

研究简报

# 影响琼胶质和量的工艺因素\*

## PROCESSING FACTORS OF IMPACT ON AGARIC QUALITY AND QUANTITY

杨鸣玉

(湛江水产学院, 524025)

Yang Mingyu

(Zharjiang Fishery College, 524025)

关键词 琼胶, 工艺因素

KEYWORDS agar, processing factor

用海藻制造琼胶已有多年历史。在生产过程中,产品质量随着工艺的因素不同而不同,往往出现产品的质与量相矛盾。如凝胶强度大,生产周期也短,但产率不高,或色泽不好等;反之亦然,产率高,但凝胶强度小或周期长等。目前,研究问题的焦点在于寻找优质又高产的琼胶生产的最佳工艺。这方面的研究已有多年,且颇有成效。但是,各自研究的结论不相同。

引起研究结论不相同的原因是多方面的,其中一个重要原因,没有将影响质量的多因素综合起行进行研究,而是将诸因素分离为单个因素进行研究。将诸因素综合起来进行研究困难在于出现大量的实验组合次数。如考虑二个因素三个水平,实验组合次数为 $3^2$ ,而考虑五个因素三个水平,实验组合次数为 $3^5$ (即243)。实验组合次数越多,实验难度越大。本文采用正交实验方法,选用五个因素三个水平进行研究,试验次数只有18次,它既可以使影响琼胶质量的工艺因素综合起来,又能使实验次数大大减少,实验的正确性都与 $3^5$ 组合次数一样。通过实验得到质量指标各自的最佳工艺,而且以等级计分综合法求得优质高产又短周期的琼胶最佳工艺。

### 正交试验法

正交试验方法是一种科学地安排分析多因素多水平的试验方法。进行正交试验必须选出研究指标及影响指标的因素水平,然后安排试验和分析试验结果。

反映质量状况的指标,一般采用凝胶强度、产率、色泽和生产周期。显然凝胶强度大、产率高、色泽好和周期短的工艺为最佳工艺,本文选出其中五个因素三个水平(见表1)。

根据正交原理,对于五个因素三个水平和四个指标,一般采用正交表中 $L_{18}(3)^4$ 。其中, $L$ —正交表、18—试验次数、3—因素的三个水平和4—安排最多的试验因素。

\* 参加本实验的人员有杨志娟、易向清、车海青和陈香梅,谨此致谢。

收稿年月:1992年10月;1993年1月修改。

表 1 试验因素和水平  
Table 1 Factor and level of experiment

水 平	因 素				
	泡碱时间(h) (A)	泡碱浓度(%) (B)	泡碱温度(°C) (C)	原料种类 (D)	有效氯浓度(%) (E)
1	4	15	65	越南细基江篱	0.026
2	7	20	75	海南细基江篱	0.052
3	10	25	85	广西江篱	0.078

按上述正交表的试验顺序和五个因素的三个水平不同组台情况进行试验(见表2)。

表 2 琼胶的指标和因素  
Table 2 Index and factor of agar

次数	试 验 因 素					色 泽 颜色	泽 光 光泽	评 分	凝胶强度 (g/cm <sup>2</sup> )	产 率 (%)	周 期 (h)
	A	B	C	D	E						
1	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	灰白	稍亮	50.0	163	20.0	10.33
2	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	较白	稍亮	62.5	587	11.5	10.42
3	A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	白	稍亮	75.0	383	10.0	10.16
4	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	较白	较亮	75.0	494	24.0	13.91
5	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	白	不亮	62.5	153	11.5	13.22
6	A <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	灰白	稍亮	50.5	683	14.0	13.20
7	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	较白	稍亮	62.5	551	10.4	16.16
8	A <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	较白	稍亮	62.5	371	11.5	16.17
9	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	较白	较亮	75.0	371	10.6	16.37
10	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	较白	稍亮	62.5	474	10.6	10.17
11	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	较白	稍亮	62.5	355	14.0	10.22
12	A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	较白	亮	87.5	201	14.5	10.42
13	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	较白	较亮	75.0	163	15.8	13.33
14	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	灰白	较亮	62.5	143	11.6	13.25
15	A <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	白	亮	100.0	429	11.2	13.50
16	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	白	较亮	87.5	431	15.4	16.17
17	A <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	白	较亮	75.0	313	14.1	16.33
18	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	灰白	不亮	37.5	143	15.8	16.58

注 由目测评分而得,将颜色和光泽各分四级,每级25分,共100分,评分值是它们两项的平均值。如第一次实验得颜色为灰白,光泽为稍亮,各得50分,平均为50分。

根据表 2 的试验顺序与其相应的五个因素三个水平的不同组合进行试验 18 次。试验的工艺流程:原料预处理→泡碱→清洗至中性→泡清水→漂白→漂洗至中性←泡清水→沥水→煮胶→分次过滤→装盘冷冻脱水→解冻→晒干→成品

各次试验都不加添加剂,漂白液的 pH 在 3~4 之间,漂白时间均为 5 分钟左右。试验都重复二次,各指标值取平均值。

将成品的指标值填入表 2 琼胶质量指标一栏。

## 结果与最佳工艺

### (一) 试验结果

1. 不同因素的不同水平组合对琼胶质量的各指标影响不同。如凝胶强度为例,泡碱时间(A<sub>1</sub>),

$\Sigma A_1 = 2260$ , 为 A 因素组最大值。泡碱浓度 ( $B_2$ ),  $\Sigma B_3 = 2303$ , 为 B 因素组最大值。泡碱温度 ( $C_3$ ),  $\Sigma C_2 = 2489$ , 为 C 因素组最大值。品种 ( $D_2$ ),  $\Sigma D_2 = 2606$ , 为 D 因素组最大值。有效氯浓度 ( $E_1$ ),  $\Sigma E_3 = 2302$ , 为 E 因素组最大值。显然, 凝胶强度的最优工艺因素组合为  $A_1 B_2 C_3 D_2 E_3$ 。以相同的分析得到产率、色泽和生产周期的最优工艺因素组合分别为  $A_2 B_1 C_1 D_2 E_1$ 、 $A_2 B_1 C_1 D_2 E_3$  和  $A_1 B_2 C_3 D_2 E_3$  (见表 3)。

表 3 指标因素水平总和值  
Table 3 Sum factor and level of index

因素	水平	指 标			
		凝胶强度(g/cm <sup>2</sup> )	产率(%)	色泽(分)	周期(h)
$\Sigma A$	1	2260	80.0	400.0	61.72
	2	2070	88.1	425.0	80.41
	3	2180	77.8	400.0	97.74
$\Sigma_{max} - \Sigma_{min}$		190	10.3	25.0	36.02
$\Sigma B$	1	2285	95.6	412.5	80.07
	2	1922	74.2	387.5	79.61
	3	2303	76.1	425.0	80.19
$\Sigma_{max} - \Sigma_{min}$		381	21.4	37.5	0.58
$\Sigma C$	1	2125	93.9	437.5	80.62
	2	1896	79.5	387.5	80.13
	3	2489	72.5	400.0	79.12
$\Sigma_{max} - \Sigma_{min}$		593	21.4	50.0	1.50
$\Sigma D$	1	2038	85.8	325.0	79.74
	2	2606	88.1	475.0	80.59
	3	1866	72.0	425.0	79.34
$\Sigma_{max} - \Sigma_{min}$		740	16.1	150.0	1.25
$\Sigma E$	1	1992	89.9	400.0	79.78
	2	2216	83.5	375.0	80.66
	3	2302	72.5	450.0	79.43
$\Sigma_{max} - \Sigma_{min}$		310	17.4	75.0	1.28
最佳工艺因素		$D_2 C_3 B_2 E_3 A_1$	$B_1 C_1 E_1 D_2 A_2$	$D_2 E_3 C_1 B_2 A_2$	$A_1 C_3 D_2 E_3 B_2$

2. 不同因素不同水平对琼胶质量影响的程度不同。以凝胶强度为例进行分析, 从表 3 看出: 各因素各水平的总和值按大小顺序排列为  $D_2 > C_3 > B_2 > E_3 > A_1$ , 说明其影响程度也以这排列的次序, 即品种 ( $D_2$ ) 对凝胶强度影响最大, 泡碱时间影响为最小。同样分析方法得到产率、色泽和生产周期影响程度大小的次序分别为  $B_1 > C_1 > E_1 > D_2 = A_2$ 、 $D_2 > E_3 > C_1 > B_3 = A_2$  和  $A_1 > C_3 > D_2 > E_3 > B_2$ 。

影响程度的大小也可以从分析因素水平的最大值与最小值之差得到。如果其差值越大, 说明影响程度也越大。以凝胶强度而言, 它们的差值从最大到最小顺序与上述相同, 即  $D_2 > C_3 > B_2 > E_3 > A_1$ , 因为  $\Sigma D_2 - \Sigma D_3 = 740$ ,  $\Sigma A_1 - \Sigma A_2 = 190$  (见表 3)。这说明影响凝胶强度最主要的因素为品种, 其次为泡碱时间, 即品种这个因素引起凝胶强度的变化大于其它工艺因素, 当然其它因素也不可忽视。但对于提高产率或缩短周期或改良色泽性状, 其考虑的重点与提高凝胶强度不相同 (见表 3)。如要提高产率首先是泡碱浓度, 其次是泡碱温度。

为了翻阅方便, 习惯上把各因素水平最佳的组合依作用大小不同的顺序排列, 左大右小, 如对凝胶强度而言, 写成  $D_2 C_3 B_2 E_3 A_1$ , 产率、色泽和周期的最佳工艺因素排列分别为  $B_1 C_1 E_1 D_2 A_2$ 、 $D_2 E_3 C_1 B_2 A_1$  和  $A_1 C_3 D_2 E_3 B_2$  (见表 3)。

## (二)最佳工艺因素

从表3看出:各指标的最佳工艺因素水平都是不相同的,即凝胶强度的最佳工艺因素水平,不是产率、色泽、生产周期的最佳工艺因素水平。因此,寻找到一个既优质又高产的工艺因素水平是非常重要的。

为了求得最佳工艺,将表2中的各指标值都变为相对量,方法是用总值除以各值,但其中生产周期为(100-子值)/总值求得。同时,从经济效益出发,上述四个指标的权数不同,它们的权数( $b_j$ )分别为0.35、0.30、0.20和0.15(见表4)。

表4 质量综合评判计算值(%)

Table 4 Computational value of synthetic judgement to quality

次数	因素	水平	凝胶强度	产率	色泽	周期
1	ΣA	1	6.9	6.5	6.5	12.7
		2	6.4	7.2	6.9	6.5
		3	6.7	6.3	6.5	0.7
2	ΣB	1	7.0	7.8	6.7	6.6
		2	5.9	6.0	6.3	6.8
		3	7.1	6.2	6.9	6.6
3	ΣC	1	6.5	7.6	7.1	6.4
		2	5.8	6.5	6.3	6.6
		3	7.6	5.9	6.5	6.9
4	ΣD	1	6.3	7.0	5.6	6.7
		2	8.0	7.2	7.8	6.5
		3	5.7	5.9	6.9	6.9
5	ΣE	1	6.1	7.3	6.5	6.7
		2	6.8	6.8	6.1	6.4
		3	7.1	5.9	7.3	6.8
权数( $b_j$ )			0.35	0.30	0.20	0.15

考虑到各因素的不同水平对琼胶质与量的影响程度不同,分别给予等级计分。一共分为五个等级计分,影响最大者计5分,最小者计1分。如凝胶强度最佳工艺因素为 $D_2C_3B_3E_3A_1$ ,各因素水平分别为5、4、3、2、1,即 $D_2$ 得5分…… $A_1$ 得1分;同理求得其它指标的最佳工艺因素水平的不同等级分值。(见表5)。

表5 各因素等级计分值

Table 5 Grade computational value of factor

指 标	最 佳 工 艺 因 素					各 因 素 得 分				
	$D_2$	$C_3$	$B_3$	$E_3$	$A_1$	A	B	C	D	E
凝胶强度	$D_2$	$C_3$	$B_3$	$E_3$	$A_1$	1	3	4	5	2
产 率	$B_1$	$C_1$	$E_1$	$D_1$	$A_1$	1	5	4	2	3
色 泽	$D_2$	$E_3$	$C_1$	$B_3$	$A_1$	1	2	3	5	4
周 期	$A_1$	$C_3$	$D_3$	$E_3$	$B_1$	5	1	4	3	2

显然,各指标因素水平等级总分值最大,即是最佳工艺因素水平。把上述各因素水平等级总分值和各指标数量综合值结合起来求最佳工艺,称之为等级计分综合法。做法如下:

1. 计算各因素水平的等级总分。将表5中各指标的相同因素、相同水平的等级分值相加就是等级

总分值。如  $D_2$ , 对于凝胶强度而言, 它的作用比其它因素水平的作用都大得5分, 对产率, 它的作用较差得2分, 对色泽的作用也是最大得5分, 对生产周期没有出现则没有分, 于是, 它的等级总分得12分。同理, 计算其它各指标的因素水平等级总分按大小顺序  $D_2$ 、 $E_3$ 、 $C_2$ 、 $C_1$ 、 $A_1$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $D_3$ 、 $E_2$ 、 $A_2$  和  $B_2$  分别为12、8、8、6、5、5、3、3、2和1。显然, 各因素水平的等级总分值越大, 对琼胶的优质高产越有利。把总分值的最大值的因素水平组合在一起, 即是优质高产的最佳工艺因素水平组合, 就是  $D_2E_3C_2A_1B_1$  或  $D_2E_3C_2A_1B_1$ 。

2. 验证。如果上述两组都是最佳工艺因素水平, 则它们对琼胶的四项指标的综合数量总值是相等, 同时比列入表3中各自的最佳工艺因素水平的综合数量总值都大。为此采用计算综合数量总分值  $S_K$ , 其计算公式如下:

$$S_K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x \cdot b_j$$

式中,  $S_K$ —综合数量总分值,  $x$ —各指标值,  $b_j$ —各指标权数,  $K=6$ (项目数),  $i=5$ (因素),  $m=4$ (指标数)。

将表4中的  $x$  和  $b_j$  的值代入  $S_K$  公式, 求得  $S_K$  的各值(见表6)。

表6 各工艺  $S_K$  值  
Table 6  $S_K$  value of processing

K	指 标	工 艺 因 素 组 合					综合总分值( $S_K$ )
1	凝胶强度	$D_2$	$C_2$	$B_1$	$E_3$	$A_1$	35.30
2	产 率	$B_1$	$C_1$	$E_1$	$D_3$	$A_2$	35.05
3	色 泽	$D_2$	$E_3$	$C_1$	$B_2$	$A_2$	34.52
4	周 期	$A_1$	$C_2$	$D_3$	$E_3$	$B_2$	33.46
5	综合(I)	$D_2$	$E_3$	$C_2$	$A_1$	$B_3$	35.30
6	综合(II)	$D_2$	$E_3$	$C_2$	$A_1$	$B_1$	35.70

从表6看出:  $D_2E_3C_2A_1B_1$  的综合总分值为最大, 它就是琼胶优质高产的最佳工艺因素, 即为海南细基江篱为原料、有效氯浓度为0.078%、泡碱温度为85°C、泡碱时间为4小时和泡碱浓度为15%。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院数学研究所编, 1979. 常用数理统计表, 52. 科学出版社(京)。
- [2] 正交试验法编写组编, 1976. 正交试验法, 1—25. 国防工业出版社(京)。
- [3] 司马发, 1990. 两种常用漂白剂对江篱和鸡毛藻琼胶质与量影响的研究. 湛江水产学院学报, 10(2): 72—80.
- [4] 史升耀等, 1982. 江篱琼胶研究II, 碱处理对琼胶质与量影响. 水产学报, 2(6): 51—58.