

葛仙米脆粒含浸调理工艺研究

黄苏婷¹, 张 慇^{*1}, 黄家鹏^{1,3}, 陈慧芝¹, 安彦君^{1,2}

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 湖南炎帝生物工程有限公司, 湖南 株洲 410004; 3. 江苏省农业科学院 农产品加工研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 先将葛仙米进行预干燥, 再通过真空含浸技术使干燥的葛仙米内部浸入海藻糖、奶油的含浸液, 使其具有奶油的香甜口感。最后再次利用干燥, 除去含浸后葛仙米内部的水分, 最大程度的保持葛仙米的形状和营养成分。首先, 确定葛仙米的预干燥方式为脉冲喷动微波真空冷冻干燥; 其次, 研究不同真空度、不同抽真空时间和不同常压浸渍时间对葛仙米品质的影响, 确定最佳的真空含浸工艺为: 75 ℃, -0.08 MPa, 真空含浸 30 min, 再常压浸渍 30 min; 最后, 比较热风干燥与真空微波干燥 2 种不同的干燥方式对葛仙米品质的影响, 确定最佳的二次干燥工艺为: 真空微波干燥, 150 W。

关键词: 葛仙米; 预干燥; 真空含浸; 二次干燥

中图分类号: TS 205.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2018)05-0495-07

Impregnated *Nostoc sphaeroides* Kützinger Crisp Grain Conditioning Processing Technologies

HUANG Suting¹, ZHANG Min^{*1}, HUANG Jiapeng^{1,3}, CHEN Huizhi¹, AN Yanjun^{1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Hunan Yandi Bioengineering Co., Ltd., Zhuzhou 410004, China; 3. Institute of Processing Agriculture Product, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: In this study, pre-drying vacuum impregnation technology was applied in the first stage, when some flavor substances such as butter, sugars were impregnated to the *Nostoc sphaeroides* kützinger (*N. sphaeroides*), thus there were butter flavor in raw products. After that, though drying for the second stage, the rest water in impregnated materials was removed, and best drying process was necessary for keeping materials' shape and nutrition value. Firstly, pulse-spouted microwave-freeze drying (PSMVD), which was developed by our team was selected as the pre-drying process. Secondly, according to the quality of impregnated *N. sphaeroides*, different vacuum level, different impregnating time in vacuum and atmospheric pressure were researched, thus best vacuum impregnating process was realized, when the parameters were selected as: impregnating temperature was 75 ℃, vacuum pressure was -0.08 MPa, both vacuum and atmospheric pressure impregnating

收稿日期: 2016-09-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(30972058); 江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015A052)。

* 通信作者: 张 慇(1962—), 浙江平湖人, 工学博士, 博士研究生导师, 主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail: min@jiangnan.edu.cn

引用本文: 黄苏婷, 张慇, 黄家鹏, 等. 葛仙米脆粒含浸调理工艺研究[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(05): 495-501.

time was 30 min. Finally, according to the quality of impregnated *N. sphaeroides*, hot airflow drying and microwave vacuum drying were analyzed in comparison, and the drying process in second stage was confirmed, which was microwave vacuum drying with the power of 150 W.

Keywords: *N. sphaeroides*, pre-drying, vacuum impregnation, second drying

葛仙米(*Nostoc sphaeroides* kützinger), 俗称水木耳, 它是一种淡水野生藻类植物。葛仙米是不可多得的天然无公害绿色食品, 其蛋白质含量高(56%), 具有人体所必需的 8 种氨基酸; 同时还富含活性多糖、维生素、矿物质元素及增强机体免疫能力的生物活性物质, 使葛仙米具有抗衰老、抗氧化等生物学功能^[1-3]。

真空含浸主要是由压力变化引起流体动力学运动使得多孔物料内部的气体 and 液体与外部溶液进行交换。一般真空含浸过程由 2 个阶段组成; 第一阶段, 对装有物料和溶液的容器抽真空并维持一个较短的时间, 使物料内部的气体膨胀、逸出, 气体逸出过程中可能会带出物料中的一部分天然液体; 在第二阶段, 将体系恢复到常压并维持一定的时间, 物料内部压力由于毛细阻力作用, 仍维持在真空室未升高前的压力, 而容器内压力已经升高, 在这个压差作用下, 残留在物料内部的气体体积急剧减小, 而植物组织本身由于自身粘弹性作用尚未收缩, 所以物料外部液体流入到该毛细多孔体中^[4-7]。

本文作者主要研究了不同预干燥方式、真空含浸工艺(真空度、抽真空时间、常压浸渍时间)及二次干燥方式对葛仙米品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

葛仙米, 湖南炎帝生物工程有限公司提供; 黄油, 威士兰乳业有限公司生产; 海藻糖, 江苏省奥谷生物科技有限公司提供; 单甘脂(GMS), 张家港市中鼎添加剂有限公司生产。

1.2 仪器和设备

FA1004 电子天平, 苏州塞恩斯仪器有限公司产品; AL204 分析天平, 梅特勒托利多仪器(上海)有限公司产品; 电磁炉, 美的有限公司产品; U410 超低温冰箱, NEW BRUNSWICK SCIENTIFIC CO., INC 产品; YHW2S-OS 微波真空冻干机, 南京亚泰微波能技术研究所提供; GZX-9140MBE 电热鼓风

干燥箱, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; 脉冲喷动微波真空冷冻干燥设备, 实验室自行组建; 真空含浸设备, 实验室自行组建; ORW08S-5Z 真空微波设备, 南京澳润微波科技有限公司; CR-400 色差计, KONICA MINOLTA; HT110ATC 折光仪, 爱普计量仪器有限公司; SOX406 脂肪测定仪, 山东海能科学仪器有限公司; TA-Xt2i 质构仪, 英国 STABLE MICROSYSTEMS 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程与要点 葛仙米→清洗→预处理→预干燥→真空含浸→离心→二次干燥→包装。

1) 预干燥方式: 60℃热风干燥(AD), 干燥时间 6 h; 真空冷冻干燥(FD), 电加热板功率设置为 300 W, 干燥最高温度设为 55℃, 当真空度低于 100 Pa 时开启加热装置, 干燥时间 12 h; 脉冲喷动微波真空冷冻干燥(PSMFD), 微波功率 300 W, 干燥时间 6 h, 脉冲喷动频率 10 min/次。

2) 含浸液的制备: 黄油添加质量分数 5%, 海藻糖添加质量分数 18%, 分子蒸馏单甘脂添加质量分数 1.15%, 蒸馏水添加质量分数 75.85%, 置于干净的烧杯中, 70℃水浴加热, 并用打蛋器机械搅拌 15~20 min, 然后滤掉溶液上层漂浮油脂。

3) 真空含浸工艺: 真空度 -0.07、-0.08、-0.09 MPa(真空含浸 10 min, 常压浸渍 20 min)、抽真空时间 10、20、30、40 min(真空度 -0.08 MPa, 常压浸渍 20 min)、常压浸渍时间 10、20、30、40 min(真空度 -0.08 MPa, 真空含浸 30 min)。

4) 二次干燥方式: 60℃热风干燥、微波功率为 150 W 的真空微波干燥。

5) 对干燥后的葛仙米进行初步评定, 比较其颗粒大小、形状是否呈球形、颗粒是否饱满、是否产生一定程度的膨胀等方面, 选出葛仙米产品品质最好的预干燥方式、真空含浸工艺条件及二次干燥方式。

1.3.2 指标测定及方法

1) 增重率测定: 含浸液渗透进干燥的葛仙米中, 葛仙米的重量增加。增重率越大, 就有越多的浸

渍液浸入到葛仙米样品中。增重率的计算公式如下式(1):

$$W_1 = \frac{M - M_0}{M_0} \quad (1)$$

其中, W_1 为样品增重率(%); M 为含浸后葛仙米的质量(g); M_0 为含浸前干燥葛仙米的质量(g)。

2) 水分质量分数测定: 水分质量分数的测定参照国标 GB5009.3-2010 食品中水分的测定方法; 将待测量的葛仙米样品磨碎成粉, 称取 2~3 g 样品放入恒重的称量瓶中, 在 105 ℃ 的烘箱内恒重。水分质量分数的计算公式如下式(2):

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \quad (2)$$

其中, X 为湿基(w.b)水分含量(%); m_1 为样品初始质量(g); m_2 为样品干燥至恒重时的质量(g)。

3) 糖质量分数测定: 将待测葛仙米样品磨成粉, 称取 0.5 g 溶于 2 ml 水中, 滴一滴在折光仪上, 读取度数。通过计算, 计算出葛仙米内的糖质量分数, 计算公式如下式(3):

$$I = I_0 \times (N_1 + N_2) / N_1 \times 100\% \quad (3)$$

其中, I 为糖质量分数, %; I_0 为折光仪读数; N_1 为样品质量; N_2 为水的质量。

4) 脂肪质量分数测定: 称取 1~2 g 葛仙米样品粉末, 置于 SOX406 脂肪测定仪内测定脂肪质量分数。脂肪质量分数计算公式如下:

$$N = (n_1 - n_0) / N_1 \times 100\% \quad (4)$$

其中, N 为脂肪质量分数, %; n_0 为空瓶质量; n_1 为回流结束后空瓶质量。

5) 质构测定: 使用 TA-Xt2i 质构仪进行压缩破坏试验, 分别测定不同加工工艺下的葛仙米的硬度和脆度。选用的测试探头为 P 0.5 圆柱型探头, 测前速度为 2 mm/s, 测试速度为 0.5 mm/s, 测后速度为 10 mm/s, 感应力为 10 g, 压缩距离为 50 %。取 5 个颗粒大小差不多的葛仙米样品, 做 5 组平行实验, 取平均值。

6) 色差测定: 用色差计测定葛仙米色差, L^* 代表亮度值, 数值变化范围为 0~100, 从低到高表示样品由黑变白的颜色变化。 a^* 代表绿色度, -80 至 100 代表颜色由绿色到红色的变化。 b^* 代表黄色度, -80 至 100 代表颜色由蓝色到黄色的变化。每组样品取样后旋转 3 个不同的角度测定读数, 再取平均值。

7) 感官评定: 选取本实验室 9 名同学组成感官

评定小组, 对葛仙米脆粒进行皱缩度、香味、油腻度和甜度的评定。评分标准如表 1 所示:

表 1 真空含浸葛仙米感官评分标准

Table 1 Sensory score of vacuum impregnation *N. Sphaeroides*

皱缩度	香味	油腻度	甜度	分数
与新鲜葛仙米一样大小	奶香味浓	不油腻	甜度大, 过甜	20
皱缩为新鲜葛仙米 1/2	奶香味较浓	稍油腻	甜度适中	10
皱缩为新鲜葛仙米 1/3	奶香味较淡	油腻	偏甜, 甜度不够大	0
皱缩为新鲜葛仙米 1/4	基本无奶香味	油腻较严重	稍有甜味	-10
皱缩为新鲜葛仙米 1/5	无奶香味	油腻严重	基本无甜味	-20

2 结果与讨论

2.1 不同预干燥方式对葛仙米干燥效果的影响

3 种预干燥方式对葛仙米的干燥效果见图 1, AD 的葛仙米皱缩严重, 颗粒极小; PSMFD 的葛仙米, 颗粒皱缩程度较小, 基本保持圆粒形状, 外观保持较好; FD 的葛仙米形状良好, 皱缩不严重, 颗粒较饱满。根据干燥效果的对比, PSMFD 和 FD 的干燥效果较好, 明显优于 AD。从操作的方便性及经济成本考虑, PSMFD 耗时远少于 FD, 降低了生产的成本。综合考虑后, 确定葛仙米的预干燥方式为 PSMFD。

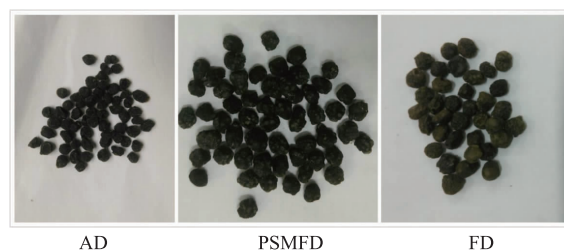


图 1 不同干燥方式对葛仙米的干燥效果

Fig. 1 Effects of different drying methods on the characteristics of *N. sphaeroides*

2.2 不同真空度对含浸葛仙米脆粒品质的影响

不同真空度对葛仙米增重率和最终水分质量分数(w.b)的影响, 由图 2 可以看出, 真空含浸的葛仙米增重率高于常压浸渍的葛仙米, 而不同真空度对葛仙米增重率的大小也有影响; 此外, 真空度为 -0.08 MPa 含浸葛仙米的增重率 > 真空度为 -0.07 MPa

含浸葛仙米增重率,这是因为真空环境导致葛仙米内部气体逸出,恢复常压后保持一定时间,使物料内外部形成压差,葛仙米内部的气体减少,外部的含浸液得以浸入物料中;但是,当真空度达到 -0.09 MPa时,含浸葛仙米的增重率反而降低了,这是由于真空度过高,加热装置只能通过含浸液和容器壁传热,失去了空气这个传热介质,反而导致含浸液实际温度低于仪器显示的设定温度,粘度增加,浸渍量变少,物料的增重率也逐渐变低^[8]。从图中还可以看出,真空度为 -0.08 MPa含浸葛仙米的最终水分质量分数最低,其次为 -0.09 MPa,真空度为 -0.07 MPa含浸葛仙米的最终水分质量分数最高,并且高于常压浸渍的葛仙米。

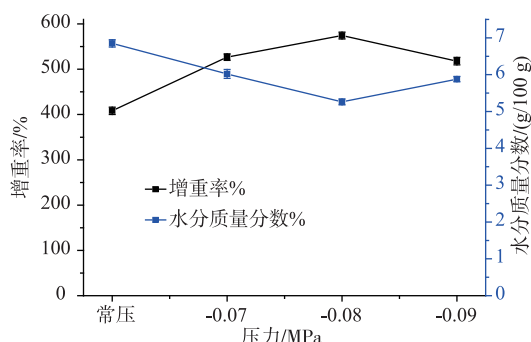


图2 不同真空度对葛仙米增重率和水分含量的影响
Fig. 2 Effects of different vacuum degree on the weight gain rate and final moisture content of *N. sphaeroides*

不同真空度对含浸葛仙米糖质量分数和脂肪质量分数的影响,由图3可以看出,真空含浸葛仙米的含糖量明显高于常压浸渍的葛仙米,并且,随着真空度的增加,葛仙米的含糖量也随之增加,但是增加量不明显。此外,随着真空度的增加,葛仙米的脂肪质量分数也随之增加,而常压浸渍的葛仙米的脂肪质量分数最高。所以得出的结论是,浸渍真空度越大,葛仙米内的糖质量分数及脂肪质量分数越高,但是糖质量分数随着真空的增加增幅不明显。

由表2质构分析的数据可以看出,在4组样品中,真空度为 -0.08 MPa和 -0.09 MPa含浸葛仙米具有较高的硬度和脆度,口感相对较好。此外,常压浸渍葛仙米的颜色偏黄,而真空含浸葛仙米的颜色呈不同程度的绿色,从外观上看,采用真空含浸的葛仙米色泽优于常压下浸渍的葛仙米。所以,综合考虑各种因素得出的结论是,在相同的加工条件下,

真空度为 -0.08 MPa含浸葛仙米具有较好的质构,且色泽最佳。

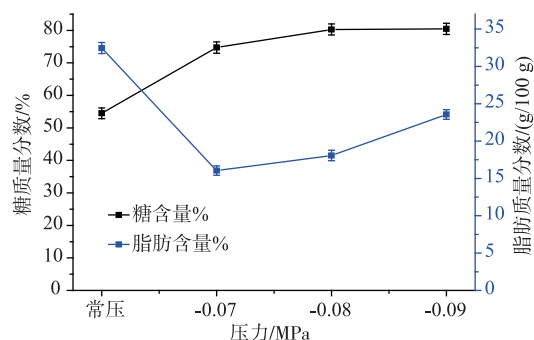


图3 不同真空度对葛仙米糖质量分数和脂肪质量分数的影响
Fig. 3 Effects of different vacuum degree on the sugar and fat content of *N. sphaeroides*

表2 不同真空度制得含浸葛仙米脆粒的质构及色差值比较
Table 2 Compare of texture and color of impregnation *N. sphaeroides* under different vacuum degree

	-0.07 MPa	-0.08 MPa	-0.09 MPa	常压
硬度/g	1 621.06±441.62	1 672.84±501.43	1 407.82±420.04	1 581.52±395.53
脆度/g	1 928.73±383.32	2 116.09±433.74	1 625.54±404.93	1 717.64±430.51
L^*	46.97±0.14	47.36±0.12	47.97±0.14	48.59±0.17
a^*	-0.64±0.06	-2.05±0.07	-1.12±0.09	+1.36±0.06
b^*	11.32±0.08	7.03±0.04	8.48±0.13	9.18±0.11

2.3 不同抽真空时间对含浸葛仙米脆粒品质的影响

不同抽真空时间对葛仙米增重率和最终水分质量分数(w.b)的影响,由图4可以看出,随着抽真空时间的延长,葛仙米的增重率也随之逐渐增加,即含浸量逐渐增大;这是因为真空环境下物料内部气体逸出,恢复常压后保持一定时间,物料内外部形成压差,内部的气体减少,外部的含浸液逐渐渗透进物料中;但是,在真空环境下浸渍过长时间,含浸液浸入物料的量反而有所降低,这是因为加热装置中的传热介质是空气,在空气排尽之后,只有含浸液和容器壁可以传热,含浸液温度降低,粘度增加,浸渍量降低,物料的增重率下降。此外,由图4中还可以看出,常压含浸葛仙米的水分质量分数最高,真空含浸葛仙米的水分质量分数随着抽真空时间的延长而减少,但是,当抽真空时间达到一定值

时,随着抽真空时间的延长,葛仙米的水分质量分数反而开始增加。

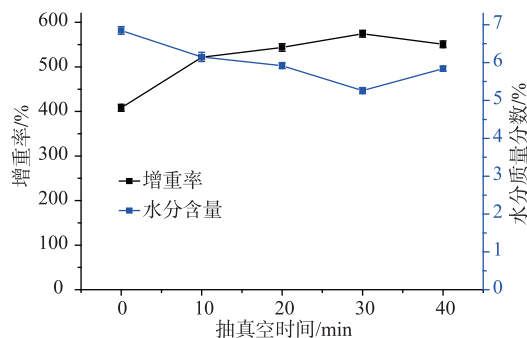


图4 不同抽真空时间对葛仙米增重率及水分含量的影响

Fig. 4 Effects of different vacuum time on the weight gain rate and final moisture content of *N. sphaeroides*

图5是不同抽真空时间对葛仙米糖质量分数和脂肪质量分数的影响;由图看出,真空含浸葛仙米的含糖量高于常压浸渍的葛仙米,并且,随着抽真空时间的延长,葛仙米的糖质量分数随之增加,但是,在抽真空达到一定时间时,葛仙米的含糖量开始降低;这与抽真空时间对葛仙米增重率的影响一致;此外,当抽真空时间低于30 min时,葛仙米的脂肪质量分数低于常压浸渍2 h的葛仙米,随抽真空时间的增加葛仙米脂肪质量分数逐渐增加。

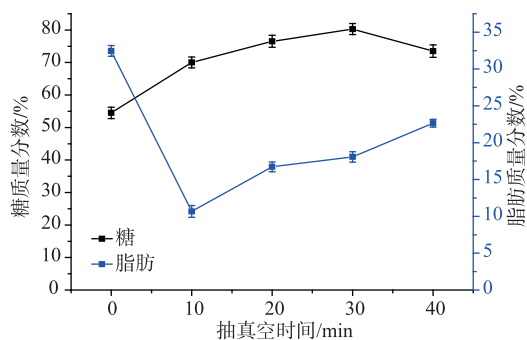


图5 不同抽真空时间对葛仙米糖质量分数及脂肪质量分数的影响

Fig. 5 Effects of different vacuum time on the sugar and fat content of *N. sphaeroides*

由表3可以看出,真空含浸的葛仙米,硬度和脆度都高于常压浸渍的葛仙米,在10、20、30 min和40 min 4个不同的抽真空时间的对比中可以看出真空含浸30 min葛仙米硬度和脆度较高,产品品质较好;此外,常压含浸2 h的葛仙米,颜色损失较为严重,外观受到较大程度的影响,品质不佳。从表中可

以看出真空含浸为30 min的物料呈现出较好的色泽。

表3 不同抽真空时间对含浸葛仙米脆粒质构及色差值比较

Table 3 Compare of texture and color of impregnation *N. sphaeroides* under different vacuum time

	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min
硬度/g	1 581.52 ±495.53	1 827.92 ±516.35	1 873.78 ±453.92	1 672.84 ±501.43	1 585.07 ±402.42
脆度/g	1 717.64 ±530.51	1 882.41 ±427.34	2 037.20 ±330.61	2 116.09 ±433.74	2 038.80 ±452.08
L^*	48.59 ±0.09	47.33 ±0.13	47.53 ±0.13	47.36 ±0.12	46.98 ±0.15
a^*	+ 1.36 ±0.06	-0.95 0.09	-1.38 ±0.04	-2.05 ±0.07	-1.54 ±0.09
b^*	9.18 ±0.13	8.57 ±0.11	7.62 ±0.07	7.03 ±0.04	8.36 ±0.06

2.4 不同常压浸渍时间对葛仙米脆粒品质的影响

不同常压浸渍时间对葛仙米增重率及水分质量分数的影响,由图6可以看出,常压下浸渍的时间越长,葛仙米的增重率越高,也就是浸渍液浸入葛仙米内部的量越多;当常压浸渍超过一定时间后,含浸量又开始降低;这是因为含浸液的粘度增加,常压下渗入到葛仙米内部的过程比较缓慢,需要很长的时间,从而影响葛仙米的质构,导致葛仙米含浸量降低,增重率最大的常压浸渍时间点是30 min^[9]。此外,由图6还可以看出,随着常压浸渍时间的延长,葛仙米的水分质量分数逐步减少,当时间达到一定值时,水分质量分数反而开始增加。

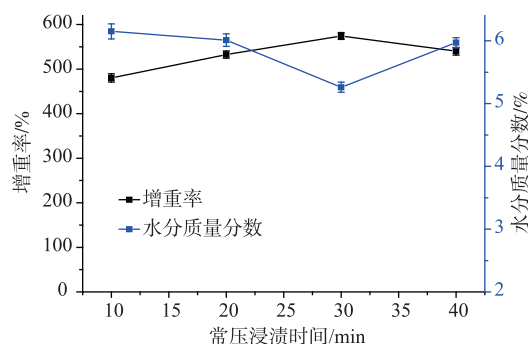


图6 不同常压浸渍时间对葛仙米增重率及水分质量分数的影响

Fig. 6 Effects of different atmosphere impregnation time on the weight gain rate and final moisture content of *N. sphaeroides*

不同常压浸渍时间对葛仙米糖质量分数及脂肪质量分数的影响,由图7可以看出,在相同温度、相同真空度和相同抽真空时间的浸渍条件下,随着

常压浸渍时间的增加,葛仙米的糖质量分数逐渐增加;此外,含浸葛仙米中脂肪的质量分数也会随着常压浸渍时间的增加而增加。

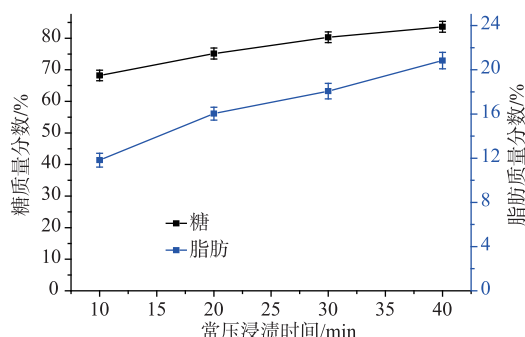


图7 不同常压浸渍时间对葛仙米糖质量分数及脂肪质量分数的影响

Fig. 7 Effects of different atmosphere impregnation time on the suger and fat content of *N. sphaeroides*

由表4可以看出,常压浸渍30 min和40 min的葛仙米具有较好的硬度,常压浸渍20 min和30 min的葛仙米具有较好的脆性。综合考虑产品的硬度和脆度,常压浸渍最适宜的时间为30 min;此外,常压浸渍10、20、30 min及40 min的葛仙米在色泽上没有很明显的差异,即常压浸渍时间对葛仙米的色差值影响较小。

表4 不同常压浸渍时间对葛仙米脆粒质构及色差值比较

Table 4 Compare of texture and color of impregnation *N. sphaeroides* under different atmosphere impregnation time

	10 min	20 min	30 min	40 min
硬度/g	1 725.47 ±428.68	1 843.74 ±552.64	1 672.84 ±501.43	1 610.79 ±493.52
脆度/g	1 697.17 ±383.04	1 716.46 ±463.82	2 116.09 ±433.74	2 075.04 ±443.72
<i>L</i> *	46.38±0.12	48.21±0.15	47.36±0.12	45.28±0.17
<i>a</i> *	-0.86±0.5	-1.68±0.08	-2.05±0.07	-1.26±0.06
<i>b</i> *	7.81±0.05	8.42±0.08	7.03±0.04	6.47±0.05

2.5 不同干燥方式对含浸葛仙米脆粒品质的影响

2种干燥方式干燥的葛仙米水分质量分数接近,见表5。真空微波干燥的葛仙米增重率稍大于热风干燥的葛仙米,这是由于真空微波干燥的温度较低,干燥速度快,葛仙米内的营养成分损失少^[10]。而热风干燥速度慢,需要的时间较长,严重损坏了葛仙米的内部结构,导致营养成分流失严重。真空微

波干燥的葛仙米糖质量分数稍高于热风干燥的葛仙米,相差1.33%,差异很小。因此,不同干燥方式对葛仙米糖质量分数的影响可以忽略不计。从表5中葛仙米脂肪质量分数的数据显示来看,2种干燥方式对葛仙米的脂肪质量分数影响很大,热风干燥的葛仙米脂肪质量分数高达82.15%,而真空微波干燥的葛仙米仅含有18.07%的脂肪;这是由于后续的真空微波干燥的过程中,微波穿透能力强,物料整体加热,传质传热的方向相同,水分迁移蒸发的过程中使孔隙中部分脂肪溢出,因而降低了物料的含油量。真空微波干燥的葛仙米奶香味浓郁,风味较好,而且具有低脂肪含量,产品品质好。

表5 不同干燥方式对含浸葛仙米脆粒品质的影响

Table 5 Compare of quality of impregnation *N. sphaeroides* under different drying methods

	真空微波干燥	热风干燥
增重率/%	574.37±7.54	530.6±6.72
水分质量分数/%	5.26±0.08	5.33±0.12
糖质量分数/%	80.30±1.68	78.97±1.64
脂肪质量分数/%	18.07±0.70	82.15±0.61

根据表6的数据可以看出,真空微波干燥的葛仙米硬度较低,脆度较热风干燥的葛仙米大,具有较好的口感和松脆性;此外,真空微波干燥的葛仙米颜色较热风干燥的深,颜色更绿,色泽较好,外观品质更佳;所以,可以得出的结论是真空微波干燥的葛仙米松脆性更好,具有较好的品质,更符合休闲食品的口感要求。

表6 不同干燥方式干燥含浸葛仙米脆粒质构及色差值比较

Table 6 Compare of texture of impregnation *N. sphaeroides* under different pre-drying methods

	热风干燥	真空微波干燥
硬度/g	1 913.65±449.26	1 672.84±501.43
脆度/g	2 168.18±492.52	2 116.09±433.74
<i>L</i> *	47.36±0.12	39.57±0.15
<i>a</i> *	-0.68±0.07	-2.05±0.07
<i>b</i> *	7.03±0.11	7.58±0.04

表7中的A为热风干燥的葛仙米,B为真空微波干燥的葛仙米。由表7可知,真空微波干燥的葛仙米颗粒大小为新鲜葛仙米的一半,形状保持相对较好,且香味浓不油腻,甜度适中。根据感官评定的结果,真空微波干燥的葛仙米外观和口感上都要优于热风干燥的葛仙米。因此,真空微波干燥工艺更佳。

表 7 不同干燥方式对葛仙米感官品质的影响

Table 7 Effects of different pre-drying methods on sensory quality of *N. sphaeroides*

项目人员	皱缩度		香味		油腻度		甜度	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	2	9	15	18	-5	10	15	12
2	6	12	12	17	-8	12	17	13
3	4	10	14	17	-7	8	15	14
4	5	11	15	20	-6	10	16	12
5	0	9	13	18	-9	11	14	12
6	2	8	12	15	-6	9	16	14
7	4	11	13	17	-6	12	18	13
8	2	8	14	18	-6	8	14	11
9	4	12	12	16	-8	12	18	15
合计	29	90	120	156	-61	92	143	116
平均值	3	10	13	17	-7	10	16	13
评价	皱缩为新鲜 葛仙米的 1/3	皱缩为新鲜 葛仙米的 1/2	奶香味 较浓	奶香味浓	油腻较严重	稍油腻	甜度过大	甜度适中

3 结 语

含浸葛仙米脆粒实验中,预干燥方式、真空含浸影响因素(真空度、抽真空时间、常压含浸时间)、二次干燥方式,对含浸产品品质的影响很大。在含

浸温度为 75 ℃,真空度-0.08 MPa,真空含浸 30 min,常压含浸 30 min,预干燥方式采用 PSMVD,二次干燥方式为真空微波干燥,所制得的葛仙米具有较好的松脆性,能较大程度地保留产品的营养成分,符合休闲食品对口感的要求。

参考文献:

[1] BI Yonghong, HU Zhengyu. Nutritive value of *Nostoc sphaeroides* and its development[J]. **Chinese Wild Plant Resources**, 2004, 23(1) : 40-42. (in Chinese)

[2] 方倩. 葛仙米对小鼠生长和免疫功能的影响[D]. 新乡: 河南师范大学, 2015.

[3] DENG Zhongyang, YAN Chunlan, HU Qiang, et al. The research advance of *Nostoc sphaeroides* [J]. **ACTA Hydrobiologica Sinica**, 2008, 32(3) : 393-399. (in Chinese)

[4] FITO P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food[J]. **Journal of Food Engineering**, 1994, 22(1) : 313-328.

[5] FITO P, WALTER E L S, AMPARO C, et al. Osmotic Dehydration and vacuum impregnation applications in food industries[M]. Media: Technomic Pub Co, 2001 : 53-59.

[6] 高乐怡. 果蔬功能性含浸工艺研究[D]. 无锡: 江南大学 食品学院, 2008.

[7] FITO P, CHIRALT A, BETORET N, et al. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering application in functional fresh food development[J]. **Journal of Food Engineering**, 2001, 49 : 175-183.

[8] GAO Leyi, ZHANG Min, AN Jianshen, et al. Study of the vacuum impregnation technology of starberry [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(5) : 603-606. (in Chinese)

[9] GAO Leyi, ZHANG Min, AN Jianshen, et al. Effect of drying methods on vacuum impregnation of carrot [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2008, 27(4) : 38-42. (in Chinese)

[10] 胡庆国. 毛豆热风与真空微波联合干燥过程研究[D]. 无锡: 江南大学, 2006.