

拌均匀、经1h后,脱酸过程基本完成,pH值变化很小,因此,脱酸时间选定为1h。

4.3 同一种水果汁、加入到牛乳或豆乳中、达到预期效果所需的pH值不尽相同,如香蕉汁和橙汁分别与牛乳和豆乳混合所需的pH值均为5.7和5.5;而菠萝汁和蕃茄汁则分别为5.0、5.4和5.0、6.0。因此在制造此类饮料时,必须经过试验,确定果汁或蔬菜汁应脱酸程度,以避免凝聚沉淀现象的发生。

4.4 为了降低壳聚糖脱酸的成本,脱酸后分离出来的壳聚粉应回收处理、重复使用。再生方法是把1kg用过的壳聚糖加入到1kg 1:1异丙醇和1mol/L NaOH(或KOH)的混和液中去,在室温下搅拌15 min、离心分离,液体循环使用,

壳聚糖用80~90℃热水洗至中性、离心脱水、然后在80℃中真空干燥备用。这样处理的壳聚糖可重复使用50次,脱酸活性不变。

### 参考文献

- 1 林伟忠.咖啡等饮料的新方法.食品科学,1988,12.
- 2 曹惠兴.乳粉生产基本知识.轻工业出版社,1984.
- 3 洪有生.含乳果汁饮料稳定性问题探讨.食品科学,1994,2.
- 4 张光颖等.固定化酵母连续发酵生产香蕉酒的研究.食品与发酵工业,1992,4.
- 5 周奇文等.混合饮料的制法.食品加工新技术(6),中国食品出版社.
- 6 带果肉蕃茄汁的试验与研究.食品科学,1987,8.

## 月饼皮配方设计的研究

吴文惠 包 斌 李印所 内蒙古农牧学院食品工程系 010016

**摘要** 以影响月饼皮质量的加糖量、加油量、用水量和乳化剂的用量为正交试验的4个因素,建立 $L_{16}(4^4)$ 组合。承压力、剪切力和密度做为月饼皮的定量评价指标,采用模糊数学的方法对最终实验结果进行评判。

**关键词** 承压力 剪切力 密度 模糊综合评价

### 1 前言

月饼做为一种传统的焙烤食品,其花种类繁多,无论是哪种月饼,对它的质量要求可分3个方面,即感官指标、理化指标和卫生指标。对感官指标来说,由于受到检测仪器的限制,目前还没有确切的直接或间接的定量指标来对此进行评价,为此,本文以承压力、剪切力、容重和模糊综合评价来定量评价月饼皮的质量,以确定月饼皮的合理配方。同时,更重要的是为其它食品的研究和开发提供新思路。

### 2 材料与方法

#### 2.1 正交试验设计组合的建立

实验过程中选择影响成品质量较大或拟定

的项目做为正交试验的设计因素,根据理论分析和实际工艺情况确定各因素的水平范围和具体具体水平数。本实验以月饼皮中的加糖量、加油量、用水量和乳化剂的添加量为正交试验的4个因素,每个因素选定4水平,建立正交试验 $L_{16}(4^4)$ 组合,表头设计如表1。

表1  $L_{16}(4^4)$  正交试验的因素和水平

因素	水 平 (%)			
	1	2	3	4
加糖量 ( $X_1$ )	30	35	40	45
加油量 ( $X_2$ )	38	36	34	32
用水量 ( $X_3$ )	24	26	28	30
乳化剂 ( $X_4$ )	0	0.5	1.0	1.5

注:乳化剂为分子蒸馏单甘酯(含量98%)

#### 2.2 评价指标的确定

产品的感观质量如果能用确定的指标来衡量时,将会给生产以至于销售、管理等带来诸多方便。但事实上,绝大多数食品的感观质量都是靠定性描述来体现的,很显然,这种评价方法有其不完善性。本文在分析了月饼皮的结构、色泽的形成机理、咀嚼感和呈香机理等诸多方面后,确定了3个定量指标做为衡量月饼皮质量的最终指标,采用模糊数学的方法进行分析以得到最终结果。

### 2.2.1 承压力

用PY-1型允许膨胀压缩仪测定承压力。当作用于月饼两侧的力足够大时,月饼皮的强度抵抗不住膨胀仪对其所施加的压力时,月饼皮开裂、此时膨胀仪的指针达最大,此时的最大作用力即为月饼皮的承压力。在一定范围内,当承压力愈小时,月饼皮质量愈好。当月饼皮结构紧密而不酥松时,刚性较大,表现出承压力大。同时,工艺操作的成型、烘烤、冷却等都对承压力有影响。

### 2.2.2 剪切力

用C-2M型剪切仪测量剪切力。取1cm×1cm大小月饼皮一块,置于剪切仪刀口处,开动剪切仪,月饼皮被剪切后,剪切仪指针最大处,即为此月饼皮的剪切力。当月饼皮内颗粒和颗粒之间的作用力适宜,有恰当的微小间隙时,剪切力较小,剪切力在一定范围内愈小时,表示咀嚼时的作用力愈小,体现出较好的适口性。月饼生产过程中各工序对剪切力的大小都有影响。

### 2.2.3 密度

用排开体积法测密度。当月饼皮的淀粉颗粒被油脂包结和糊化的比例适当,且蛋白质适度胀润时,即月饼皮口感最好。此时密度最适宜。

## 2.3 模糊综合评价体系的建立

以直接影响月饼皮质量高低的油、糖、水和乳化剂的添加量不同建立正交试验设计方案,所获得的月饼皮的承压力、剪切力、容重是该正交试验结果的多目标函数形式。为了确定实验因素对实验结果的综合影响,优选出油、

糖、水和乳化剂的比例,本文以承压力、剪切力、容重的模糊综合评价值做为最终评价指标。

### 2.3.1 评价指标集和对象集

以月饼皮的承压力 $Y_1$ 、剪切力 $Y_2$ 、容重 $Y_3$ 为评价指标集 $U$ (表2)。

表2 不同组合状况对承重力、剪切力和容重的影响

试验号	加糖量% $X_1$	加油量% $X_2$	用水 量% $X_3$	乳化 剂% $X_4$	承压力 $Y_1$ kg/cm <sup>2</sup>	剪切力 $Y_2$ kg	容重 $Y_3$ (g/cm <sup>3</sup> )
1	30	38	24	0	35	4.0	1.06
2	35	38	26	0.5	43	4.5	1.05
3	40	38	28	1	53	3.1	1.01
4	45	38	30	1.5	37	3.0	0.97
5	30	36	26	1	35	4.5	0.96
6	35	36	24	1.5	42	5.0	0.96
7	40	36	30	0	57	5.0	1.00
8	45	36	28	0.5	70	4.5	1.02
9	30	34	28	1.5	47	4.8	1.02
10	35	34	30	1	60	4.0	1.03
11	40	34	24	0.5	67	4.0	1.04
12	45	34	26	0	72	3.0	1.03
13	30	32	30	0.5	64	2.8	0.95
14	35	32	28	0	50	4.5	1.06
15	40	32	26	1.5	67	2.0	0.96
16	45	32	24	1	70	2.5	0.98

$$U = \{Y_1, Y_2, Y_3\}$$

以正交试验的 $L_{16}(4^4)$ 组试验为评价的对象集 $D$ 。

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_{16}\}$$

### 2.3.2 隶属函数

建立评价指标集 $U$ 的每个子集( $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$ )的隶属函数,使根据隶属函数计算得到的隶属度值(标准化值)的大小与该指标在每一子集中的重要性相适应。隶属函数为线性函数,隶属度 $r_{mn}$ 被压缩在 $[0, 1]$ 的闭区间内。

$$r_{mn} = \frac{Y_{mn}}{\max(Y_m) + \min(Y_m)}$$

$$m = 1, 2, 3; n = 1, 2, \dots, 16$$

由隶属度值构成模糊关系矩阵:

$$R = (r_{mn})_{mn}$$

### 2.3.3 确定权数分配集

权数分配集表示评价指标集上每一指标对

最终综合评价指标的作用大小,即对各指标重要程度的衡量。在这里权重分配集为A可确定为:

$$A = \{0.4/Y_1, 0.4/Y_2, 0.2/Y_3\}$$

$$\text{简记为 } A = \{0.4, 0.4, 0.2\}$$

#### 2.3.4 模糊综合评价值的计算

引入一个模糊子集B,称为评价集,它的模糊评价集  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  由模糊矩阵R与

权重分配集A经模糊变换得到。

$$B = A \cdot R$$

对  $B = A \cdot R$  进行模糊变换,得到综合模糊子集B的隶属度  $b_n$ ,即为模糊综合评价值(表3)。该模糊综合评价值的倒数和最大隶属度原则相适应。

#### 2.4 正交试验结果的模糊分析

表3 正交试验组合及各评价指标的隶属度和模糊综合评价值

试验号 $n$	加糖量 $X_1$	加油量 $X_2$	用水量 $X_3$	乳化剂 $X_4$	承压力 $r_{1n}$	剪切力 $r_{2n}$	容重 $r_{3n}$	综合评价值 $b_n$
1	1	1	1	1	0.327	0.571	0.527	0.494
2	2	1	2	2	0.402	0.643	0.522	0.535
3	3	1	3	3	0.495	0.443	0.502	0.467
4	4	1	4	4	0.346	0.429	0.483	0.426
5	1	2	2	3	0.327	0.643	0.478	0.503
6	2	2	1	4	0.392	0.714	0.478	0.543
7	3	2	4	1	0.532	0.714	0.498	0.578
8	4	2	3	2	0.654	0.643	0.507	0.578
9	1	2	3	4	0.439	0.686	0.507	0.553
10	2	3	4	3	0.561	0.571	0.512	0.534
11	3	3	1	2	0.626	0.571	0.517	0.548
12	4	3	2	1	0.673	0.429	0.512	0.500
13	1	4	4	2	0.598	0.400	0.473	0.458
14	2	4	3	1	0.467	0.643	0.527	0.549
15	3	4	2	4	0.626	0.286	0.478	0.422
16	4	4	1	3	0.654	0.357	0.488	0.459
$\Sigma_{i1}$	1.921	2.008	2.044	2.121				
$(\Sigma_{i1})'$	0.236	0.247	0.251	0.260				
$\Sigma_{i2}$	2.202	2.161	1.960	2.119				
$(\Sigma_{i2})'$	0.270	0.265	0.241	0.260				
$\Sigma_{i3}$	2.135	2.015	2.147	1.963				
$(\Sigma_{i3})'$	0.262	0.247	0.263	0.241				
$\Sigma_{i4}$	1.888	1.962	1.995	1.943				
$(\Sigma_{i4})'$	0.232	0.241	0.245	0.299				

#### 2.4.1 主效应分析

试验中糖、油、水和乳化剂的含量为  $x$ , 其论域为  $X$ , 则有:

$$X_i = \{x_{ij}\}$$

其中  $i=1, 2, 3, 4$  (因素数)

$j=1, 2, 3, 4$  (因素的水平数)

将因素  $x_i$  在各水平上  $x_{ij}$  的模糊综合评价

值之和归一化, 得到  $(\Sigma b_{ij})'$  ( $0 \leq (\Sigma b_{ij})' \leq 1$ ), 它表示了因素该水平对模糊综合评价的影响程度。

$(\Sigma b_{ij})'$  代表了  $X_i$  在  $j$  水平  $x_{ij} \in X_i$  处的隶属度, 因此可以将  $(\Sigma b_{ij})'$  表示为  $X_i$  上的模糊子集, 则有:

$$X'_i = [(\Sigma b_{i1})', (\Sigma b_{i2})', (\Sigma b_{i3})', (\Sigma b_{i4})']$$

$$X'_2 = [(\Sigma b_{21})', (\Sigma b_{22})', (\Sigma b_{23})', (\Sigma b_{24})']$$

$$X'_3 = [(\Sigma b_{31})', (\Sigma b_{32})', (\Sigma b_{33})', (\Sigma b_{34})']$$

$$X'_4 = [(\Sigma b_{41})', (\Sigma b_{42})', (\Sigma b_{43})', (\Sigma b_{44})']$$

根据最大隶属度原则,确定各因素对综合评价的影响程度。

#### 2.4.2 交互效应分析

$$X'_1 \times X'_2 = \begin{bmatrix} (\Sigma b_{11})' \\ (\Sigma b_{12})' \\ (\Sigma b_{13})' \\ (\Sigma b_{14})' \end{bmatrix} [(\Sigma b_{21})' (\Sigma b_{22})' (\Sigma b_{23})' (\Sigma b_{24})'] = \begin{bmatrix} (\Sigma b_{11})' \wedge (\Sigma b_{21})' & (\Sigma b_{11})' \wedge (\Sigma b_{22})' & (\Sigma b_{11})' \wedge (\Sigma b_{23})' & (\Sigma b_{11})' \wedge (\Sigma b_{24})' \\ (\Sigma b_{12})' \wedge (\Sigma b_{21})' & (\Sigma b_{12})' \wedge (\Sigma b_{22})' & (\Sigma b_{12})' \wedge (\Sigma b_{23})' & (\Sigma b_{12})' \wedge (\Sigma b_{24})' \\ (\Sigma b_{13})' \wedge (\Sigma b_{21})' & (\Sigma b_{13})' \wedge (\Sigma b_{22})' & (\Sigma b_{13})' \wedge (\Sigma b_{23})' & (\Sigma b_{13})' \wedge (\Sigma b_{24})' \\ (\Sigma b_{14})' \wedge (\Sigma b_{21})' & (\Sigma b_{14})' \wedge (\Sigma b_{22})' & (\Sigma b_{14})' \wedge (\Sigma b_{23})' & (\Sigma b_{14})' \wedge (\Sigma b_{24})' \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix} = R_{1k}$$

$R_{1k}$ 是论域  $X_1 \times X_k$  上的模糊关系,式中  $r_{ik}$  表示两因素不同水平搭配对模糊综合评价值的联合影响。以最大隶属度原则判定两因素搭配的最佳组合。

#### 2.4.2.2 全部因素各水平搭配的交互效应

按最大隶属度原则,在考虑交互作用的情况下,4个因素最佳组合为  $X_1$  中隶属度最大的水平搭配,其结合的模式为:

$$\max[(\Sigma b_{1j})'] \wedge \max[(\Sigma b_{2j})'] \wedge \max[(\Sigma b_{3j})'] \wedge \max[(\Sigma b_{4j})']$$

### 3 结果与讨论

#### 3.1 模糊正交试验优化设计

根据表3的模糊正交试验和结果,即各单一指标的隶属度值和模糊综合评价值,以  $\Sigma b_{ij}$  做评价参数,按正交法做直观分析,4因素的极差分别是:

$$R'_1 = 0.314 \quad R'_2 = 0.199$$

$$R'_3 = 0.187 \quad R'_4 = 0.178$$

4因素对模糊综合评价值的影响顺序为:  $X_1 > X_2 > X_3 > X_4$ , 当月饼皮的承压力较低,密度较小、剪切力不高时,月饼皮的口感最优,即此时的模糊综合评价值较小时,月饼皮配方优化为:  $X_{11}X_{24}X_{32}X_{44}$ , 即加糖量45%、加油量32%、用水量为26%,添加1.5%的乳化剂。

#### 2.4.2.1 两两因素之间的交互效应

试验中4个因素各有4个水平,两两因素各水平之间共有16种可能搭配方式。以  $X_1$  和  $X_2$  之间的交互效应为例,它们之间的模糊关系矩阵为:

### 3.2 正交试验结果的模糊分析

#### 3.2.1 主效分析

试验中4因素的模糊子集  $X_i$  为:

$$X'_1 = (0.236, 0.270, 0.262, 0.232)$$

$$X'_2 = (0.247, 0.265, 0.247, 0.241)$$

$$X'_3 = (0.251, 0.241, 0.263, 0.245)$$

$$X'_4 = (0.260, 0.260, 0.241, 0.239)$$

根据最大隶属度原则,各因素对模糊综合评价值的影响程度为:

$X_1 = 0.270, X_2 = 0.265, X_3 = 0.263, X_4 = 0.260$  即  $X_1 > X_2 > X_3 > X_4$ , 该结论与正交设计的直观分析是一致的。

#### 3.2.2 交互作用分析

##### 3.2.2.1 两因素之间的交互效应

以  $X_1$  和  $X_2$  之间的交互作用为例,它们之间的模糊关系矩阵为:

$$X'_1 \times X'_2 = \begin{bmatrix} 0.236 \\ 0.270 \\ 0.262 \\ 0.232 \end{bmatrix} [0.247 \ 0.265 \ 0.247 \ 0.241]$$

$$= \begin{bmatrix} 0.236 & 0.236 & 0.236 & 0.236 \\ 0.247 & 0.265 & 0.247 & 0.241 \\ 0.247 & 0.262 & 0.247 & 0.241 \\ 0.232 & 0.232 & 0.232 & 0.232 \end{bmatrix}$$

$$= R_{12}$$

当  $X_1$  与  $X_2$  搭配时,其  $r_{ik}$  值可达到0.265,以  $X_{14}$  和  $X_{24}$  的组合为最佳。

同样,可以计算出其它因素之间的最佳组合和隶属度分别为:

$X_1 \times X_3, X_{14} \times X_{32}, 0.263$

$X_1 \times X_4, X_{14} \times X_{44}, 0.260$

$X_2 \times X_3, X_{24} \times X_{32}, 0.263$

$X_2 \times X_4, X_{24} \times X_{44}, 0.260$

$X_3 \times X_4, X_{32} \times X_{44}, 0.260$

### 3.2.2.2 全部因素各水平搭配的交互效应

在全部各因素各水平的搭配中, 该实验模糊综合评价值的倒数符合最大隶属度原则, 最佳组合为:  $X_{14}X_{24}X_{32}X_{44}$ , 其隶属度为:  $0.270 \wedge 0.265 \wedge 0.263 \wedge 0.260 = 0.260$ 。即在考虑交互作用的情况下, 本试验以加糖量 45%、加油

32%、用水量 26%、添加 1.5% 的乳化剂得到的综合评价价值最好。

根据以上分析和模型, 可得出这种配方设计的计算程序。

### 参考文献

- 1 贺仲雄. 模糊数学及其应用. 天津科学技术出版社, 1985.
- 2 寿场. 实用模糊数学. 科学技术文献出版社, 1989.
- 3 马育华. 试验统计. 农业出版社, 1982.
- 4 中国人民大学数学教研室. 线性规划. 中国人民大学出版社, 1982.

## 木耳菜干制工艺的研究

郑国社 陆 宁 杨景华 安徽农业大学 合肥 230036

**摘 要** 研究了木耳菜的干制工艺, 考察了保绿剂、干制工艺参数对干制木耳菜成品的影响。结果表明: 在 pH8 的条件下, 用 400ppm ( $10^{-6}$ ) 的醋酸铜溶液热烫 1min, 使木耳菜中的叶绿素转化为稳定性较强的叶绿素铜钠, 从而保持木耳菜干制品及复水后的绿色。

**关键词** 木耳菜 保绿剂 干制工艺

木耳菜是落葵科的一年生缠绕草本植物, 是近年来新兴的具有保健功能的佳菜。其茎叶鲜嫩、碧绿, 叶大肥厚, 质地滑爽脆嫩, 口感似木耳, 故被称为“木耳菜”。

木耳菜具有较强的广谱抗虫性, 且有一般绿色叶茎蔬菜所不具有的抗病性, 因此, 在整个生产过程中不需施药, 成为名符其实的“无公害”“绿色食品”。除此之外, 木耳菜营养丰富, 含有较高的维生素 C、胡萝卜素、钙、磷、铁、糖、有机酸、胶质及皂甙。具有滋阴补肾、养血补钙、防癌抗癌、清热去烦、凉血壮身的功能, 是有很高医疗保健价值的蔬菜, 已成为餐桌上的高档菜肴, 日益引起人们的广泛重视。

本研究拟解决木耳菜的干制工艺流程和干制工艺参数, 着重考察几种保绿剂对产品色泽的影响, 同时考察不同的工艺参数对干制成品质量的关系。为木耳菜四季走上人们的餐桌奠

定良好的基础, 并填补我国木耳菜加工的空白。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与试剂

##### 1.1.1 木耳菜: 市售

##### 1.1.2 试剂

$\text{Cu}(\text{Ac})_2$ : 分析纯, 北京化工厂产;

$\text{Zn}(\text{Ac})_2$ : 分析纯, 北京化工厂;

$\text{Mg}(\text{Ac})_2$ : 分析纯, 上海试剂二厂;

$\text{NaOH}$ : 分析纯, 天津化学试剂三厂。

#### 1.2 试验方法

##### 1.2.1 木耳菜干制工艺流程

木耳菜→清洗→沥水→保绿剂液热烫→水冷却→沥水→干燥→冷却回软→包装→成品

##### 1.2.2 不同热烫时间对成品质量的影响

确定料液比为 1:8, 采用 45 s、60 s、75 s 进行沸水热烫, 观察不同热烫时间对木耳菜热烫效果的影响。