

微波真空与真空冷冻组合干燥对芦笋营养与品质的影响

汤梦情,陈宏伟,朱蕴兰*,袁巧月,吴荔,张尔璞,马芽,吴叶

(徐州工程学院 食品(生物)工程学院,江苏省食品生物加工工程技术研究中心,江苏省食品资源开发与质量安全重点建设实验室,江苏 徐州 221111)

摘要:为获得优良的芦笋干燥制品,采用微波真空干燥和真空冷冻干燥技术对芦笋进行不同的组合干燥处理,并对干燥芦笋的营养成分和品质进行评价。以芦笋为原材料,通过不同的微波真空和真空冷冻干燥组合对芦笋进行干燥处理,以芦笋的冻干时间、含水量、复水性、成分、色泽等指标,确定芦笋干燥的工艺技术参数。结果显示:微波干燥2 min后再进行冷冻干燥12 h芦笋脱水率可达95.4%;以微波干燥2 min后再冻干20 h的芦笋色泽最优;纯冷冻干燥的芦笋复水比较好,8 min可达10.38;冷冻干燥对芦笋V_C含量影响较小,微波处理对芦笋V_C含量有一定损失;真空冷冻干燥芦笋保留蛋白质和总糖含量高于微波处理后再冷冻干燥的芦笋;微波处理的芦笋对细菌和真菌都有显著的杀菌作用,但对细菌的杀菌效果好于真菌。对减少芦笋加工过程中营养成分的损失,提高干燥产品品质和芦笋工业化深加工提供了理论依据。

关键词:芦笋;微波;真空冷冻干燥;品质

Effects of Microwave Vacuum and Vacuum Freeze Drying on Nutrition and Quality of *Asparagus officinalis*

TANG Meng-qing, CHEN Hong-wei, ZHU Yun-lan*, YUAN Qiao-yue,
WU Li, ZHANG Er-pu, MA Ya, WU Ye

(College of Food and Biology Engineering, Xuzhou University of Technology, Research Center of Food and Biology Process Engineering Technology, Jiangsu Key Construction Laboratory of Food Resource Development and Quality Safe, Xuzhou 221111, Jiangsu, China)

Abstract: In order to obtain excellent dried products of asparagus, different combinations of drying treatments were carried out by microwave vacuum drying and vacuum freeze-drying techniques, and the nutrient composition and quality of dried asparagus were evaluated. The asparagus was used as raw material, and the asparagus was dried by different microwave vacuum and vacuum freeze-drying combination. The technical parameters of asparagus drying process were determined by freeze-drying time, water content, rehydration, composition and color of asparagus. The experimental results showed that: the dehydration rate of asparagus was 95.4% when processed with microwave-dried 2 min and then freeze-dried for 12 h; the color of asparagus dried by microwave for 2 min before freeze-drying for 20 h was optimal; the rehydration of frozen and dried asparagus was better, reaching 10.38 in 8 min; freeze-drying had little effect on V_C content of asparagus, microwave treatment had a certain loss of asparagus V_C content; vacuum freeze-dried asparagus retained protein and total sugar content higher than microwave treatment and then freeze-dried asparagus; microwave treatment asparagus

基金项目:2015年江苏省政策引导类专项资金(苏北科技专项)资助项目(BN2015002);2017年国家大学生创新创业训练计划项目(XCX2017009);江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015 B153)

作者简介:汤梦情(1997—),女(汉),本科,研究方向:食品微生物与食品加工。

*通信作者:朱蕴兰(1968—),女,副教授,硕士,研究方向:食品微生物与食品加工。

had a significant bactericidal effect on bacteria and fungi, but the bactericidal effect on bacteria was better than fungi. This study provided a theoretical basis for reducing the loss of nutrients in the processing of asparagus, improving the quality of dried products and deep processing of asparagus industrialization.

Key words: *Asparagus officinalis*; microwave; vacuum freeze-drying; quality

引文格式:

汤梦情,陈宏伟,朱蕴兰,等.微波真空与真空冷冻组合干燥对芦笋营养与品质的影响[J].食品研究与开发,2019,40(5):76-81

TANG Mengqing, CHEN Hongwei, ZHU Yunlan, et al. Effects of Microwave Vacuum and Vacuum Freeze Drying on Nutrition and Quality of *Asparagus officinalis*[J].Food Research and Development,2019,40(5):76-81

芦笋(*Asparagus officinalis*),又称“石刁柏”“龙须菜”,属天门冬科(Asparagaceae)芦笋属(*Asparagus*)多年生草本植物。芦笋营养丰富,富含多种氨基酸、蛋白质、维生素和硒、锌、铁等微量元素,有“世界十大名菜之一”和“第一抗癌果蔬”的美誉,具有控制癌细胞生长、改善代谢功能、抗疲劳、抗氧化、降血压、提高免疫力等功效,是人们所喜爱的蔬菜之一^[1-3]。芦笋可供食用的是芦笋的茎,但耐贮性较差,采收后很快就会失水并发生木质化甚至腐烂,失去其食用价值。目前芦笋加工的产品主要有罐头、冷藏保鲜、速冻产品、饮料、果脯、茶、酒等^[3-5],但还存在着科技含量低、产品种类少、精深加工产业链不够完善、市场竞争力薄弱等问题。

真空冷冻干燥可以使冻干产品的外观、形状均得到最大的维持,获得品质较好的干燥产品,但因其设备复杂、保养困难、干燥时间长、效率低、高成本、高能耗等不足,限制了它的广泛应用。微波真空干燥可以使物料中水分大量吸收微波能并转化为热能,促进内部水分蒸发,强化了干燥过程,具有干燥速度快、干燥效率高等优点,但也存在着温度不均匀,导致干燥过程中产品部分过热的问题,使产品质量得不到保障^[6]。

将两者结合起来可以各自发挥其优点,克服不足,提高其性价比。宋芸^[7]利用先真空微波后冷冻干燥的方法干燥生产脱水蔬菜和水果,发现采用微波真空与真空冷冻组合干燥能够生产出优质的脱水果蔬,既能保持产品的色、香、味和营养,又能保持产品较好的外形和质构,同时能较大幅度地降低能耗。卜召辉等^[8]研究了真空微波与真空冷冻联合干燥金针菇,结果显示联合干燥方式得到的产品可以达到真空冷冻干燥产品相同的品质,产品具有较好的复水性和稳定的色泽,V_c保留率优于真空微波干燥的产品,并且极大地缩短了干燥时间、降低了加工成本。而利用微波真空和真空冷冻联合干燥芦笋的研究还很少,本文利用微

波真空干燥与真空冷冻联合干燥的方法对芦笋的干燥工艺与干燥芦笋的品质进行研究,为进一步研发芦笋干制产品,提升产品质量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

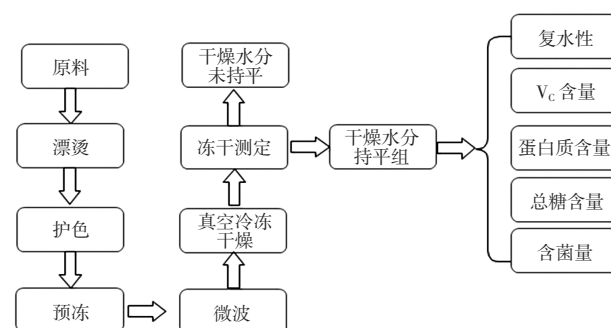
绿芦笋:徐州农贸市场;所用试剂:碳酸钠、醋酸锌、醋酸铜、柠檬酸、考马斯亮蓝、醋酸、碘、硫代硫酸钠、淀粉、硫酸、苯酚、葡萄糖:均为分析纯。

1.2 仪器与设备

AIPHAL/2I 型真空冷冻干燥机:德国 Marin Christ 公司;LRWZ-P-9 型微波真空干燥机:南京磊润微波设备有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅:常州国华电器有限公司;WFJ-756PC 型紫外分光光度计:上海晨光仪器有限公司;WF30 色差仪:深圳市威福光电科技公司;L550 低速离心机:湖南湘仪实验室仪器开发有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程



1.3.2 物料预处理

选择新鲜整齐、无腐烂的芦笋,洗净切成 2 cm~3 cm 的小段,然后将芦笋经微波处理,时间分别为 0、1、2、3、4、5 min,每个时间处理的样品再分别真空冷冻干燥

4、8、12、16、20、24 h, 然后对芦笋冻干样品进行指标测定。

1.3.3 漂烫

在 90 ℃ 的热水中漂烫 60 s。

1.3.4 护色

先用 0.03 g/mL NaCO_3 浸泡芦笋 40 s, 然后在浓度 200 mg/L $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, 50 mg/L $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, pH 值为 7.5 (用 0.5 % 柠檬酸调节 pH 值) 的护色液中, 护色 8 h。

1.3.5 预冻

将芦笋称重装盘后置入 -23 ℃ 冰箱内冷冻 12 h。

1.3.6 干燥处理

将预冻的芦笋按试验设计参数分别进行微波处理和冷冻干燥, 然后测定相关指标。

1.3.7 芦笋主要指标的测定

1.3.7.1 冻干时间的测定

取冷冻干燥后芦笋测定其质量, 以重量保持不变为判定冻干标准。

1.3.7.2 色泽测定

用色差仪测量其色泽变化。

1.3.7.3 复水性测定

按参考文献[9]的方法进行。将冷冻干燥的芦笋放在 20 ℃ 水浴锅中, 每间隔 2 min 取出, 用吸水纸拭干表面水分后迅速称量。称重后迅速放入原容器继续水浴计时, 然后继续称重, 直到饱和。芦笋的复水比 $R_{\text{复}}$ 按下列公式进行计算。

计算公式: $R_{\text{复}} = m_{\text{复}} / m_{\text{干}}$

式中: $R_{\text{复}}$ 为复水比; $m_{\text{复}}$ 为复水后的质量, g; $m_{\text{干}}$ 为复水前的质量, g。

1.3.7.4 V_c 含量的测定

采用直接碘量法^[10], 按文献[11]方法进行测定。根据公式计算 V_c 含量。

计算公式: $X = [(V/10)/(V^* \times 10)] \times 100$

式中: X 为 100 g 复水后芦笋所含有的 V_c 质量, g; V 为滴定消耗碘标准溶液的体积, mL; V^* 为 0.1 mg 纯抗坏血酸所消耗的碘标准溶液的体积, mL。

1.3.7.5 蛋白质含量的测定

采用考马斯亮蓝法^[12]。按文献[11]方法进行测定。做 3 次平行试验, 取平均值, 最后通过标准曲线计算出样品中所含有的粗蛋白含量。

计算公式: 样品中蛋白质含量 = $(C \times V) / (1000 \times M \times V^*)$

式中: C 为通过标准曲线计算得到的蛋白质含量, mg/mL; V 为定容的体积, mL; M 为样品质量, g; V^* 为待测样液体积, mL。

1.3.7.6 总糖含量测定

采用苯酚-硫酸法, 按文献[11]方法进行测定。做 3 次平行试验, 计算平均值。

结果计算: 总糖的质量分数 = $(C \times V) / (1000 \times M \times V^*)$

式中: C 为通过标准曲线计算得到的糖含量, mg/mL; V 为定容的体积, mL; M 为样品质量, g; V^* 为待测样液体积, mL。

1.3.7.7 含菌量检测

细菌用牛肉膏-蛋白胨培养基培养, 霉菌用孟加拉红培养基培养。采用稀释平板菌落计数法计数。具体测定方法按文献[11]方法进行。选取每个平板的菌落数在 30 cfu~300 cfu 的平板进行菌落计数。

1.4 数据分析

数据采用 BIM SPSS statistics 19 进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 冻干时间

试验结果如图 1。

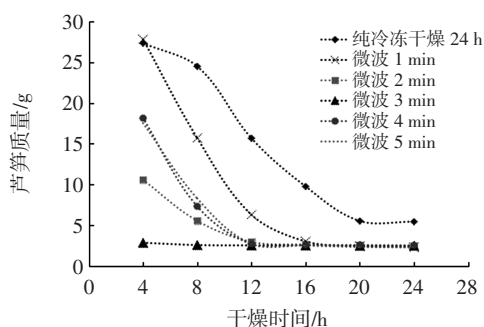


图 1 不同处理方式下的干燥时间

Fig.1 Drying time under different treatments

由图 1 可知芦笋干燥工艺中, 经过微波处理后冻干时间缩短 4 h~8 h, 时间缩短近 40 %。微波处理干燥后的芦笋脱水效果更好, 冷冻干燥 24 h 后干样的脱水率仅为 89.1 %, 而通过微波处理后的干燥样品脱水率可达到 95.4 %。

纯冷冻干燥 20 h 后芦笋质量基本保持不变, 其余 5 组中微波 1 min 后再冷冻干燥 16 h、微波 2 min~4 min 后再冷冻干燥 12 h 后的芦笋样品质量保持不变。经单因素方差显分析表明, 各组间、组内均有显著差异 ($p < 0.01$)。从试验得知, 微波 2 min 后再进行冷冻干燥 12 h 是芦笋脱水的最佳工艺。

2.2 芦笋色泽

以新鲜芦笋的色差仪数据 (L50.00, a-4.27, b-18.04) 为标样测量芦笋冻干样的色差数据如表 1 所示。

由表 1 可以看出除微波干燥 1 min 冻干 16 h, 微

表1 不同干燥方式处理后芦笋干样色泽
Table 1 Color of dried asparagus treated with different drying methods

干燥冷冻方式	颜色显示			
	ΔL	Δa	Δb	ΔE
微波干燥 1 min 冻干 16 h	4.25	-0.60	0.35	4.25
微波干燥 1 min 冻干 20 h	-1.08	-0.47	-1.19	2.76
微波干燥 2 min 冻干 16 h	-6.80	-0.72	-2.84	8.00
微波干燥 2 min 冻干 20 h	1.20	-0.13	-0.46	2.02
微波干燥 3 min 冻干 20 h	7.00	0.63	0.54	6.94
微波干燥 4 min 冻干 16 h	-3.51	-0.45	-1.00	3.64
微波干燥 4 min 冻干 20 h	2.80	0.08	-0.25	3.25
微波干燥 5 min 冻干 16 h	-3.87	0.43	-3.30	7.42
微波干燥 5 min 冻干 20 h	-7.91	2.13	-2.16	8.50
纯冷冻干燥 16 h	-5.42	4.24	-5.09	8.56
纯冷冻干燥 20 h	-6.78	4.93	-7.30	11.12

波干燥 2、3 min 后冻干 20 h，微波干燥 4 min 后冻干 20 h 的样品 ΔL 值略升高之外，其余微波辅助冷冻的样品 ΔL 值都有所下降，整体上说明微波辅助冷冻的芦笋偏黑色；纯冷冻样品的 ΔL 值均下降，说明纯冷冻芦笋较新鲜芦笋偏黑。纯冷冻样品 Δa 值较微波辅助冷冻样品有较大提高，说明纯冷冻芦笋偏红。纯冷冻样品 Δb 值较微波辅助冷冻样品降低较多，说明纯冷冻芦笋偏蓝；不同处理组的 ΔL 、 Δa 、 Δb 都存在显著差异($p<0.01$)。 ΔE 显示微波干燥 1、2 min 后冻干 20 h 的芦笋色泽变化最小，都能维持与新鲜芦笋较为接近的色泽，以微波干燥 2 min 冻干 20 h 的芦笋色泽最优。

2.3 芦笋复水性

6 组不同干燥方式的芦笋干样放在 20℃ 恒温水浴锅中复水，其复水比与复水时间的关系如图 2。

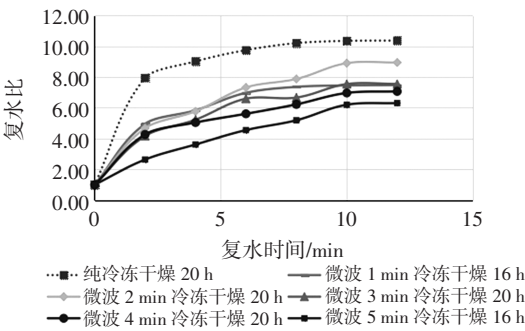


图2 芦笋干样复水比
Fig.2 Rehydration ratio of dried asparagus

从图 2 中可看出，2 min 前几种干燥方式的复水性都比较好，复水比大幅上升，在 2 min 后，复水比上升比较缓慢。芦笋干样复水比大小依次排序为：纯冷冻

干燥>微波 2 min 冷冻干燥 20 h>微波 3 min 冷冻干燥 16 h>微波 1 min 冷冻干燥 16 h>微波 4 min 冷冻 20 h>微波 5 min 冷冻 16 h。试验数据经方差分析表明，各组间、组内均存在显著性差异($p<0.01$)。试验表明，纯冷冻干燥的复水比 8 min 可达到 10.38，经微波处理 2 min 后再冷冻干燥的芦笋复水比略低，最高 10 min 达到 8.9。

2.4 芦笋 V_c 含量

不同脱水方式的芦笋 V_c 含量测定结果如图 3。

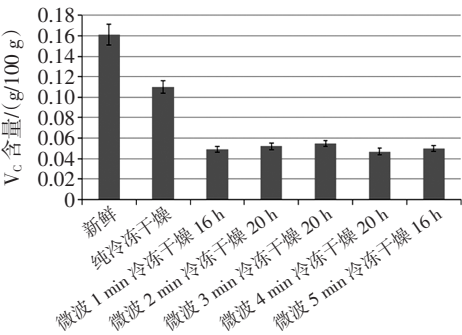


图3 干燥芦笋 V_c 含量
Fig.3 Content of vitamin C in dried asparagus

由图 3 可知，不同干燥工艺中纯冷冻干燥 V_c 含量>微波 3 min 冷冻干燥 20 h>微波 2 min 冷冻干燥 20 h>微波 5 min 冷冻干燥 16 h>微波干燥 1 min 冷冻干燥 16 h>。方差分析表明，各处理组与新鲜芦笋相比均存在显著差异($p<0.01$)，因冷冻干燥的温度较低，对芦笋构造损坏小， V_c 损耗量较低。微波干燥的速度快，温度虽高，但持续的时间较短，微波 1 min~5 min， V_c 含量有一定的损耗，但微波处理组间损耗差别不显著 ($p>0.05$)。 V_c 在高温下极易氧化分解，当芦笋制品在微波真空干燥中，会使芦笋内部温度增高，使 V_c 可能会氧化分解掉一部分，导致了微波真空干燥处理组的 V_c 含量要比冷冻干燥的 V_c 含量低。

2.5 蛋白质含量

经测定蛋白质标准回归方程为 $y=0.7059x-0.0162$ ， $R^2=0.9942$ 。

根据标准回归方程进行计算，不同干燥处理的芦笋蛋白质含量试验结果如图 4 所示。

从图 4 可得出，新鲜芦笋中粗蛋白含量为 3.31%，真空冷冻干燥的粗蛋白含量为 2.65%，粗蛋白保存率为 80.06%，微波辅助处理冷冻干燥的粗蛋白含量降低，粗蛋白保存率较高的为微波 1 min 冷冻干燥 16 h，可达到 55.89%。各处理组与新鲜芦笋相比存在显著差异($p<0.01$)，而微波处理组与纯冷冻干燥组相比也存在显著差异($p<0.01$)，但各微波处理组间不存在显著差异($p>0.05$)。试验表明，真空冷冻干燥保留蛋白质

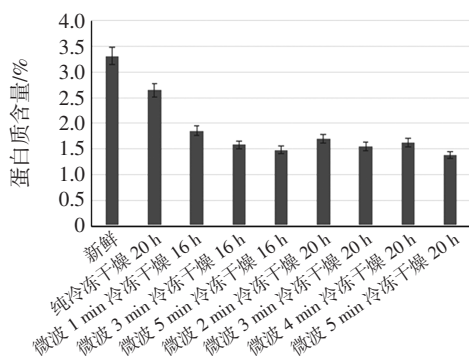


图4 干燥芦笋蛋白质含量

Fig.4 Content protein of dried asparagus

含量要比微波处理后再冷冻干燥的要高。

2.6 总糖含量

测定的葡萄糖标准回归方程为 $y=10.67x+0.0053$, $R^2=0.9984$ 。试验测得的不同干燥处理方法得到的干燥芦笋总糖含量如图5所示。

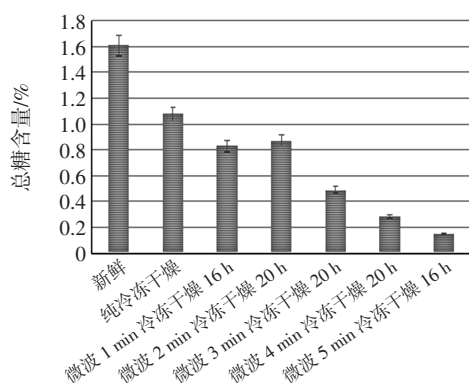


图5 干燥芦笋总糖含量

Fig.5 Total sugar content of dried asparagus

由图5可知,不同干燥方法所得芦笋干样中总糖含量具有显著差异($p<0.05$),干燥样品中总糖含量最多的是纯冷冻干燥,其次是微波2 min再冷冻干燥20 h,然后是微波1 min后再冷冻干燥16 h,统计分析表明微波1 min冷冻干燥16 h与微波2 min冷冻干燥20 h之间无显著差异($p>0.05$)。总糖含量最少的是微波5 min后再冷冻干燥16 h。试验表明微波对干燥芦笋的总糖量有一定影响。

2.7 含菌量

试验测定的不同处理方法得到的干燥芦笋的细菌数量结果如图6所示。

由图6可知不同的几种干燥方式都具有明显的杀菌作用,真空冷冻干燥的细菌数由 2.6×10^5 cfu/g 减少到 1.3×10^5 cfu/g,杀菌率为50%,微波处理后冷冻干燥最好的可减少到 0.34×10^5 cfu/g,杀菌率达到86.9%,各微波处理组间无显著差异($p>0.05$),微波处理组与冷

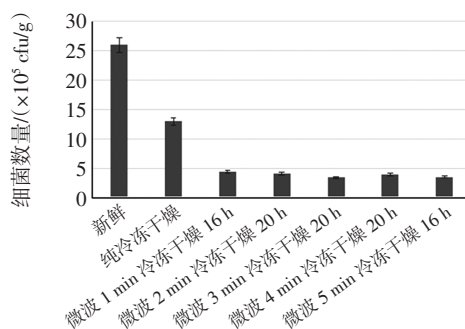


图6 干燥芦笋细菌数量

Fig.6 Content of bacteria in dried asparagus

冻干燥组间有显著差异($p<0.01$),微波处理后的杀菌效果优于纯冷冻干燥。

测定的不同处理方法对干燥芦笋的真菌数量影响结果如图7所示。

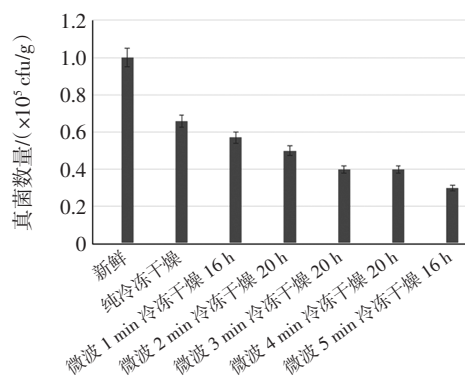


图7 干燥芦笋真菌数量

Fig.7 Content of fungi in dried asparagus

从图7可以看出,无论是冷冻干燥还是微波处理后再冷冻干燥的方式都可以减少真菌数量,微波处理后再冷冻干燥的杀菌效果要好于直接冷冻干燥,直接冷冻干燥的杀菌率为34%,微波处理后再冷冻干燥最好的杀菌率可达到70%。各组间杀菌效果存在显著差别($p<0.01$)。综合图6和图7,可以看出微波处理对细菌的杀菌效果要好于对真菌的杀菌效果。

3 结论

采用微波处理后再进行真空冷冻干燥的芦笋干样脱水性好,能大幅降低能耗,脱水时间缩短40%,脱水率可达95.4。微波处理后干燥和直接真空冷冻干燥对芦笋的色泽均有显著影响,以微波处理2 min后再进行冷冻干燥的芦笋色泽最优。微波处理可以较好地杀灭细菌和真菌,杀菌率可以达到86.9%和70%。微波处理对芦笋的干样复水性有一定影响,纯冷冻干燥的芦笋复水比在8 min可达10.38,而微波处理后再冷

冻干燥的芦笋复水比略低,最高 10 min 达到 8.9。冷冻干燥可以较好的保留芦笋 V_c 和蛋白质及总糖含量,微波处理对 V_c 和蛋白质及总糖含量有一定影响。本研究为芦笋干燥深加工提供了理论基础。

参考文献:

- [1] 陈学红,濮杨,周秋阳. 不同采收期绿芦笋品质的综合评价[J]. 食品与发酵工业,2017, 349(1): 229-234
- [2] 王明空,何俊萍,王伟,等. 绿芦笋真空冷冻干燥工艺研究[J]. 食品科学,2006,27(11): 289-293
- [3] 幸胜平,肖华志,冯健雄,等. 浅论我国芦笋加工利用现状及发展趋势[J]. 江西农业学报,2008,20(12): 89-92
- [4] 柴文臣,阎世江,张微. 芦笋采收贮藏加工技术研究进展[J]. 北方园艺,2015,350(23): 196-201
- [5] 弋顺超,饶景萍,董长科,等. 漂烫处理和速冻处理对白芦笋营养成分的影响[J]. 西北农业学报,2007,16(1): 172-175
- [6] 孙帅,崔政伟. 微波联合干燥方法的发展趋势及展望[J]. 食品工业,2013,34(1): 158-161
- [7] 宋芸. 微波真空与真空冷冻干燥组合生产脱水果蔬[D]. 无锡: 江南大学,2008
- [8] 卜召辉,胡庆国,陆宁. 真空微波与真空冷冻联合干燥金针菇的研究[J]. 包装与食品机械,2011,29(3): 16-19
- [9] 何俊萍,王明空,王伟,等. 提高真空冷冻干燥绿芦笋复水性的研究[J]. 食品工业科技,2006,27(7): 93-95,98
- [10] 库尔班江,赛丽曼. 碘量法测水果蔬菜中维生素 C 的含量[J]. 伊犁师范学院学报,2007(3): 28-32
- [11] 朱蕴兰,陈宏伟,陈安徽,等. 不同干燥方式对芦笋营养与品质特性的影响[J]. 北方园艺,2018(1): 129-134
- [12] 王孝平,杏树礼. 考马斯亮蓝法测定蛋白含量的研究[J]. 天津化工,2009,23(3): 40-41

收稿日期:2018-07-26

欢迎订阅 2019 年《食品研究与开发》

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所有限公司和天津市食品工业生产力促进中心主办,国内外公开发行的食品专业科技期刊,1980 年创刊,半月刊,采用国际流行开本大 16 开。其专业突出,内容丰富,印刷精美,是一本既有基础理论研究,又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”、《乌利希期刊指南》、美国《化学文摘》、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)等知名媒体收录,并被列入“中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、RCCSE 中国核心学术期刊(A)。主要栏目有:基础研究、应用技术、检测分析、生物工程、专题论述、食品机械等。

本刊国内统一刊号 CN 12-1231/TS;国际刊号 ISSN 1005-6521;邮发代号:6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。从本编辑部订阅全年刊物享八折优惠。2019 年定价:30 元/册,全年 720 元。

本编辑部常年办理邮购,订阅办法如下:

(1)邮局汇款。地址:天津市静海县静海经济开发区南区科技路 9 号;收款人:《食品研究与开发》编辑部;邮政编码:301600。

(2)银行汇款。开户银行:工商银行静海支行;行号:102110000863

账号:0302095119300204171;单位:天津市食品研究所有限公司。

《食品研究与开发》编辑部

www.tjfrad.com.cn

E-mail: tjfood@vip.163.com

电话(传真):022-59525671