

海参真空冷冻干燥工艺

云霞, 韩学宏, 农绍庄, 杨红

(大连轻工业学院 生物与食品工程学院, 辽宁 大连 116034)

摘要:以3年生刺参(*Stichopus japonicus*)为实验材料, 样品平均体质量125 g。水发后在冻干机上对其进行真空冷冻干燥试验。通过实验提出: 冻结温度为 $(-25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 冷阱温度为 $-29 \sim -31^\circ\text{C}$, 真空度为10~20 Pa, 冻干最终温度为 60°C , 并给出了对应于海参的冷冻干燥曲线以方便控制升华干燥速度。实验表明, 真空冷冻干燥的海参经复水后口感与水发的海参相同, 且保持了海参的营养、色泽和形状。[中国水产科学, 2006, 13(4): 662~666]

关键词:海参; 真空冷冻干燥; 工艺

中图分类号: S883 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2006)04-0662-05

海参被称为海中人参, 是高蛋白、低胆固醇, 富含多种生理活性物质的营养保健佳品, 且具有抗肿瘤及抗凝血的作用。近几年, 辽宁南部沿海地区的海参养殖业发展迅速, 随着养殖产量的增加, 如何延长海参的保质期, 以及如何简化海参食用前的处理方法以达到方便食用的目的成为人们关注的焦点。因此, 海参的深加工技术已成为国内外同行研究的热点课题。真空冷冻干燥技术是将含水物料在低温状态下冻结, 然后在真空条件下使冰直接升华为水蒸气并排走, 从而脱去物料中的水分使物料干燥的一项高新技术, 它是随制冷、真空、生物、电子等技术的发展而迅速兴起的一项多学科综合应用技术, 在食品深加工中已有应用^[1-3], 但在海参中的应用尚未见报道。本研究旨在为加工即食冻干海参提供有益的参考。

1 材料与方法

1.1 材料

采用辽宁长海县3年生刺参(*Stichopus japonicus*), 活海参平均体质量为125 g。

1.2 样品处理

将活海参放入蓄养网箱, 置于40~100 cm深的水中蓄养1夜, 使之吐尽泥沙。然后, 人工刺激使海参吐出肠子, 再将吐出肠子后的海参腹部切开1个1/3体长的小口, 取出内脏、洗净后, 进行盐渍处理。

挑选品质好、外形完整、肉质厚度相近的盐渍海参, 沿有缺口的一侧纵向剖开, 去掉海参嘴和筋, 清水洗净。再采用传统的水发工艺水发海参^[4], 要严格控制水发海参的大小。

1.3 分析方法

1.3.1 收缩率的测定^[5] 冷冻干燥前后海参的体长差与冷冻干燥前海参的体长之比。

1.3.2 复水膨胀率的测定 复水前后海参的体长差与复水后海参的体长之比。

1.3.3 营养成分的测定^[6] 粗蛋白质测定采用微量凯氏定氮法; 粗脂肪测定采用索氏抽提法; 碳水化合物测定采用苯酚硫酸法; 粗灰分测定采用重量法; 水分测定采用红外线水分快速干燥法。重复测定3次。

1.4 真空冷冻干燥工艺流程设计

参考食品深加工中所用的工艺技术^[7], 设计出图1所示的真空冷冻干燥工艺, 并按照图1的流程进行试验, 对各指标在关键点处进行测定。

冻干机的型号为ZDG-40, 加热功率60 kW, 工作真空度5~50 Pa。料盘面积40 m², 具有温度、压力自动测试控制系统。

1.5 条件设定

1.5.1 冷冻温度 将水发海参冻结是为真空干燥做准备。冷冻温度不同, 真空干燥时间会有所不同。为缩短真空干燥时间, 并使真空冷冻干燥后的海参

收稿日期: 2005-05-23; 修订日期: 2005-09-12。

基金项目: 辽宁省教育厅科学研究计划资助项目(2004DQ13)。

作者简介: 云霞(1959-), 副教授, 硕士, 主要从事生物与食品新技术开发方面的研究。Tel: 0411-86322525; E-mail: yunxia818@scnu.cn

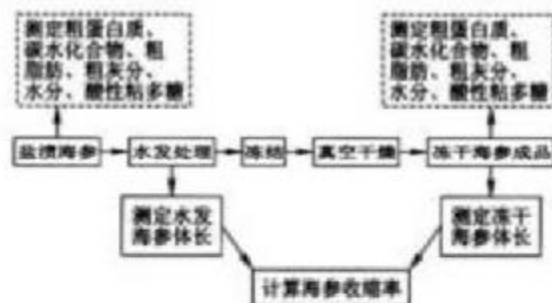


图1 海参的真空冷冻干燥工艺流程

Fig.1 Process flow of vacuum freeze-drying in *S. japonicus*

有较好的外形,分别选择冷冻温度 -20°C 、 -25°C 、 -35°C 和 -40°C 进行冻结,并使之完全冻结后再进行真空干燥,待温度传感器指示干燥结束后,分别统计不同冷冻温度下所需的真空干燥时间和检验海参的外观形状。

1.5.2 冷阱温度与真空度 真空度与冷阱温度有着密切的关系。实验将冷阱温度分别控制在 -23°C 、 -25°C 、 -27°C 、 -29°C 、 -31°C 和 -35°C 的范围内,观察真空度的波动范围,并分别统计海参在各条件下的真空干燥时间,再由6个专业人员评判海参的干燥效果和海参的复水效果。

1.5.3 干燥最终温度 在冷冻温度 -25°C 、真空度 $10\sim 20\text{ Pa}$ 的条件下,将干燥最终温度控制在 40°C 、 50°C 、 60°C 、 70°C 和 80°C 进行实验,以确定适合于海参的真空冷冻干燥曲线。

2 结果

针对海参的原料特性,在要求保证其营养成分不损失的前提下,研究能够使海参外观形状保持不变、复水后即可食用的真空冷冻干燥工艺。实验结果表明,根据图1的工艺对海参进行真空冷冻干燥时,达到此要求的关键是合理地选择冷冻温度、

真空度、冷阱温度、物料温度和升华干燥速度等。

2.1 冷冻工艺条件的选择

按照表1设定的冷冻温度进行实验。结果表明,将冷冻温度控制在 -25°C 时冻结海参较为合适,不仅冻干后海参能够保持原有形状、海参体壁孔隙适中,而且真空干燥时间相对较短;温度高于 -20°C ,冻干后的海参体壁空隙较大,影响外观;温度低于 -35°C ,升华干燥速度明显减慢,且真空冷冻干燥时易使海参体壁产生冰塌,使冻干后的海参变形。实验得到各冷冻温度下的真空干燥时间和海参外观形状见表1。

表1 冷冻温度对冻干后海参外观的影响

Tab.1 Effects of freezing temperature on freeze-drying *S. japonicus*' shape

冷冻温度/ $^{\circ}\text{C}$ Freezing temperature	真空干燥时间/h Vacuum drying time	海参外观 <i>S. japonicus</i> ' shape
-20	18	保型差、孔隙大
-25	18	保型好、孔隙适中
-35	20	易产生冰塌和翘曲现象
-40	22	冰塌和翘曲严重

2.2 真空干燥工艺条件的选择

将冻结的海参送入真空干燥仓后,需重点控制的参数是真空度、冷阱温度、物料温度和升华干燥速度。

2.2.1 冷阱温度与真空度的关系

当海参送入真空干燥仓后,因真空冷冻干燥机抽真空的速率是固定的,因此,真空度的高低取决于冷阱温度。冷阱温度越低,真空度就越高(见表2)。由表2可以看出,为合理利用冷阱捕捉水的能力及减少加热能源和制冷能源的消耗,将冷阱温度控制在 -29°C 范围内,真空度维持在 $10\sim 20\text{ Pa}$,此时的真空干燥时间最短,仅为 18 h ,且海参的干燥效果和复水效果均比其他条件好。

表2 真空度与冷阱温度对冻干后海参干燥和复水效果的影响

Tab.2 Effects of vacuum degree and cryotrapping temperature on the freeze-drying *S. japonicus*' drying and recovered water

冷阱温度/ $^{\circ}\text{C}$ Cryotrapping temperature	真空度/ Pa Vacuum degree	真空干燥时间/h Vacuum drying time	干燥效果 Drying effect	复水效果 Water-recovering effect
$-23\sim -25$	$40\sim 50$	24	一般 good	-
$-25\sim -27$	$30\sim 40$	22	一般 good	-
$-27\sim -29$	$20\sim 30$	20	较好 better	一般 good
$-29\sim -31$	$10\sim 20$	18	较好 better	较好 better
$-35\sim -40$	$3\sim 10$	20	较好 better	-

2.2.2 适合于海参的真空冷冻干燥曲线

实验过程中需要记录海参表面温度、海参芯部温度、冷阱温度、干燥室真空度随真空干燥时间的变化关系,然后绘制真空冷冻干燥曲线。真空冷冻干燥曲线不仅能反映冷冻干燥机的性能,而且对实际生产具有一定的指导意义。

海参冻干最终温度的控制极为重要(见表3)。从表3的实验结果发现如果冻干最终温度低,真空干燥时间就长;如果冻干最终温度高,真空干燥时间则短。但此时海参表面的冰还未来得及升华,其内部的冰就已经溶化,也就是海参体壁产生了冰塌现象,造成冻干后的海参变形^[1,7]。为使冻干后的海参外观形状保持不变,并尽量缩短海参的真空干燥时间。在冷冻温度-25℃、真空度10~20 Pa的条件下,最佳冻干最终温度为60℃。

表3 冻干最终温度与真空干燥时间
对冻干后海参外观的影响

Tab.3 Effects of the final freeze-drying temperature and vacuum drying time on the freeze-drying *S. japonicus*' shape

冻干最终温度/℃ Final freeze-drying temperature	真空干燥时间/h Vacuum drying time	海参外观 <i>S. japonicus</i> ' shape
40	30	保型好,孔隙适中
50	24	保型好,孔隙适中
60	18	保型好,孔隙适中
70	17	保型较好,孔隙适中
80	16.5	保型较差、 出现轻微冰塌

升华干燥速度取决于加热速度,也就是加热功率一定要控制适当,尤其是加热初期。升华干燥速度慢,真空干燥时间就长;升华干燥速快易造成温度失控,导致加工过程偏离真空冷冻干燥曲线。通常,在真空度达到要求后,控制海参表面在10 h左右

达到最佳冻干最终温度;海参芯部在14 h左右达到最佳冻干最终温度,然后保持此温度至海参出仓。也就是说,如果严格按照图2所示的海参的真空冷冻干燥曲线控制升华干燥速度,便可保证在较短的真空干燥时间内获得营养及外观形状均佳的冻干海参。

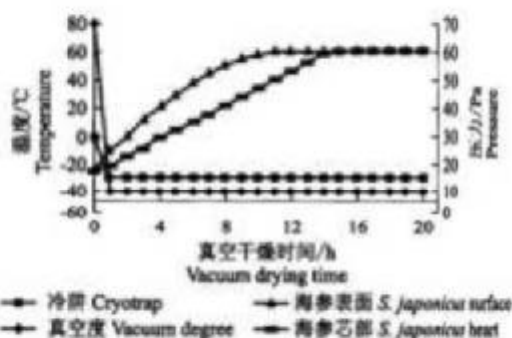


图2 海参真空冷冻干燥曲线

Fig.2 Vacuum freeze-drying curve of *S. japonicus*

3 冻干海参的质量指标

按照本实验研究的真空冷冻干燥工艺加工的冻干海参,其感官与理化指标均与冻干前保持一致。

3.1 感官指标

3.1.1 组织结构变化 海参经冻干后体壁孔隙适中、基本保持冻干前的体积和形状,收缩率为 $(9.5 \pm 0.45)\%$ 。将冻干海参浸泡在25℃的蒸馏水中,每隔1 h观察1次复水效果(表4)。从观察的结果可以看出,25℃复水6 h后冻干海参的切口处已无白茬,且口感较好,无发棉、发干和发渣感。冻干海参复水后的膨胀率为 $(9.3 \pm 0.32)\%$,与冻干后海参的收缩率基本保持一致。

表4 不同复水时间下冻干海参的感官

Tab.4 Freeze-drying *S. japonicus*' sense in different water-recovering time

感官 Sense	复水时间/h Water-recovering time						
	1	2	3	4	5	6	7
观感 Impression	白茬严重	白茬严重	白茬严重	有白茬	稍有白茬	无白茬	无白茬
口感 Taste	无法入口	无法入口	无法入口	口感较差	口感不良	口感好	口感好

3.1.2 色泽变化 冻干海参与市售干海参颜色基本相同,即暗灰色。冻干海参与市售干海参的区别是同体积时的质量有所不同,由于市售干海参的盐

分和水分含量较高,则其同体积质量比冻干海参重。冻干海参复水后的颜色为黑褐色,与冻干前的水发海参颜色基本相同。

3.2 理化指标

冻干海参水分为 12.34%;蛋白质为 74.56% (干基);砷(以 As 计) ≤ 0.5 mg/kg;铅(以 Pb 计) ≤ 0.5 mg/kg。

3.2.1 海参冻干前后营养成分比较

将测定所得盐渍海参中的粗蛋白质、碳水化合

物、粗脂肪和粗灰分与冻干海参的这些数据利用方差分析法进行比较(表 5),结论是冻干海参的营养成分与盐渍海参的营养成分没有显著性差异,即各营养指标均 $P > 0.1$ 。

表 5 海参冻干前后营养成分的比较

Tab.5 Comparison of nutrient before and after the *S. japonicus* is freeze-dried ($\bar{X} \pm SD$)%干基

成分 Composition	盐渍海参 <i>S. japonicus</i> dipped with salt	冻干海参 Freeze-drying <i>S. japonicus</i>	<i>P</i>
粗蛋白质 Protein	75.91 $\pm$ 0.37	74.56 $\pm$ 0.36	>0.05
碳水化合物 Carbohydrate	6.35 $\pm$ 0.17	5.26 $\pm$ 0.29	>0.05
粗脂肪 Fat	1.11 $\pm$ 0.01	1.05 $\pm$ 0.03	>0.1
粗灰分 Ash	5.37 $\pm$ 0.02	5.35 $\pm$ 0.01	>0.1

3.2.2 海参冻干前后酸性粘多糖比较^[8]

海参中的生物活性物质以酸性粘多糖为主,主要由氨基半乳糖、葡萄糖醛酸、岩藻糖和硫酸基组成,这些成分很容易受高温和贮藏环境的影响而造成不同程度的破坏。本实验对盐渍海参和冻干海参

中的酸性粘多糖中的各组分分别进行了测定,并用方差分析法对数据进行比较,证明冻干海参与盐渍海参中的酸性粘多糖无显著性差异($P > 0.1$),见表 6。说明利用冷冻干燥工艺在低温下加工海参,能较好地保留其营养成分。

表 6 海参冻干前后酸性粘多糖比较

Tab.6 Comparison of acid polysaccharide before and after the *S. japonicus* is freeze-dried

($\bar{X} \pm SD$)%干基

成分 Composition	盐渍海参 <i>S. japonicus</i> dipped with salt	冻干海参 Freeze-drying <i>S. japonicus</i>	<i>P</i>
氨基半乳糖 Galactosamine	12.4 $\pm$ 0.20	11.7 $\pm$ 0.64	>0.1
葡萄糖醛酸 Glucuronic	9.0 $\pm$ 0.30	9.2 $\pm$ 0.22	>0.1
岩藻糖 Fucose	26.3 $\pm$ 0.45	24.7 $\pm$ 0.37	>0.05
硫酸基 Sulfate	30.0 $\pm$ 0.32	31.5 $\pm$ 0.25	>0.05

3.3 微生物指标

冻干海参大肠菌群 < 30 MPN/(100 g);细菌总数 < 10 cfu/g;未检出致病菌(肠道致病菌和致病性球菌)。

4 结论

(1)本研究提出的针对海参的真空冷冻干燥工艺流程是有效可行的,其工艺参数为:冷冻温度 -25 $^{\circ}\text{C}$,冷阱温度 $-29 \sim -31$ $^{\circ}\text{C}$,真空度 $10 \sim 20$ Pa,冻干最终温度 60 $^{\circ}\text{C}$ 。

(2)为避免冻干海参体壁出现冰塌现象,在真空冷冻干燥加工中必须严格按照实验提出的海参的真空冷冻干燥曲线控制升华干燥速度,以保证海参表面及海参芯部的温度均呈缓慢上升趋势,即控制海

参表面在 10 h左右达到 60 $^{\circ}\text{C}$;海参芯部在 14 h左右达到 60 $^{\circ}\text{C}$,然后保持此温度至 18 h,海参即可出仓。

(3)冻干海参的整个加工过程是在低温(冰点以下)、真空(无氧)的条件下进行,所以具有生物活性物质损失少、含水量低、完好地保存其色泽、外形、营养成分等特点,25 $^{\circ}\text{C}$ 复水 6 h后与水发的海参口感相同。冻干海参最大的优点是经简单复水就可食用,为消费者带来了极大的方便。另外,不需任何添加物和防腐剂即可达到保鲜的目的,为消费者提供优质的海参。

参考文献:

- [1] 杨志娟,张超群,李 敏. 牡蛎冷冻干燥工艺度试验研究[J]. 食品科技, 2004, (3): 61-63.
- [2] 程 江,杨卓如,梅慧云,等. 草菇冷冻干燥保鲜技术的研究[J]. 食品科学, 1995, 16(1): 23-26.
- [3] Parkas B E, Singh R P. Physical properties of air-dried and freeze-dried Chicken [J]. Food Sci, 1991, 56(3): 611-615.
- [4] 李玉红. 巧用电饭煲发干料[J]. 家电科技, 2003, (10): 53.
- [5] 邹邦基译,南寅锡校. 农林省农林水产技术会议事务局[日], 作物分析法委员会监修[日]. 栽培植物营养诊断分析测定法[M]. 北京: 农业出版社, 1984.
- [6] 天津轻工业学院, 大连轻工业学院, 无锡轻工大学, 等. 工业发酵分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 85-87.
- [7] 高福成. 现代食品工程高新技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002. 492-497.
- [8] 段 君, 云 霞, 朱蓓薇, 等. 海刺参粘多糖提取分离的最佳工艺条件[J]. 大连轻工业学院学报, 2003, 22(2): 107-109.

Technological condition of vacuum freeze-drying in *Stichopus japonicus*

YUN Xia, HAN Xue-hong, NONG Shao-zhuang, YANG Hong

(College of Biology & Food Technology Dalian Institute of Light Industry Dalian 116034, China)

Abstract: *Stichopus japonicus* in 3 years old (average weight is 125 g) was tested on vacuum freeze-drying equipment. The best technological parameters were determined. Freezing temperature is -25°C ; cryotrapping temperature is -29°C - -31°C ; vacuum degree is 10 - 20 Pa; final freeze-drying temperature is 60°C . The lyophilization speed was controlled by freeze-drying curve. The results show that *S. japonicus*' nutrient, color and shape are effectively sustained. The taste of *S. japonicus* that recovered water contents after the vacuum freeze-drying was same as the one that was dealt with by traditional process. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(4): 662-666]

Key words: *Stichopus japonicus*; vacuum freeze-drying; technological condition