

文章编号:1671-1513(2011)05-0056-05

# 马蹄真空冷冻干燥实验的研究

陈学玲, 何建军, 关 健, 梅 新, 程 薇,  
熊光权, 叶丽秀, 陈玉霞

(湖北省农业科学院 农产品加工与核农技术研究所/湖北省农业科技创新中心  
农产品加工研究分中心,湖北 武汉 430064)

**摘 要:** 利用真空冷冻干燥技术对马蹄进行保鲜加工研究. 利用电阻法测量了马蹄的共晶点和共熔点,采用  $L_{12}(3^5)$  正交试验方法,研究了影响冻干产品质量和设备生产能力的主要参数,评定了冻干产品的含水量、外观、复水性等特性. 实验结果表明,马蹄冻干的最佳工艺为:速冻温度  $-36\text{ }^\circ\text{C}$ ,速冻时间 20 h,干燥升华时仓压  $(120 \pm 10)$  Pa;干燥解析时仓压  $(40 \pm 10)$  Pa,解析时的搁板温度  $50\text{ }^\circ\text{C}$ ,干燥时间 14 h.

**关键词:** 真空冷冻干燥;马蹄;工艺

**中图分类号:** TS255.3

**文献标志码:** A

马蹄是一种营养价值较高的农产品,其干燥加工对马蹄的保鲜和品质具有重要影响. 目前,马蹄的干燥加工主要采用热风干燥和真空冷冻干燥两种方法. 热风干燥虽然操作简单,但容易导致马蹄品质下降,且能耗较高. 真空冷冻干燥技术具有干燥温度低、干燥时间短、能较好地保持马蹄的营养成分和品质等优点,是目前马蹄干燥加工的理想选择. 然而,真空冷冻干燥工艺参数的优化对马蹄的干燥效果和品质至关重要. 本研究旨在通过正交试验方法,探究影响马蹄真空冷冻干燥工艺的主要因素,并确定最佳的干燥工艺参数.

本研究以马蹄为研究对象,采用真空冷冻干燥技术进行干燥加工. 首先,通过电阻法测量了马蹄的共晶点和共熔点,为确定干燥温度提供了依据. 其次,采用  $L_{12}(3^5)$  正交试验方法,研究了干燥温度、干燥时间、干燥仓压、干燥解析仓压和干燥解析温度等五个因素对马蹄干燥效果的影响. 通过比较不同因素的水平,确定了最佳的干燥工艺参数. 实验结果表明,马蹄冻干的最佳工艺为:速冻温度  $-36\text{ }^\circ\text{C}$ ,速冻时间 20 h,干燥升华时仓压  $(120 \pm 10)$  Pa;干燥解析时仓压  $(40 \pm 10)$  Pa,解析时的搁板温度  $50\text{ }^\circ\text{C}$ ,干燥时间 14 h.

本研究为马蹄的真空冷冻干燥加工提供了理论依据和工艺指导,对提高马蹄的干燥效率和品质具有重要意义.

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与材料

Delta 1-24, Christ; 360 mm

: 2011-05-23

: 948 (2003-Z78);

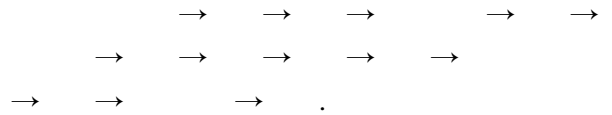
(2010BBB016).

;BD-25LTB

( ) 20 °C

### 1 2 共晶点和共熔点的测定

### 1 3 马蹄真空冷冻干燥工艺流程



### 1 4 工艺参数优化实验设计

[9,12]

$L_{12}(3^5)$

1.

1

Tab. 1 Factors and levels

	/°C	/h	/Pa	/Pa	/°C
	A	B	C	D	E
1	-32	12	110 ~ 130	30 ~ 50	40
2	-36	16	90 ~ 110	50 ~ 70	45
3	-40	20	70 ~ 90	70 ~ 90	50

### 1 5 产品特性评定方法

1 2.

#### 1 5 1 产品的含水量

GB 5009.3 85 , 10

( 20 ),

#### 1 5 2 产品的外观

10

( 30 ),

#### 1 5 3 干燥时间

10

( 20 ),

#### 1 5 4 产品的复水性

25 °C , 10

Fig. 1 Resistance curve during cooling

3 : [9,12]. 1 ,

( 30 ), I ,

## 2 结果与讨论

; II ,

### 2 1 共晶点和共熔点

; III ,

1

-16 °C.

2 ,  
I ,  
; II ,  
-10 °C.  
2.2 冻干工艺参数优化结果分析

2. 2

2

Fig.2 Resistance curve during warming

2 L<sub>12</sub>(3<sup>5</sup>)

Tab.2 L<sub>12</sub>(3<sup>5</sup>) orthogonal scheme of data processing for FD water chestnut

						(20)	(30)	(20)	(30)	
1	1	1	1	1	1	17	25	18	24	84
2	1	1	2	3	1	18	25	17	25	85
3	1	2	3	2	1	17	25	17	24	83
4	1	3	1	1	1	17	25	18	25	85
5	2	1	1	1	3	18	26	18	26	88
6	2	1	2	3	3	19	25	19	24	87
7	2	2	3	2	3	18	25	18	26	87
8	2	3	1	1	3	17	26	19	25	87
9	3	1	1	1	2	17	26	17	26	86
10	3	1	2	3	2	18	24	18	25	85
11	3	2	3	2	2	17	24	18	25	84
12	3	3	1	1	2	19	26	18	26	87
C	k <sub>1</sub>	17.5	17.8	17.7	17.5	17.5				
	k <sub>2</sub>	18.0	17.7	18.3	17.3	17.8				
	k <sub>3</sub>	17.8	17.7	17.7	18.3	18.0				
	R	0.5	0.1	0.6	1.0	0.5				
F	k <sub>1</sub>	25.0	25.2	25.7	25.7	25.0				
	k <sub>2</sub>	25.5	24.7	24.7	24.7	25.0				
	k <sub>3</sub>	25.0	25.7	24.7	24.7	25.5				
	R	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5				
T	k <sub>1</sub>	17.5	17.8	18.0	18.0	17.5				
	k <sub>2</sub>	18.5	17.7	18.0	17.7	17.8				
	k <sub>3</sub>	17.8	18.3	17.7	18.0	16.0				
	R	1.0	0.6	0.3	0.3	1.8				
R	k <sub>1</sub>	24.5	25.0	25.3	25.4	24.5				
	k <sub>2</sub>	25.3	25.0	24.7	25.0	25.5				
	k <sub>3</sub>	25.5	25.3	25.0	24.7	25.3				
	R	1.0	0.3	0.6	0.7	1.0				
TT	k <sub>1</sub>	84.3	85.8	86.2	86.2	84.3				
	k <sub>2</sub>	87.3	84.7	85.7	84.7	83.0				
	k <sub>3</sub>	83.0	86.3	84.7	85.7	87.3				
	R	4.3	1.6	1.5	1.5	4.3				

:C— ;F— ;T— ;R— ;TT— .

；  
： —A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>3</sub>E<sub>3</sub>；  
—A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>E<sub>3</sub>； —A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>  
(C<sub>2</sub>)D<sub>1</sub>(D<sub>3</sub>)E<sub>2</sub>； —A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>E<sub>2</sub>.  
：A<sub>2</sub> h  
B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>E<sub>3</sub>.  
5.0 ~ 14.0

2 3 冻干曲线

A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>E<sub>3</sub>

3、4、

4.0%， 25 °C 15 min，

3 结 论

Fig. 3 Pressure curve while freeze-drying  
of Water Chestnut

-16 °C -10 °C.

Fig. 4 Temperature curve while freeze-drying  
of Water Chestnut

-36 °C, 20 h,  
110 ~ 130 Pa; 30 ~ 50 Pa,  
50 °C; 14 h.

1.0 h : 5.0 h, 0 ~

参考文献:

[1] [J].

2002(4):40.

[2] [J].

- 2003,22(6):92-95. [J]. ,2007,38(4):98-
- [3] . 102. [J]. ,2002(4):126-129. [9] , . [J]. ,2002(2):67-68.
- [4] , , . [J]. ,2007,11:37-39. [10] , , , . [J]. ,2004(1):226-229.
- [5] , , , . [J]. [J]. ,2007,46(4):610-611. [11] , , , . [J]. ,2006,45(2):240-
- [6] . [J]. [J]. ,2007,13(1):9-12. 244.
- [7] . [J]. [12] , . [J]. ,2008,9:244-248. [J]. ,2001,12:44-46.
- [8] , , .

## Study on Freeze drying of Water Chestnut

CHEN Xue-ling, HE Jian-jun, GUAN Jian, MEI Xin, CHENG Wei,  
XIONG Guang-quan, YE Li-xiu, CHEN Yu-xia

(*Research Institute of Agricultural Products Processing and Nuclear-Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences/Agricultural Products Processing Subordinate Center, Hubei Agricultural Science and Technology Innovation Center, Wuhan 430064, China*)

**Abstract:** Water Chestnut were stored and processed by Freeze-drying. Eutectic point and consolute point were measured by resistivity method. The main factors affecting the properties of freeze-drying product and production capacity of the equipment were studied using  $L_{12}(3^5)$  orthogonal experiments. Water content of product, product form, rehydration character were evaluated. The optimal technics for freeze-drying Water Chestnut were following: deep freeze temperature  $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ , deep freeze time 20 h, pressure of drying room while vacuum sublimation drying  $(120 \pm 10)$  Pa, pressure of drying room while vacuum resolution drying  $(40 \pm 10)$  Pa, shelf temperature while vacuum resolution drying  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , drying time 14 h.

**Key words:** freeze-drying; Water Chestnut; technics

( : )