

文章编号:1673-1689(2009)03-0332-06

## 海芦笋脱盐和真空油炸工艺的优化

阮宏伟<sup>1</sup>, 张慤<sup>\*1</sup>, 周祥<sup>2</sup>, 蔡金龙<sup>2</sup>

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江苏晶隆海洋产业发展有限公司, 江苏 大丰 224145)

**摘要:** 研究了海芦笋的脱盐和真空油炸工艺。以漂烫时间, 冷冻时间, 水料比和真空渗透时间为因素, 通过  $L_{16}(4^5)$  正交实验, 确定了最优脱盐工艺。通过以油炸温度, 真空度, 油炸时间为因素的  $L_9(3^4)$  正交实验和甩油转速实验, 确定了最优的真空油炸工艺。结果表明: 海芦笋经过 90 °C 漂烫漂烫 6 min, 再冷冻 24 h, 然后以水料比 15 : 1 真空渗透脱盐 6 h。经前干燥后于 100 °C, 真空度 0.095 MPa 条件下真空油炸 10 min, 再以 450 r/min 的转速脱盐 8 min 后所得真空油炸海芦笋的品质最佳。

**关键词:** 海芦笋; 脱盐; 真空油炸; 工艺

**中图分类号:** S 37

**文献标识码:** A

## Optimization of Desalting and Vacuum Frying of *Salicornia bigelovii* Torr

RUAN Hong-wei<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>\*1</sup>, ZHOU Xiang<sup>2</sup>, CAI Jin-long<sup>2</sup>

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; Jiangsu Jinglong Marine Industry Development Co. Ltd, Dafeng 224145, China)

**Abstract:** In this manuscript, the desalting and vacuum frying technological conditions, such as blanching time, freezing time, water stuff ratio, vacuum infiltration time, frying temperature, vacuum degree and frying time of *Salicornia bigelovii* Torr were optimized by orthogonal experiment and remove oil experiment. The optimum conditions of enzymatic hydrolysis were summarized and listed as follows: blanching 6 min at 90 °C, then freezing 24 h, water stuff ratio 15 : 1 add water and vacuum infiltration, desalting time was 6h, after per-drying, the stuff was send to vacuum frying at 100 °C, 0.095 MPa condition, frying time was 10 min, rotate speed was 450 r/min, remove oil 8 min with 450 r/min.

**Key words:** *salicornia bigelovii* Torr, desalting, vacuum frying, technological condition

海芦笋俗称海蓬子, 属于藜科 (Chenopodiaceae) 盐角草属 (*Salicornia*), 有欧洲海芦笋 (*Salicornia Europaea* L.) 和比吉洛氏海芦笋 (*Salicornia*

*bigelovii* Torr.) 等品种<sup>[1]</sup>。在中国海南, 甘肃, 江苏, 宁夏, 山西, 辽宁, 陕西等省区均有分布<sup>[2]</sup>, 比吉洛氏海芦笋原产美国西部海滨, 后经亚里桑那大学

收稿日期: 2008-02-15

基金项目: 江苏省科技成果转化专项资金项目 (BA2006058)。

\* 通讯作者: 张慤 (1962-), 男, 浙江平湖, 工学教授, 博士生导师, 主要从事农产品贮藏加工研究。Email: Min@jiangnan.edu.cn

培育,改良,抗盐能力很强,可以用海水直接灌溉,在我国东南部沿海地区已经引种成功并大面积种植。海芦笋富含维生素A、C、有机盐类以及矿物质元素如碘、铁、锌、铜、锰等,具有独特的保健功效。海芦笋嫩尖组织中的微量皂角甙,可降低血管壁上胆固醇的活性<sup>[3]</sup>,对提高人体免疫力及预防帕金森病具有明显的作用,减肥效果也很好。

海芦笋的生产具有季节性,而且具有不宜长期储藏的特点,这使得海芦笋的生产受到限制,因此在生产旺季需要对海芦笋进行加工以提高其储藏期,增加附加值。真空低温油炸方法是一项新兴脱水加工技术,广泛应用于果蔬深加工中的香脆食品行业,对海芦笋进行真空油炸可以有效降低海芦笋的含水量,保留了海芦笋的原有风味和营养成分。海芦笋的含盐量较高,鲜样含盐率在4%左右,因此在真空油炸前需要进行脱盐,作者采用冷冻和真空渗透结合的方法脱盐,然后经过热风预干燥脱去一部分水分以降低最终产品含油<sup>[4-5]</sup>。通过脱盐和真空油炸的方法,可生产出真空油炸海芦笋产品,该油炸产品具有低糖,低脂和低热等特点,酥脆可口,风味独特,是一种优良的休闲保健食品。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与设备

实验原料海芦笋采自江苏盐城,属于比吉洛氏海芦笋,选取新鲜的海芦笋嫩茎作为实验原料。要求色泽正常,新鲜,无腐烂变质及冻伤现象,质地嫩脆,无萎焉,干瘪,变软等现象,无特殊气味和味道等。

真空油炸设备:无锡南丰轻化设备有限公司产品;干燥箱:上海前进医疗器械厂产品;SZC-B脂肪测定仪:上海纤检仪器有限公司产品;WSC-S色差仪:上海精密科学仪器有限公司产品。

### 1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程 挑选清洗→漂烫→脱盐→干燥→冷冻→真空油炸→脱油→冷却调味→包装→成品

#### 1.2.2 操作要点

1) 挑选清洗 选择新鲜无病虫害腐烂褐变等现象的海芦笋,于清水中洗净。

2) 漂烫 将清洗后的海芦笋放入热水中,然后开始计时,漂烫后立刻捞起用流动水冷却。

3) 脱盐 将漂烫后的海芦笋置于-20℃的冰柜中冷冻至实验组要求时间,然后取出置入真空釜中,按照实验组拟定的水料比(加入的清水的质量/万方数据

和样品质量之比)为加入清水,开启真空泵抽取真空,每2h换水一次,在各实验组真空度条件下真空渗透脱盐。

4) 浸渍 再将干燥后的海芦笋置于实验条件浓度的麦芽糊精中浸泡一定时间,然后取出海芦笋,晾干表面水分。

5) 干燥 将脱盐后的海芦笋平摊置于热风干燥箱中进行干燥,干燥温度90℃,时间30min。

6) 真空油炸 首先在真空油炸机油炸釜中放入油炸用大豆油3L,开启真空油炸机加热装置,加热至所要求温度,然后把物料加入油炸篮中,每组实验加入原料海芦笋150g,关闭油炸釜的盖子,然后开启真空泵抽真空,当真空度表显示釜内真空度达到要求,放下油炸篮,进行油炸,当海芦笋不再剧烈翻动,只有少量的小气泡溢出时,这时可判断为油炸终点。

7) 脱油 真空油炸结束后,提升油炸篮出油面,然后开启脱油电机,调整脱油转速,在真空条件下脱油,并同时计时,脱油结束后关闭脱油电机和真空泵,打开真空阀取出实验产品。

8) 冷却调味:取出油炸后的海芦笋,加入麻辣粉2~4%,味精0.2~0.4%,或糖5~6%。

9) 包装:采用不透光的聚乙烯袋充氮包装,氮气纯度为99.99%。

1.2.3 漂烫温度的确定 为防止在脱盐和油炸过程中发生褐变及叶绿素的损失,需要进行漂烫灭酶处理,其中以POD<sup>[6]</sup>是否存在活性作为灭酶时候完全的指示。为确定漂烫的温度时间和POD活性的关系,将海芦笋放入85、90、100℃的水中热烫,然后每隔0.5min取出切成3~5mm厚的薄片用愈创木酚试液(体积分数为1.5的愈创木酚酒精液与体积分数3%的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>等量混合)检验,若海芦笋组织没有颜色变化,说明过氧化物酶已经完全失活<sup>[7]</sup>。

1.2.4 脱盐工艺的确定 海芦笋的鲜样含盐量为4%左右,直接油炸后含盐量可达20%,不适合食用,因此必须进行脱盐处理。由于海芦笋属于盐生植物中真盐生类,其盐分主要存在于其细胞的液泡中<sup>[8]</sup>,因此直接清水漂洗脱盐效果不显著,张美霞等报道了海芦笋直接漂洗脱盐的方法<sup>[9]</sup>,但实验证明其耗时太长,效果差,海芦笋营养和色泽损失严重。

前期单因素实验表明,海芦笋的脱盐效果受到漂烫时间,冷冻时间,真空渗透脱盐时间,水料比的共同影响,因此本实验选用漂烫时间,冷冻时间,真

空渗透脱盐时间,水料比作为因素(因素水平见表1),脱盐后样品叶绿素含量和干样含盐率为指标,按照 $L_{16}(4^5)$ 正交实验表进行正交实验,对脱盐工艺进行优化。正交实验因素水平见表1。

表1 脱盐 $L_{16}(4^5)$ 正交实验因素水平表

Tab.1 The scheme of desalting  $L_{16}(4^5)$  orthogonal experiment

水平	因素			
	漂烫时间/min A	冷冻时间/h B	水料比 C	真空渗透时间/h D
1	5	6	5	5
2	6	12	10	6
3	7	24	15	7
4	8	30	20	8

为同时考虑海芦笋的脱盐效果,同时尽可能的减少叶绿素的流失,选择对实验结果的含盐率和叶绿素含量进行加权平均,所得分数作为脱盐的最终指标。方法见表2。

表2 含盐率和叶绿素含量的加权平均

Tab.2 Weighted mean of salt content and chlorophyll content

得分	含盐率 a/%	叶绿素含量 b/(mg/g)
0-2	$15 \geq a \geq 13$	$b \leq 1.6$
2-4	$13 \geq a \geq 11$	$1.6 \leq b \leq 1.7$
4-6	$11 \geq a \geq 9$	$1.7 \leq b \leq 1.8$
6-8	$9 \geq a \geq 7$	$1.8 \leq b \leq 1.9$
8-10	$7 \geq a \geq 5$	$1.9 \leq b \leq 2.0$
10	$a \leq 5$	$b \geq 2.0$

1.2.5 真空油炸工艺的确定 首先通过单因素实验,确定各个因素合适的水平,再以真空度,油炸温度,油炸时间为因素按照 $L_9(3^4)$ 正交实验表进行正交实验,确定真空油炸工艺条件。

1.2.6 真空油炸实验评分标准 最终得分由含油率,含水率,油炸前后叶绿素保存率和感官评定4个方面决定,其中的感官评定采用平均分法,由8个人(4男4女)分别独立完成,评分标准见表3。

表3 真空油炸实验评分标准

Tab.3 Marking criterion of vacuum frying text

得分	含油率/%	含水率/%	叶绿素保存率/%	感官
5-10	>30	>8	<80	不酥脆,有焦糊味或其他异味,色泽暗淡,油腻
10-15	25-30	5-7	80-85	较酥脆,轻微油炸焦糊味,色泽暗淡,稍油腻
15-20	20-25	<3	85-90	较酥脆,有油炸香味,无异味,色泽黄绿,稍油腻
20-25	<20	3-5	>90	酥脆,油炸香味浓,无异味,色泽黄绿,不油腻

1.2.7 脱油工艺的确定 经过预干燥的海芦笋按照最优真空油炸条件(0.095 MPa, 100 °C油炸12 min)油炸后的海芦笋,进行脱油实验,料筐半径为30 cm,采用150、300、450、600 r/min的转速分别脱油2、4、6、8、10 min,测定最终含油率。

1.2.8 实验指标测定方法 水分测定 按常压烘箱干燥法<sup>[10]</sup>;维生素C测定 采用2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[10]</sup>;总叶绿素 分光光度计法<sup>[10]</sup>;NaCl含量的测定 GB/T12457-90中铬酸钾指示剂法;含油率测定参照 GB9.6-85<sup>[11]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 漂烫温度的确定

由图1可知,在80 °C下漂烫9.5 min POD才完全失活,90 °C时漂烫2.5 min POD失活,100 °C时漂烫2 min POD失活。80 °C条件下的漂烫时间过长,万方数据

使得海芦笋的叶绿素损失较大,质地变软。100 °C和90 °C下失活时间相差不大。

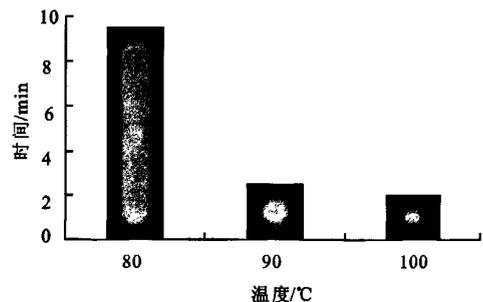


图1 温度对过氧化物酶失活时间的影响

Fig.1 Effect of different temperature on peroxidase inactivation time

图2显示了在不同漂烫温度对海芦笋的叶绿素含量的影响,其中的叶绿素含量以干样计算,可以看出在漂烫之前,由于叶绿素内很多具有氧化性

的酶尚未完全失活,因此测定的干样叶绿素含量比较低,在 0~4 min 内随着漂烫时间的延长,海芦笋的干样叶绿素含量逐渐升高,并且在 90 °C 和 100 °C 条件下的漂烫对叶绿素含量的影响几乎一致,这说明这一段时间主要是叶绿素内氧化性酶类失活的多少决定了其叶绿素的含量的多少。在 4 min 之后,由于海芦笋组织液的渗出和高温条件使叶绿素含量不断下降,8 min 之后海芦笋的叶绿素下降更加明显。且 90 °C 条件下的叶绿素含量比 100 °C 条件下叶绿素含量更大,说明这一阶段主要是漂烫温度对叶绿素的含量起了主要作用。为了保存海芦笋内叶绿素,选择 90 °C 作为漂烫温度。

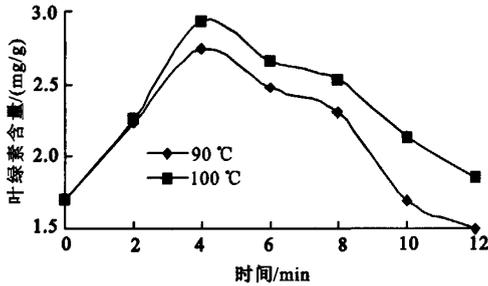


图 2 不同漂烫温度对海芦笋叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of different blanching temperature on chlorophyll content

2.2 脱盐工艺的确定

根据单因素实验的结果,按照  $L_{16}(4^5)$  正交表进行正交实验,脱盐结束后测定样品干基含盐率和干基叶绿素含量,然后按照表 2 的计算方法算出每组实验的最终得分。实验结果见表 4。

表 4 脱盐正交实验结果

Tab. 4 The results of the desalting test

实验号	因素					含盐率/%	叶绿素含量/(mg/g)	得分
	A	B	C	D	E (空列)			
1	1	1	1	1	1	14.8	2.11	10.2
2	1	2	2	2	2	10.5	2.04	14.5
3	1	3	3	3	3	6.4	1.92	17
4	1	4	4	4	4	5.6	1.63	12
5	2	1	2	3	4	6.17	1.92	17.23
6	2	2	1	4	3	9	1.99	15.8
7	2	3	4	1	2	8.6	1.81	12.6
8	2	4	3	2	1	6.7	1.95	17.3
9	3	1	3	4	2	4.75	1.65	13.25
10	3	2	4	3	1	4.89	1.61	12.2
11	3	3	1	2	4	8.8	2.02	16.6

续表 4

实验号	因素					含盐率/%	叶绿素含量/(mg/g)	得分
	A	B	C	D	E (空列)			
12	3	4	2	1	3	11.2	1.88	11.4
13	4	1	4	2	3	6.12	1.64	11.68
14	4	2	3	1	4	8.5	1.74	11.3
15	4	3	2	4	1	3.43	1.81	16.2
16	4	4	1	3	2	7.6	1.66	10.6

表 5 所示为脱盐正交实验结果。从表中可以看出,根据各个因素的极差的大小,确定各因素对海芦笋脱盐效果影响的主次关系依次为 D、A、C、B,即真空渗透时间,漂烫时间,水料比,冷冻时间。通过计算空列的 Re 值。可知 4 个因素的 R 值均大于 Re 值,表明各因素对海芦笋的脱盐的效果有真实影响。

表 5 脱盐正交实验结果分析

Tab. 5 The results of the Vacuum Frying test

结果分析	因素				
	A	B	C	D	E
$K_1$	53.7	52.36	53.2	45.5	55.9
$K_2$	62.93	53.8	53.8	60.08	50.95
$K_3$	53.45	62.4	58.85	57.03	55.88
$K_4$	49.78	51.3	48.48	57.25	57.13
$k_1$	13.43	13.09	13.30	11.38	13.98
$k_2$	15.73	13.45	13.45	15.02	12.74
$k_3$	13.36	15.60	14.71	14.26	13.97
$k_4$	12.45	12.83	12.12	14.31	14.28
R	13.15	10.04	10.37	14.58	6.18
较优方案	$A_2$	$B_3$	$C_3$	$D_2$	

图 3 所示为正交实验因素和水平的分析图。由图 3 可看出,随着漂烫时间、冷冻时间、水料比和真空渗透时间的延长,海芦笋脱盐后品质先升高再下降,这是因为随着各个因素水平的增大,其脱盐效果有所提高,但叶绿素的损失随之也有所增加,所以导致整体得分先增加后减小。根据实验结果,最优脱盐工艺是  $A_2B_3C_3D_2$ 。即漂烫 6 min,再冷冻 24 h,然后以水料比 15 : 1 真空渗透脱盐 6 h。

根据优化后的脱盐工艺对海芦笋进行脱盐,然后测定海芦笋的含盐率和叶绿素含量,然后测定海芦笋含盐率和叶绿素含量。最终脱盐后海芦笋干基含盐率 5.87%,叶绿素含量 2.04 mg/g。

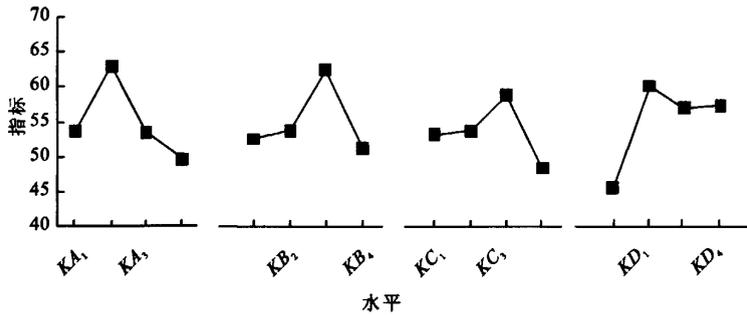


图3 因素与指标直观分析图

Fig. 3 The direct analysis figure of factors and index

### 2.3 真空油炸工艺的确定

结果脱盐和预干燥后的海芦笋,按照1.2.2的方法进行真空油炸正交实验。温度的水平选择90、100、110℃,油炸时间水平选择8、10、12 min,真空度水平选择0.08、0.085、0.09 MPa,油炸各因素对产品品质影响的正交实验分析见表6。

由表6中可知,对产品品质影响最大的是真空度,其次是油炸时间,温度对产品品质的影响最小。由表得出的最优水平为真空油炸温度为100℃,真空度为0.09 MPa,油炸时间为10 min。但因为因素C的得分单调递增,所以可以进一步提高真空度设定C<sub>4</sub>为0.095 MPa,选择A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>和A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>4</sub>并验证,结果得分分别为88和92,因此最佳真空油炸工艺为温度100℃,真空度为0.095 MPa,油炸10 min。

表6 真空油炸工艺条件正交实验表

Tab. 6 The scheme of vacuum frying technologic conditions orthogonal experiment

实验号	A 温度/℃	B 时间/min	C 真空度/MPa	得分
1	1(90)	1(8)	1(0.08)	75
2	1	2	2	79
3	1	3	3	85
4	2(100)	1	2(0.085)	82
5	2	2(10)	3	88
6	2	3	1	78
7	3(110)	1	3(0.09)	80
8	3	2	1	81
9	3	3(12)	2	76
K <sub>1</sub>	239	237	234	
K <sub>2</sub>	246	248	237	
K <sub>3</sub>	237	239	253	
R	9	11	19	

万方数据

### 2.4 旋转脱油工艺的确定

真空脱油的好坏主要取决于两个因素,一是脱油时间的长短,二是离心转速。因此针对离心转速和时间对产品含油量的影响进行试验。实验结果见图4。

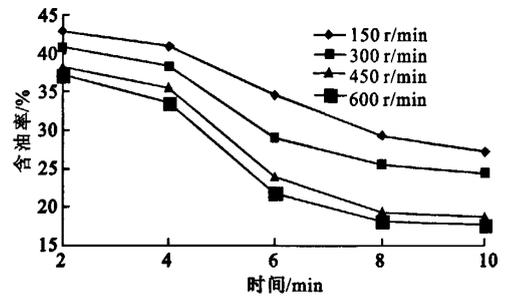


图4 离心转速和时间对含油率的影响

Fig. 4 The effect of centrifugation speed and time on oil content

由图4可以看出,在不同的离心转速下,随着脱油时间的延长,产品的含油量逐渐下降,但随着脱油时间的延长,产品的破碎率也逐渐提高,影响产品的得率和品质,当脱油时间超过8 min后,不同离心转速下的产品破碎率大幅度提高,而产品的含油量却变化不大。离心转速不同,产品的脱油率也大不相同,150 r/min,300 r/min的转速对产品的脱油效果不是很明显,产品不能达到较低的含油率水平,而600 r/min的转速虽然脱油效果显著,但产品的破碎率也较高。因此,综合考虑选择离心转速450 r/min,脱油时间8 min。

## 3 结语

1) 真空油炸海芦笋的最佳漂烫和脱盐工艺为90℃漂烫6 min,再冷冻24 h,然后以水料比15:1真空渗透脱盐6 h。

2) 真空油炸海芦笋的最佳真空油炸工艺条件为油炸温度100℃,真空度0.095 MPa,油炸时间

为 10 min。

转脱油时,最佳脱油条件为 450 r/min,脱油 8 min。

3)真空油炸后以半径为 30 cm 的料筐进行旋

## 参考文献(References):

- [1] 吕忠进,Edward. 全海水灌溉的作物[J]. 世界农业, 2001,(2):14-17.  
LV Zhongjin,Edward. Totally seawater irrigated crops[J]. **Aworld Agriculture**,2001,(2):14-17. (in Chinese)
- [2] Ip C,Chin S F,Scimeca J A,et al. Mammary cancer prevention by conjugated derivates of linoliec acids[J]. **Cancer Res**, 1991,51(11):618-622.
- [3] 欧继昌. 海蓬子海水农业生态工程的构建[J]. 热带农业工程, 2001,(3):23-25.  
Ou Jichang. Sailcornia seawater agriculture ecoengineering's establishing[J]. **Tropic Agricultural Engineering**,2001(3):23-25. (in Chinese)
- [4] 范柳萍,张愨,等. 真空油炸胡萝卜脆片基本特性的研究[J]. 食品生物与技术学报,2005,(11):49-52Fan Liuping,Zhang Ming. Study on the quality of vacuum-fried carrot chips[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2005,(11):49-52. (in Chinese)
- [5] 范柳萍,张愨. 不同处理工艺对真空油炸毛豆品质的影响[J]. 食品生物与技术学报,2005,(3):30-33.  
Fan Liuping, Zhang Ming. Study on the combined vacuum frying dehydration of green Soy Bean[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2005,(3):30-33. (in Chinese)
- [6] 周小理,杨晓波. 不同工艺条件对菠菜汁叶绿素含量的影响[J]. 食品科学,2003(6):93-96.  
Zhou Xiaoli,Yang Xiaobo. The affection of different processing and condition to the content in spinacia juice[J]. **Food Science**,2003(6):93-96. (in Chinese)
- [7] 王璋. 食品酶学[M]. 北京:轻工业出版社,1990.
- [8] Breckle. How do halophytes overcome salinity In: KhanMA[J]. **Biology of Salt Tolerance Plants IAU ngar**, 1995,23:199-203.
- [9] 张美霞,刘兴宽. 北美海芦笋引种盐城滩涂后生长条件和营养组成比较[J]. 食品科技,2007(5):104-106.  
Zhang Meixia,Liu Xinkuan. Study on the planting condition and the nutritious component of Samphire after its introduction into yancheng[J]. **Food Science and Technology**,2007(5):104-106. (in Chinese)
- [10] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,1989.
- [11] 王肇慈. 粮油食品品质分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.

(责任编辑:杨萌)