萝卜素释放,冻融处理是在真空袋中完成的,在隔绝氧气的条件下,室内自然光和无光对胡萝卜素破坏性较少,所以胡萝卜素含量较高。熟化通过微波高温来破坏胡萝卜片细胞的细胞壁,释放一定的类胡萝卜素,但在高温处理时类胡萝卜素随温度的升高分解速度加快^[12],所以冻融处理的胡萝卜粉类胡萝卜素质量比高。

表 9 预处理对类胡萝卜素质量比的影响

Tab.9 Effect of pretreatment methods on carotenoids

干燥方法	mass ratio		
	mg/kg		
	预处理方法		
	生粉	熟粉	冻融粉
热风	114.43	100.43	201.23
微波	231.21	132.42	278.81
真空	264.32	254.22	283.23
冷冻	344.81	284.80	302.41

3.4 胡萝卜粉营养成分正交试验

采用正交试验分析干燥方法、预处理、胡萝卜粉粒径 3 因素对胡萝卜粉中氨基酸、V_C、类胡萝卜素

质量比的影响,根据上述单因素试验结果,设计三因素四水平 L₁₆(3⁴) 正交试验^[15],试验因素水平如表 10 所示,做了 16 次试验(分析过程略),得到如下结论。

表 10 因素水平表

Tab.10 Factors and levels

水平	干燥方法 A	预处理方法 B	粒径 C/目
1	真空	生胡萝卜	80~120
2	冷冻	熟化处理	160~200
3	热风	冻融处理	>240
4	微波	生胡萝卜	>240

(1) 试验因素对胡萝卜粉氨基酸质量比的影响。各因素对胡萝卜粉氨基酸质量比影响的主次顺序为:干燥方法、预处理方法、胡萝卜粉粒径。在 4 种干燥方法中冷冻干燥得到的胡萝卜微粉氨基酸质量比最高,其次是真空干燥和热风干燥。生胡萝卜粉的氨基酸质量比高于熟化和冻融处理的胡萝卜粉。随着胡萝卜粒径的减小,氨基酸质量比增加。由试验分析得到,冷冻干燥粒径小于 240 目生胡萝卜粉氨基酸质量比高。

(2) 试验因素对胡萝卜粉 V_C 质量比的影响。各因素对胡萝卜粉 V_C 质量比影响的主次顺序为:预处理方法、干燥方法、胡萝卜粉粒径。经过冻融处理的胡萝卜 V_C 质量比高于生胡萝卜和熟化胡萝卜。冷冻干燥得到的胡萝卜粉 V_C 质量比高,其次是真空干燥和微波干燥。随着粒径减小 V_C 质量比降低,但降低的幅度不明显。由试验分析得到,真空冷冻干燥冻融处理的粒径为 80~120 目胡萝卜粉 V_C 质量比高。

(3) 试验因素对胡萝卜粉类胡萝卜素质量比的影响。各因素对胡萝卜粉类胡萝卜素质量比影响的主次顺序为:预处理方法、干燥方法、胡萝卜粉粒径,但差别不明显。通过冻融处理的胡萝卜粉类胡萝卜素质量比高于生粉和熟化的胡萝卜粉。冷冻干燥类胡萝卜素质量比高,热风干燥的最低。类胡萝卜素质量比随着粒径减小而减小。由试验分析得到,真空冷冻干燥冻融处理的粒径为 80~120 目的胡萝卜粉类胡萝卜素质量比高。

4 结论

(1) 干燥方法对胡萝卜粉的容积密度影响显著,经热风干燥和微波干燥获得的胡萝卜粉容积密度大,冷冻干燥获得的胡萝卜粉容积密度小,熟胡萝卜粉比生胡萝卜粉的容积密度小。微波干燥胡萝卜粉溶水性好,其次是冷冻干燥;生胡萝卜粉比熟胡萝卜

粉溶水性好;不同粒径的胡萝卜粉溶水指数差别明显,粒径小于240目的胡萝卜微粉随着粒径的减小,溶水性明显增加。

(2)胡萝卜生粉的氨基酸质量比高于熟粉和冻融粉;冷冻干燥的生胡萝卜,粉碎粒径小于240目时,氨基酸质量比高。经过冻融处理的胡萝卜微粉

V_C 质量比高于其生粉和熟粉;冷冻干燥的胡萝卜微粉 V_C 质量比最高,其次是真空干燥和微波干燥;冷冻干燥冻融胡萝卜,粉碎粒径为80~120目时, V_C 质量比最高。类胡萝卜素质量比随着粒径减小而减小。真空冷冻干燥冻融处理的胡萝卜,在粉碎粒径为80~120目时,类胡萝卜素质量比高。

参 考 文 献

- 1 郑瑶瑶,夏延斌.胡萝卜营养保健功能及其开发前景[J].包装与食品机械,2006,24(5):35~37.
Zheng Yaoyao, Xia Yanbin. Nutrition and health care production with carrot and the foreground of exploitation [J]. Packaging and Food Machinery, 2006, 24(5):35~37. (in Chinese)
- 2 马荣山,李艳玲,宫元娟.不同干燥方法对胡萝卜粉理化性质影响的研究[J].食品工业科技,2008,29(4):107~109.
Ma Rongshan, Li Yanling, Gong Yuanjuan. Effects of different drying methods on physical and chemical properties of carrot power[J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(4):107~109. (in Chinese)
- 3 宫元娟,曾日新,田素博,等.胡萝卜精细加工技术及其综合应用[J].农业工程学报,2006,22(4):199~203.
Gong Yuanjuan, Zeng Rixin, Tian Subo, et al. Review of refining processing and comprehensive utilization of carrot [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(4):199~203. (in Chinese)
- 4 叶兴乾,刘东红,张贵平,等.不同干燥方法对栗粉的理化性质与功能特性的影响[J].农业工程学报,2001,17(4):95~98.
Ye Xingqian, Liu Donghong, Zhang Guiping, et al. Effect of drying methods on the physicochemical and functional properties of chestnut flour[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2001, 17(4):95~98. (in Chinese)
- 5 张钟,刘晓明.不同干燥方法对生姜粉物理性质的影响[J].农业工程学报,2005,21(11):186~188.
Zhang Zhong, Liu Xiaoming. Effects of different drying methods on physical properties of ginger powder[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(11):186~188. (in Chinese)
- 6 宁正祥.食品成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,1998.
- 7 杨惠芬,李明元,沈文.食品卫生理化检验标准手册[M].北京:中国标准出版社,1997.
- 8 陈洁,解晓霞.胡萝卜粉中类胡萝卜素含量的快速测定[J].新疆农业科学,2004,41(专刊):103~105.
Chen Jie, Xie Xiaoxia. Rapid determination of carotenoids in carrot powder[J]. Xinjiang Agricultural Sciences 2004, 41(Special):103~105. (in Chinese)
- 9 GB/T 12291—1990.水果、蔬菜汁类胡萝卜素全量的测定[S].
- 10 GB/T 12389—1990.食物中胡萝卜素测定方法[S].
- 11 刘玉环.胡萝卜片的真空冷冻干燥加工工艺及研究[J].食品科技,2006,23(3):52~54.
Liu Yuhuan. Research on the vacuum freeze-drying processing of the carrot piece [J]. Food Science and Technology, 2006, 23(3):52~54. (in Chinese)
- 12 Thompson U, Li Lan, Young Sook Cho. Chemical composition and functional properties of acylated low phytate rapeseed protein isolate[J]. Journal of Food Science, 1984, 49(6):1584~1586.
- 13 闵燕萍,陈宗道,钟耕,等.藕淀粉的加工性能研究[J].农业工程学报,2007,23(1):259~263.
Min Yanping, Chen Zongdao, Zhong Geng, et al. Processing properties of lotus starch[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(1):259~263. (in Chinese)
- 14 张近祥,李斌,李晶,等.振动球磨辅助水提取黄姜皂甙及细胞毒性研究[J].农业机械学报,2006,37(8):20~23,19.
Zhang Jinxiang, Li Bin, Li Jing, et al. Study on water extraction technology assistant by high-frequency oscillatory type ballmilled treatment of yam dioscin and its cytotoxicity [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(8):20~23,19. (in Chinese)
- 15 李云雁,胡传荣.试验设计与数据处理[M].北京:化学工业出版社,2004:122~136.