

# 反向菠菜胶囊的制作工艺研究

刘树萍,李越,石长波

(哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院,哈尔滨 150076)

**摘要:**以反向菠菜胶囊为研究对象,对胶囊制作工艺的要素进行了单因素试验,研究了菠菜与水的质量比、海藻酸钠、乳酸钙、胶囊体积及成型时间对胶囊的影响并优化了条件。在单因素试验的基础上,设计了正交试验。采用感官评价表征了菠菜胶囊的色泽、外观、口感、韧性;采用质构仪测试了菠菜胶囊的破裂力、破裂力时的位移、硬度、粘附性及胶黏性。研究表明:海藻酸钠用量 5.2 g,乳酸钙用量 2.3 g,成型时间 12 min,胶囊体积 1.25 mL 为反向菠菜胶囊的最佳工艺。

**关键词:**菠菜;胶囊;反向;感官评价;模糊数学;质构

中图分类号:TS201.1

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2016.11.003

文章编号:1000-9973(2016)11-0010-05

## Research on Preparation Process of Reverse Spinach Capsule

LIU Shu-ping, LI Yue, SHI Chang-bo

(School of Tourism & Cuisine, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

**Abstract:** In this paper, the single factor experiment for reverse spinach capsule is designed, which investigates the effect of the factors including mass ratio of spinach and water, sodium alginate, calcium lactate, volume of capsule and molding time on the capsule. According to the single factor experiment, the reverse spinach capsule is further studied by the orthogonal experiment. Four variables including color, appearance, texture and taste are adopted for sensory evaluation method. The fracture, displacement, hardness, adhesiveness and gumminess of the capsules are studied by texture analyzer. The results indicate that sodium alginate of 5.2 g, calcium lactate of 2.3 g, molding time of 12 min and capsule volume of 1.25 mL are the best ratio of reverse spinach capsule.

**Key words:** spinach; capsule; reverse; sensory evaluation; fuzzy mathematics; texture

分子烹饪是 1988 年由匈牙利物理学家 Nicholas Kurti 和法国化学家 Hervé This 提出的。简单来说,分子烹饪是利用科学的方法研究食物在制作过程中发生的分子、物理化学和结构的变化<sup>[1]</sup>。分子烹饪技术主要包括泡沫技术、胶囊球化技术、液氮技术、低温技术和烟熏技术等<sup>[2,3]</sup>。胶囊球化技术是分子烹饪的代表技术之一,其机理是海藻酸钠遇到钙离子会迅速发生离子交换,形成多维网络结构,生成海藻酸钙凝胶小球。将乳酸钙加入到海藻酸钠溶液中得到的是反向胶

囊,胶囊只是表面胶化,里面的仍然是液体状态<sup>[4]</sup>。到目前为止,对蔬菜胶囊制作工艺的研究鲜少报道。

菠菜又名波斯菜,富含类胡萝卜素、维生素、矿物质等多种营养素,具有保障营养、增进健康、增强抗病能力等作用<sup>[5]</sup>。本文采用反向胶囊球化技术制作了菠菜胶囊,考察海藻酸钠用量、乳酸钙用量、成型时间、胶囊体积、菠菜与水的质量比对菠菜胶囊的影响,采用感官评价和仪器评价来确定菠菜胶囊制作的最佳工艺,为胶囊技术研究提供一定的理论依据。

收稿日期:2016-05-21

基金项目:黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12541212)

作者简介:刘树萍(1982-),女,黑龙江双鸭山人,讲师,博士,研究方向:烹饪营养与分子烹饪。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与设备

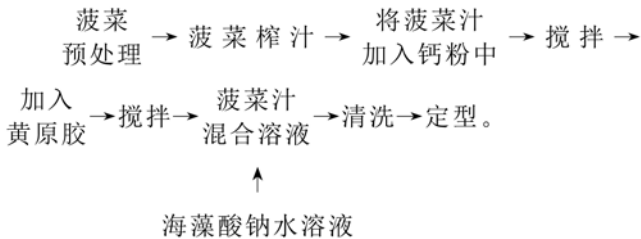
菠菜:哈尔滨市售商品;海藻酸钠、乳酸钙、黄原胶:购于天峰食品科技有限公司。

### 1.2 主要仪器设备

质构仪(TMS-pro) FTC 公司;电子天平(方瑞 JA 系列) 上海方瑞仪器有限公司;手持搅拌器(SD-038) 浙江中认检测技术服务有限公司;榨汁机(LBH-11CP1) 北京家用电器有限公司;量杯 河间市宇盛工艺有限公司;针管 深圳福鑫电子有限公司;量勺 浙江烘焙工具有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 工艺流程



将菠菜洗净,去梗,将菠菜与蒸馏水混合榨汁;量取 250 mL 菠菜汁,加入乳酸钙中,搅拌均匀,加入黄原胶,再次搅拌均匀;称取海藻酸钠放入烧杯中,加入 500 mL 蒸馏水,搅拌均匀;利用针管或量勺称量菠菜汁,将其滴入海藻酸钠中,保持一定时间;取出,放入清水中清洗,定型。

#### 1.3.2 单因素试验设计

在制作工艺条件相同的条件下,研究菠菜与水的质量比、海藻酸钠、乳酸钙、胶囊体积及成型时间对菠菜胶囊品质的影响,确定最优配比,见表 1。

表 1 单因素试验表

序号	A 菠菜与水质量比	B 海藻酸钠 (g)	C 乳酸钙 (g)	D 胶囊体积 (mL)	E 成型时间 (min)
1	1:6	4.5	1.5	0.5	1
2	1:8	5.0	2.0	1.0	5
3	1:10	5.5	2.5	2.5	10
4	1:12	6.0	3.0	5.5	15
5	1:14	6.5	3.5	7.0	20

#### 1.3.3 正交试验设计

在单因素试验基础上,设计四因素三水平的正交

试验。

### 1.4 感官评价方法

本实验在鉴评时由 10 名在感官方面比较敏感的人员组成鉴评小组,研究、讨论、确定品评术语及权重,再对专业感官品质进行综合评价。将样品分别用代号 1,2,3……9 号表示,评定人员单独进行评定。感官评价指标:根据产品的色泽、外观、口感和韧性等情况进行评分,评分标准见表 2。

表 2 感官评定标准

质量等级	评价指标			
	色泽	外观	口感	韧性
优(100~90)	色泽均匀,无杂质,呈绿色	晶莹透明,呈圆形或椭圆形	细嫩爽滑,轻咬有爆破感	韧性强,轻度压不坏
良(89~80)	色泽较均匀,有少许杂质,呈绿色	较透明,呈圆形或椭圆形	轻咬有一定的爆破感	有一定的韧性,轻压不易坏
中(79~70)	色泽不均匀,杂质多	不够透明,形状不太圆或椭圆	轻咬爆破感适中	韧性偏中,轻压较易坏
差(69~60)	色泽偏绿或不够绿,杂质稍多	透明度不好,形状不是圆形	轻咬爆破感不好	韧性差,轻压易坏
极差(<60)	色泽严重不均匀,杂质很多	不透明,呈蝌蚪状	几乎没有爆破感	韧性非常差

### 1.5 建立模糊综合评价数学模型<sup>[6]</sup>

#### 1.5.1 确定评价对象集 Y

评价对象集 Y 是研究中需要进行感官评价的产品的集合。 $Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9\}$ ,  $Y_1 \sim Y_9$  分别代表本研究中  $L_9(3^1)$  正交试验制作的 9 个菠菜胶囊样品,用  $Y_j$  表示 9 个样品的综合评价,其中  $j=1,2,3 \dots 9$ 。

#### 1.5.2 确定评价因素集 U

评价因素集 U 是研究产品的感官质量的构成因素的集合。 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ ,  $U_1 \sim U_4$  分别代表本研究中色泽、外观、口感及韧性 4 个评价指标,即  $U_1$  表示色泽,  $U_2$  表示外观,  $U_3$  表示口感,  $U_4$  表示韧性。

#### 1.5.3 确定评价等级集 V

评价等级集 V 为描述每个因素的评价集合。 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ , 本研究中  $V_1$  代表优等,  $V_2$  代表良好,  $V_3$  代表中等,  $V_4$  代表差,  $V_5$  代表极差。

### 1.5.4 确定评价权重集 X

评价权重实际上就是各因素的重要程度。一般来说,菜肴的色泽、外观、口感及韧性对菠菜胶囊的重要程度是不同的。根据各因素的权重值确定权重集  $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\} = \{0.258, 0.282, 0.230, 0.230\}$ 。

### 1.6 仪器评价

采用 TMS-pro 物性仪进行测定,每种样品测定 3 次,取平均值。测定的参数如下:测试前速度为 30 mm/min,测试速度为 60 mm/min,下行距离为 15 mm,形变百分量为 30%,探头类型为圆柱形平底探头,测定结果主要取破裂力、破裂力的位移、硬度、粘附性、胶黏性。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单因素试验结果

采用反向胶囊技术研究了菠菜与水的质量比、海藻酸钠用量、乳酸钙用量、胶囊体积及成型时间 5 个单因素,确定最佳的单因素试验条件。菠菜与水的质量比对菠菜胶囊的影响见图 1。

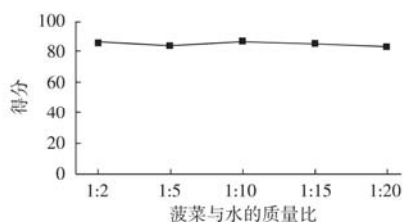


图 1 菠菜与水的质量比对菠菜胶囊的影响

菠菜与水的质量比为 1:10 时获得的胶囊质量最佳。在 5 个试验条件下,胶囊的综合评分变化不明显,说明菠菜与水的质量比对菠菜胶囊的制作影响不大,所以该因素不参与正交试验的设计。海藻酸钠用量对菠菜胶囊的影响见图 2。

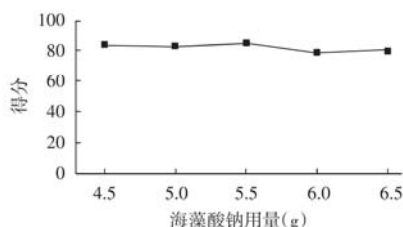


图 2 海藻酸钠用量对菠菜胶囊的影响

海藻酸钠用量为 5.0 g 时制作出的菠菜胶囊最好。该条件下的菠菜胶囊晶莹透明,色泽均匀,无杂质,弹性

好;而海藻酸钠用量过多时,菠菜胶囊色泽不均匀,含杂质多;当其用量偏少时,菠菜胶囊韧性差,轻度挤压易破裂。乳酸钙用量对菠菜胶囊的影响见图 3。

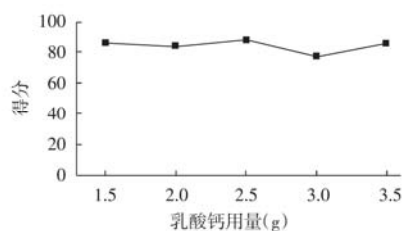


图 3 乳酸钙用量对菠菜胶囊的影响

乳酸钙用量为 2.5 g 时制作出的菠菜胶囊效果最好。该条件下的菠菜胶囊细嫩爽滑,轻咬有爆破感,而乳酸钙用量过多时,菠菜胶囊较硬,爆破感差;当其用量偏少时,菠菜胶囊不易成型,且一压即破。胶囊体积对菠菜胶囊的影响见图 4。

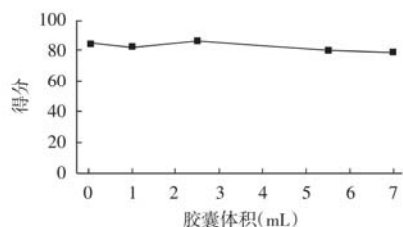


图 4 胶囊体积对菠菜胶囊的影响

胶囊体积为 2.5 mL 时制作出的菠菜胶囊效果最好。该条件下的菠菜胶囊晶莹透明,外观圆润饱满;而制作体积较小时,其形状如蝌蚪,美感不足;当其体积较大时,不易成型,呈扁平状。成型时间对菠菜胶囊的影响见图 5。

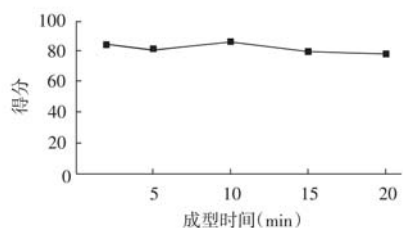


图 5 成型时间对菠菜胶囊的影响

成型时间为 10 min 时制作出的菠菜胶囊效果最好。该条件下的菠菜胶囊弹性极大,易保存;而成型时间偏长时,其韧性差,轻度挤压不易变形;当成型时间过短时,易破裂。

### 2.2 正交试验结果

反向菠菜胶囊的关键因素是海藻酸钠用量、乳酸钙用量、成型时间及胶囊体积,各个因素在制作过程中

相互影响、相互制约。因此,为了更好地考察试验因素,确定最佳工艺要素,以单因素试验为基础,使用 5.0 g 海藻酸钠、2.5 g 乳酸钙、10 min 成型时间及 2.5 mL 胶囊体积为基准设计正交试验,见表 3。

表 3 反向菠菜胶囊正交试验因素水平表

因素 水平	A 海藻酸钠 (g)	B 乳酸钙 (g)	C 成型时间 (min)	D 胶囊体积 (mL)
1	A <sub>1</sub> (4.8)	B <sub>1</sub> (2.3)	C <sub>1</sub> (8)	D <sub>1</sub> (1.25)
2	A <sub>2</sub> (5.0)	B <sub>2</sub> (2.5)	C <sub>2</sub> (10)	D <sub>2</sub> (2.5)
3	A <sub>3</sub> (5.2)	B <sub>3</sub> (2.7)	C <sub>3</sub> (12)	D <sub>3</sub> (5.0)

### 2.2.1 感官评价结果

由 10 名感官评价员对 9 个菠菜胶囊按色泽、外观、口感及韧性进行逐一评价,汇总评定结果,见表 4。

表 4 感官评定结果汇总

试验 组合	色泽					外观					口感					韧性				
	优	良	中	差	极差	优	良	中	差	极差	优	良	中	差	极差	优	良	中	差	极差
1号	4	4	2	0	0	1	3	5	0	1	0	5	4	1	0	0	5	4	1	0
2号	1	9	0	0	0	0	6	3	1	0	0	4	4	2	0	1	5	4	0	0
3号	3	6	1	0	0	6	4	0	0	0	1	7	2	0	0	2	7	1	1	0
4号	7	3	0	0	0	7	3	0	0	0	1	8	1	0	0	3	6	1	0	0
5号	3	5	1	0	1	1	5	3	1	0	1	5	2	1	1	1	5	2	2	0
6号	4	5	1	0	0	0	5	4	1	0	0	8	1	1	0	1	6	2	1	0
7号	9	1	0	0	0	9	1	0	0	0	8	2	0	0	0	8	2	0	0	0
8号	3	5	1	1	0	7	2	1	0	0	2	6	2	0	0	4	6	0	0	0
9号	3	6	0	1	0	0	5	3	1	1	0	4	4	1	1	0	5	3	1	1

#### 2.2.1.1 建立模糊矩阵

将 9 个菠菜胶囊的数据分别除以品评总人数 10 人,得到 9 个模糊评判矩阵,分别对应 1~9 号实验。

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0 & 0.1 \\ 0 & 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.7 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_4 = \begin{pmatrix} 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.8 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_5 = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0.1 \\ 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_6 = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_7 = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_8 = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$R_9 = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.6 & 0 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix}。$$

#### 2.2.1.2 计算综合隶属度

依据模糊变换原理,用矩阵乘法计算样品对各类因素的综合隶属度  $Y_j = X \cdot R_j$ 。例如对 1 号样品进行评价,并归一化:

$$Y_1 = X \cdot R_1 = (0.258, 0.282, 0.230, 0.230)$$

$$\begin{pmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0 & 0.1 \\ 0 & 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} =$$

(0.1314, 0.4178, 0.3766, 0, 0)。按照此方法对各个样品的评分结果进行综合分析得到评判结果  $Y_j$ , 见表 5。

表 5 综合评判结果

$Y_j$	评分结果
$Y_1$	(0.1314, 0.4178, 0.3766, 0.0460, 0.0282)
$Y_2$	(0.0488, 0.6084, 0.2686, 0.0742, 0)

续 表

Y <sub>j</sub>	评分结果
Y <sub>3</sub>	(0.3156, 0.5896, 0.0948, 0.0)
Y <sub>4</sub>	(0.4700, 0.4840, 0.0460, 0.0)
Y <sub>5</sub>	(0.1516, 0.5000, 0.2024, 0.0972, 0.0488)
Y <sub>6</sub>	(0.1262, 0.5920, 0.2076, 0.0742, 0)
Y <sub>7</sub>	(0.8540, 0.1460, 0.0, 0)
Y <sub>8</sub>	(0.4128, 0.4614, 0.1000, 0.0258, 0)
Y <sub>9</sub>	(0.0774, 0.5028, 0.2456, 0.1000, 0.0742)

由表 4 和表 5 可知,7 号样品是评价最好的,即海藻酸钠用量为 5.2 g,乳酸钙用量为 2.3 g,胶囊成型时间为 12 min,胶囊体积为 1.25 mL,菠菜胶囊色泽均匀,无杂质,呈明亮的翠绿色;外观呈球形,晶莹透明;口感上细嫩爽滑,轻咬有爆破感;而且具有一定的韧性。

为了区分 4 个因素对菠菜胶囊影响力的大小,对表 5 中的数据进一步加以处理。将表 5 中的结果分别乘以其对应的分值(优、良、中、差、极差依次赋予分值 90,80,70,60,50 分),并进行加和,最后可得出每个样品的总得分<sup>[7]</sup>,见表 6。

表 6 正交试验结果

因素 水平	A 海藻酸钠 (g)	B 乳酸钙 (g)	C 成型时间 (min)	D 胶囊体积 (mL)	得分
1	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	75.782
2	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	76.318
3	A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	82.208
4	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	84.24
5	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	76.084
6	A <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	77.702
7	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	88.54
8	A <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	82.612
9	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	74.092
K <sub>1</sub>	78.103	82.854	78.699	83.020	
K <sub>2</sub>	79.342	78.338	78.217	80.853	
K <sub>3</sub>	81.748	78.001	82.277	75.319	
R	3.645	4.853	4.060	7.701	

由表 6 可知,得分最高的是 7 号样品,制作工艺条件为 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub>,即:海藻酸钠用量为 5.2 g,乳酸钙用量为 2.3 g,胶囊成型时间为 12 min,胶囊体积为 1.25 mL。通过表 6 中数据计算 K<sub>1</sub>,K<sub>2</sub>,K<sub>3</sub> 和 R 值,R 值越大,表明该因素对胶囊的影响力越大。显然这 4 个单因素对菠菜胶囊工艺制作的影响大小依次为 D>B>C>A。4 个因素中胶囊体积和乳酸钙用量对整个菠菜胶囊工艺制作的影响较为显著,其中影响力最大的是胶囊体积,海藻酸钠的用量是影响力最小的。

### 2.2.2 仪器评价结果

为了更准确地收集胶囊的弹性、破裂力等数据,利用质

附性及胶黏性进行了测定,数据结果见表 7 和图 6。

表 7 反向菠菜胶囊的质构数据

试验 序号	破裂力 (N)	破裂力时的 位移(mm)	硬度 (N)	粘附性 (mJ)	胶黏性 (N)
1号	0.67	0.14	0.67	0.0021	0.03
2号	0.45	0.14	0.56	0.0038	0.12
3号	0.52	0.39	0.52	0.0074	0.18
4号	0.79	0.16	0.79	0.0045	0.18
5号	1.35	2.44	1.38	0.0906	0.5
6号	0.45	0.1	0.56	0.0036	0.09
7号	1.16	0.31	1.16	0.0061	0.36
8号	0.6	0.21	0.6	0.0051	0.08
9号	0.37	0.18	0.41	0.0131	0.06

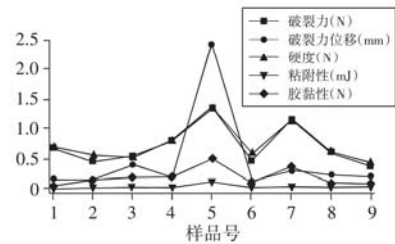


图 6 反向菠菜胶囊的质构图谱

由表 7 和图 6 可知,5 号样品的数据均达到最大值,即海藻酸钠用量 5.2 g,乳酸钙用量 2.3 g,成型时间 12 min,胶囊体积 1.25 mL 的条件下制作出的菠菜胶囊的破裂力、位移、硬度、粘附性及胶黏性均呈现最大值。可能是因为该条件下的菠菜胶囊成型时间长,胶囊的韧性最大,硬度也达到最大,所以破裂力最大,其破裂力的位移也最大。在海藻酸钠用量为 5.2 g,乳酸钙用量为 2.3 g,胶囊成型时间为 12 min,胶囊体积为 1.25 mL 的条件下制作出 7 号菠菜胶囊,其测试数据介于最大值与最小值之间,表明适当的硬度、粘附性和胶黏性才会获得最佳的感官评价。

### 3 结论

本实验采用单因素试验和正交试验方法,系统地研究了反向菠菜胶囊的制作工艺。通过对菠菜与水的质量比、海藻酸钠用量、乳酸钙用量、胶囊体积及成型时间 5 个单因素进行单因素试验,确定最佳的单因素试验条件,然后选择海藻酸钠用量、乳酸钙用量、胶囊体积及成型时间 4 个因素进行了正交试验。研究发现:反向菠菜胶囊的最佳制作工艺为海藻酸钠用量 5.2 g,乳酸钙用量 2.3 g,成型时间 12 min,胶囊体积 1.25 mL。4 个因素的影响顺序由大到小为胶囊体积、乳酸钙用量、成型时间、海藻酸钠用量。仪器评价结果

### 2.2.4 最佳工艺的预测与验证

利用 Design-Expert 8.0 软件得到的最佳反应条件为料液比 1 : 2.86, 起始 pH 6.94, 反应温度 50.23 °C, 反应时间 6.26 h, 鲑鱼下脚料的水解度为 29.34%。为了验证模型的有效性, 固定提取条件在优化条件下进行验证试验, 3 次平行试验所得鲑鱼下脚料的水解度均值为 29.14%, 与预测值间的相对误差为 0.68%, 表明响应面分析法得出的最佳工艺参数合理可行。酶解产物经冷冻浓缩后, 呈淡黄色或黄色, 带有鱼香味。

## 3 结论

采用风味蛋白酶协同复合蛋白酶处理鲑鱼下脚料, 通过单因素试验和响应面分析法优化酶解工艺, 得到最佳工艺参数为料液比 1 : 2.86, 起始 pH 6.94, 反应温度 50.23 °C, 反应时间 6.26 h。此工艺条件下可达到较高的水解度, 有助于实现鲑鱼下脚料的高效利用。

参考文献:

- [1] 周家萍, 张文涛, 孟梦, 等. 鲑鱼水溶性蛋白的提取及其挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2015, 36(8): 12-18.
- [2] 吴奇子, 陈雪, 刘欢, 等. 船冻和岸冻对鲑鱼贮藏鲜度的影响[J]. 食品科技, 2015(2): 169-173.
- [3] 郑平安. 鲑鱼储藏期品质的变化及加工过程中风味的研

究[D]. 宁波: 宁波大学, 2013.

- [4] 郑捷, 柳亚静, 刘学勤, 等. 带鱼下脚料酶解液中挥发性成分分析[J]. 食品工业, 2012(7): 75-78.
- [5] Adibi S A. Intestinal phase of protein assimilation in man[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1976, 29(2): 205-220.
- [6] 刘红, 杨荣华, 王宏海, 等. 鲑鱼蛋白酶解液制备肉味香精工艺[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(7): 115-117.
- [7] 张陆霞, 管于平, 姜玮, 等. 鳕鱼排蛋白水解及其营养风味型美拉德反应产物的制备[J]. 食品与发酵工业, 2010(10): 70-74.
- [8] 徐星, 翁雯, 刘红, 等. 自制鳊鱼肉味香精特征香气成分的分析[J]. 中国调味品, 2012, 37(9): 105-109.
- [9] 熊何健, 操龙飞, 鄢庆枇, 等. 罗非鱼鱼排蛋白酶解液美拉德反应生香工艺优化研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(5): 58-67.
- [10] 刘安军, 柳亚静, 郑捷, 等. 美拉德反应制备带鱼香精的研究[J]. 现代食品科技, 2012(1): 39-42.
- [11] 薛力荔, 杨胜荣, 朱秋劲. 菠萝蛋白酶和 TG 酶对猪肉水解度、失水率的影响[J]. 食品工业科技, 2011(9): 134-137.
- [12] 汤尧, 张文涛, 高凯, 等. 人工干制树上干杏的防褐变研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 269-274.
- [13] 王梅英, 陈慧斌, 陈军. 响应面法优化超声波辅助提取岩茶总黄酮工艺研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 327-330.

(上接第 14 页) 粘附性为 0.0061 mJ, 胶黏性为 0.36 N。在此条件下制备的胶囊外观呈球形, 晶莹透明, 色泽均匀, 呈明亮的翠绿色, 口感上细嫩爽滑, 而且具有一定的韧性。

参考文献:

- [1] César Vega, Job Ubbink. Molecular gastronomy: a food fad or science supporting innovative cuisine [J]. Trends in Food Science Technology, 2008, 19(7): 372-382.
- [2] 刘树萍, 杜险峰, 崔震昆. 分子烹饪的研究现状及发展前景[J]. 科技视界, 2014(36): 25-26.
- [3] Peter Barham, Leif H Skibsted, Wender L P Bredie, et al.

Molecular gastronomy: a new emerging scientific discipline [J]. Chem. Rev., 2010, 110(4): 2312-2365.

- [4] 苏扬. 分子烹饪原理及常用方法探讨[J]. 四川烹饪高等专科学校学报, 2010(3): 26-29.
- [5] 李文馨, 邓力, 闫勇, 等. 基于成熟值理论的菠菜油炒过程品质变化动力学研究[J]. 食品科技, 2015(8): 101-108.
- [6] 周利茗, 罗松明, 张志清. 模糊数学方法应用于麦麸香茶研制[J]. 食品科学, 2013(17): 61-64.
- [7] 杜险峰, 刘树萍, 石长波, 等. 模糊数学综合评判法在滑炒鸡丝工艺中的应用[J]. 中国调味品, 2014, 39(10): 115-119.