

全脂乳粉感官质量的计算机模糊综合评判

岳田利

贺晓鸣

(1 西北农业大学食品科学系, 陕西杨陵·712100)

(陕西省丹凤县审计局, 陕西丹凤·726200)

摘要 在全脂乳粉 GB5410-85 质量标准基础上, 建立了全脂乳粉感官质量标准的一级模糊综合评判模型, 提出了适合计算机模糊综合评判的计算方法, 用此算法设计的一级模糊综合评判 FORTRAN 语言处理程序, 经过 FACOM M340S 计算机上的实际运行, 与实际评判结果具有很好的一致性, 而且使得评判结果更为准确。

关键词 全脂乳粉, 感官质量, 模糊数学, 计算机评判

中图分类号 TS252.7, TB115

全脂乳粉感官质量是进行产品评优、质量检测、产品配方优选的重要方面。长期以来, 生产厂家和质量监督部门对其感官质量的检验、评定普遍采用加权评分的简单处理方法。近年来, 随着计算机和模糊综合评判在食品感官质量检测、评定中的应用, 使计算机模糊综合评判在全脂乳粉感官质量的评判上有着尤为广阔的开发应用前景, 尚为一项有待开发的新兴技术方法。本文在 GB5410-85 全脂乳粉感官质量标准基础上, 建立了一级模糊综合评判模型, 提出了适合于计算机评判处理的算法, 并以此法设计出 FORTRAN 语言程序, 实现了全脂乳粉感官质量的计算机模糊综合评判。

1 一级模糊综合评判模型的建立

1.1 评判条件的设定

评判对象集 $U = (u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n) (i=1, 2, \dots, n)$

评判因素集 $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$

其中 x_1 ——滋味及气味; x_2 ——组织状态; x_3 ——色泽; x_4 ——冲调性

因素权重集 $W = (w_1, w_2, w_3, w_4)$

其中^[1] $w_1=0.65; w_2=0.25; w_3=0.05; w_4=0.05$

评语集 $Y = (y_1, y_2, y_3, y_4, y_5)$

其中 y_1 ——特级; y_2 ——一级; y_3 ——二级; y_4 ——三级; y_5 ——四级。

1.2 评判因素的隶属函数构造及其隶属度划分

1.2.1 滋味及气味(x_1) 按照 GB5410-85 全脂乳粉标准中滋味及气味的感观评分标准^[1], 构造出滋味及气味 x_1 的隶属函数 $u(x_1)$:

$$u(x_1) = \begin{cases} 0 & x_1 \leq 45 \\ 0.0062(x-45)^2 & 45 < x_1 \leq 54 \\ 1 - 0.0062(x-63)^2 & 54 < x_1 < 63 \\ 1 & 63 \leq x_1 \leq 65 \end{cases}$$

将上述隶属函数与标准对照,进行计算,得到滋味及气味(x_1)所对应各评语隶属度划分,如表 1 所示。

1.2.2 组织状态(x_2) 同 1.2.1,按国标中组织状态评分标准,构造出组织状态 x_2 的隶属函数 $u(x_2)$:

$$u(x_2) = \begin{cases} 0 & x_2 \leq 10 \\ 0.0118(x-10)^2 & 10 < x_2 \leq 16.5 \\ 1 - 0.0118(x-23)^2 & 16.5 < x_2 < 23 \\ 1 & 23 \leq x_2 \leq 25 \end{cases}$$

按国标的划分标准代入上述隶属函数中得组织状态的各评语隶属度划分,如表 2 所示。

表 1 滋味及气味各评语隶属度划分

隶属度划分	滋味及气味划分	评语
1	[63,65]	特级
[0.9442,1)	[60,63)	一级
[0.8450,0.9442)	[58,60)	二级
(0,0.8450)	(45,58)	三级
0	≤ 45	四级

表 2 组织状态各评语隶属度划分

隶属度划分	组织状态的评分划分	评语
1	[23,25]	特级
[0.9528,1)	[21,23]	一级
[0.7050,0.9528)	[18,21)	二级
(0,0.7050)	(10,18)	三级
0	≤ 10	四级

1.2.3 色泽(x_3) 按国标感官评分的色泽评分标准,构造出色泽 x_3 的隶属函数:

$$u(x_3) = \begin{cases} 0 & x_3 = 0 \\ x_3/5 & 0 < x_3 < 5 \\ 1 & x_3 = 5 \end{cases}$$

将色泽评分标准代入上述隶属函数求得色泽各评语的隶属度划分如表 3。

表 3 色泽各评语的隶属度划分

隶属度划分	色泽评分划分	评语
1	=5	特级
[0.8000,1)	[4,5)	一级
[0.6000,0.8000)	[3,4)	二级
(0,0.6000)	(0,3)	三级
0	=0	四级

表 4 冲调性各评语的隶属度划分

隶属度划分	冲调性评分划分	评语
1	=5	特级
(0.8000,1)	(4,5)	一级
(0.6000,0.8000]	(3,4]	二级
(0,0.6000]	(0,3]	三级
0	=0	四级

1.2.4 冲调性(x_4) 同上法构造出 x_4 的隶属函数 $u(x_4)$ 为:

$$u(x_4) = \begin{cases} 0 & x_4 = 0 \\ x_4/5 & 0 < x_4 < 5 \\ 1 & x_4 = 5 \end{cases}$$

不同产品的冲调性所对应的各评语隶属度划分如表 4。

2 计算机模糊综合评判的数值算法

2.1 专家评分矩阵的构造

设定专家组人数为 m , 依次编号为 $E_1, E_2, E_3, \dots, E_m$, 那么可按下式构成专家评分矩阵 $A(i, j)$, ($i=1, 2, 3, \dots, n \cdot m; j=1, 2, 3, 4$)。

在专家评分矩阵中, 每一个评判产品对应 m 行, 每一行为一个专家对该评判产品 x_1, x_2, x_3, x_4 因素的感官鉴定的分值。

$$A(i, j) = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{因} & \text{素} \\ x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \end{matrix} & \begin{matrix} \text{专家} \\ E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_m \end{matrix} & \text{产品} \\ \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \cdot m \\ j = 1, 2, 3, 4 \\ k = 1, 2, \dots, n \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & a_{m4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{(km-m+1)1} & a_{(km-m+1)2} & a_{(km-m+1)3} & a_{(km-m+1)4} \\ a_{(km-m+2)1} & a_{(km-m+2)2} & a_{(km-m+2)3} & a_{(km-m+2)4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{(km)1} & a_{(km)2} & a_{(km)3} & a_{(km)4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{(nm-m+1)1} & a_{(nm-m+1)2} & a_{(nm-m+1)3} & a_{(nm-m+1)4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{(nm)1} & a_{(nm)2} & a_{(nm)3} & a_{(nm)4} \end{array} \right] & \left\{ \begin{array}{l} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_m \end{array} \right\} & \begin{matrix} u_1 \\ \vdots \\ u_k \\ \vdots \\ u_m \end{matrix} \end{matrix}$$

2.2 由专家评分矩阵 A 求取隶属度矩阵 B

$$B(i, j) = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{因} & \text{素} \\ x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \cdot m \\ j = 1, 2, 3, 4 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccc} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{(nm)1} & b_{(nm)2} & b_{(nm)3} & b_{(nm)4} \end{array} \right] \end{matrix} \quad \begin{matrix} [i = 1, 2, \dots, n \cdot m; \\ j = 1, 2, 3, 4] \end{matrix}$$

其中 b_{ij} 的值由下面(1~4)式求得:

$$\begin{cases} b_{1j} = u(x_1) \\ x_1 = a_{1j} \\ (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m) \end{cases} \quad (1) \quad \begin{cases} b_{12} = u(x_2) \\ x_2 = a_{12} \\ (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} b_{13} = u(x_3) \\ x_3 = a_{13} \\ (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m) \end{cases} \quad (3) \quad \begin{cases} b_{14} = u(x_4) \\ x_4 = a_{14} \\ (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m) \end{cases} \quad (4)$$

(1)~(4)式中, $u(x_1), u(x_2), u(x_3), u(x_4)$ 为上文中所构造出的隶属函数。

2.3 各因素各评语的频率统计矩阵求取

1) 对于滋味及气味(x_1)

$$CX_1(i, j) = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{特级} & \text{一级} & \text{二级} & \text{三级} & \text{四级} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{特级} \\ \text{一级} \\ \vdots \\ CX_{1(n \cdot m)1} \end{matrix} & \begin{matrix} CX_{111} & CX_{112} & CX_{113} & CX_{114} & CX_{115} \\ CX_{121} & CX_{122} & CX_{123} & CX_{124} & CX_{125} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ CX_{1(n \cdot m)1} & CX_{1(n \cdot m)2} & CX_{1(n \cdot m)3} & CX_{1(n \cdot m)4} & CX_{1(n \cdot m)5} \end{matrix} \end{matrix} \begin{matrix} (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m; \\ j = 1, 2, 3, 4, 5) \end{matrix}$$

将 $b_{1i} (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 与表 1 的隶属被划分数对照, 按照下式求取 $CX_{1ij} (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m; j = 1, 2, 3, 4, 5)$

1° 当 $b_{1i} = 1 (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 时

$$CX_{1i1} = 1, CX_{1ij} = 0, j = 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m$$

2° 当 $b_{1i} \in [0.9442, 1) (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 时,

$$CX_{1i2} = 1, CX_{1ij} = 0, j = 1, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m,$$

3° 当 $b_{1i} \in [0.8450, 0.9442) (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 时,

$$CX_{1i3} = 1, CX_{1ij} = 0, j = 1, 2, 4, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m,$$

4° 当 $b_{1i} \in (0, 0.8450) (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 时,

$$CX_{1i4} = 1, CX_{1ij} = 0, j = 1, 2, 3, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m,$$

5° 当 $b_{1i} = 0 (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 时,

$$CX_{1i5} = 1, CX_{1ij} = 0, j = 1, 2, 3, 4; i = 1, 2, \dots, n \cdot m$$

2) 对于组织状态 (x_2)

$$CX_2(i, j) = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{特级} & \text{一级} & \text{二级} & \text{三级} & \text{四级} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{特级} \\ \text{一级} \\ \vdots \\ CX_{2(n \cdot m)1} \end{matrix} & \begin{matrix} CX_{211} & CX_{212} & CX_{213} & CX_{214} & CX_{215} \\ CX_{221} & CX_{222} & CX_{223} & CX_{224} & CX_{225} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ CX_{2(n \cdot m)1} & CX_{2(n \cdot m)2} & CX_{2(n \cdot m)3} & CX_{2(n \cdot m)4} & CX_{2(n \cdot m)5} \end{matrix} \end{matrix} \begin{matrix} (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m; \\ j = 1, 2, 3, 4, 5) \end{matrix}$$

将 $b_{2i} (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 与表 2 的隶属被划分相对照, 按下式求取 $CX_{2ij} (i = 1, 2, \dots, n \cdot m; j = 1, 2, 3, 4, 5)$

1° 当 $b_{2i} = 1 (i = 1, 2, 3, \dots, n \cdot m)$ 时, $CX_{2i1} = 1, CX_{2ij} = 0, j = 2, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m$

2° 当 $b_{2i} \in [0.9528, 1) (i = 1, 2, \dots, n \cdot m)$ 时, $CX_{2i2} = 1, CX_{2ij} = 0, j = 1, 3, 4, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m$

3° 当 $b_{2i} \in [0.7050, 0.9528) (i = 1, 2, \dots, n \cdot m)$ 时, $CX_{2i3} = 1, CX_{2ij} = 0, j = 1, 2, 4, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m$

4° 当 $b_{2i} \in (0, 0.7050) (i = 1, 2, \dots, n \cdot m)$ 时, $CX_{2i4} = 1, CX_{2ij} = 0, j = 1, 2, 3, 5; i = 1, 2, \dots, n \cdot m$

5° 当 $b_{2i} = 0, (i = 1, 2, \dots, n \cdot m)$ 时, $CX_{2i5} = 1, CX_{2ij} = 0, j = 1, 2, 3, 4; i = 1, 2, \dots, n \cdot m$

同理将 $b_{i3}, b_{i4} (i=1, 2, \dots, n \cdot m)$ 分别与表 3, 表 4 相对照, 按照与因素 x_1, x_2 同样的数学处理方法可求得 $cx_{3ij}, cx_{4ij} (i=1, 2, \dots, n \cdot m; j=1, 2, 3, 4, 5)$ 。

2.4 由 CX_1, CX_2, CX_3, CX_4 求取单因素评价矩阵及综合评判矩阵 $\tilde{E}$ 。

1) 滋味与气味(x_1)单因素评价矩阵 DX_1

$$DX_1 = (dx_{1k})_{kj} (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$\text{其中 } dx_{1kj} = \frac{1}{m_{i=(k-1)m+1}^{k \cdot m}} cx_{1ij} \quad (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

2) 组织状态(x_2)的单因素评价矩阵 DX_2

$$DX_2 = (dx_{2kj})_{kj} (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$\text{其中 } dx_{2kj} = \frac{1}{m_{i=(k-1)m+1}^{k \cdot m}} cx_{2ij} \quad (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

3) 色泽(x_3)单因素评价矩阵 DX_3

$$DX_3 = (dx_{3kj})_{kj} (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$\text{其中 } dx_{3kj} = \frac{1}{m_{i=(k-1)m+1}^{k \cdot m}} cx_{3ij} \quad (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

4) 冲调性(x_4)单因素评价矩阵 DX_4

$$DX_4 = (dx_{4kj})_{kj} (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$\text{其中 } dx_{4kj} = \frac{1}{m_{i=(k-1)m+1}^{k \cdot m}} cx_{4ij} \quad (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

5) 综合评判矩阵 $\tilde{E}$ 的求取

$$\tilde{E} = (e_{ij})_{ij} (i=1, 2, 3, \dots, 4n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

其中:

$$e_{ij} = \begin{cases} dx_{1pj} & (p = [(i-1)/4] + 1, i=1, 5, 9, \dots, 4n-3; j=1, 2, 3, 4, 5) \\ dx_{2pj} & (p = [(i-2)/4] + 1, i=2, 6, 10, \dots, 4n-2; j=1, 2, 3, 4, 5) \\ dx_{3pj} & (p = [(i-3)/4] + 1, i=3, 7, 11, \dots, 4n-1; j=1, 2, 3, 4, 5) \\ dx_{4pj} & (p = [(i-4)/4] + 1, i=4, 8, 12, \dots, 4n; j=1, 2, 3, 4, 5) \end{cases}$$

2.5 利用扎德算子进行合成运算及归一化处理

$$\tilde{F} = \tilde{A} \cdot \tilde{E}$$

式中: $\tilde{A} = (a_1, a_2, \dots, a_n) = (v_1, v_2, \dots, v_n); v_1 = v_2 = \dots = v_n = w = (0.65, 0.25, 0.05, 0.05)$

将此代入上式可得 $\tilde{F}$:

$$\tilde{F} = (f_{kj})_{kj} \quad (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$\text{其中: } f_{kj} = \bigvee_{i=[(k-1)m+1]^{k \cdot m}} (a_i \wedge e_{ij}) \quad (k=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, 4, 5)$$

对于 $\tilde{F}$ 矩阵按照下式进行归一化处理可得最终评判结果 $\tilde{H}$ 矩阵。

$$\begin{array}{c}
 \text{评 语} \\
 \text{特级 一级 二级 三级 四级 产品} \\
 \tilde{H}(k, j) = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} & h_{15} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} & h_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{n1} & h_{n2} & h_{n3} & h_{n4} & h_{n5} \end{bmatrix} \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{matrix} \quad \begin{matrix} (k = 1, 2, 3, \dots, n; \\ j = 1, 2, 3, 4, 5) \end{matrix}
 \end{array}$$

$$\text{式中: } h_{kj} = f_{kj} / \sum_{q=1}^5 f_{kq} \quad (k = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, 4, 5)$$

在 $\tilde{H}$ 矩阵中, 每一行为一个待评判产品所对应评语的隶属度, 根据最大隶属度原则, 每一行中最大数值所在列的评语即为该行所对应产品的评判结论。

FORTRAN 程序(略)。

3 讨 论

1) 在 FACOM M340S 计算机上通过程序运行和实际验证, 证明该计算机模糊综合评判的数值、算法和 FORTRAN 程序是可行和可靠的。

2) 实现了全脂乳粉感官质量模糊综合评判的计算机化和自动化, 使评判结果的准确度和评判速度大幅度提高。

3) 本文所提出和设计的计算机模糊综合评判数值算法、FORTRAN 程序, 对于其他食品感官质量的计算机模糊综合评判亦有一定的参考价值。

参 考 文 献

- 1 GB5410-85. 全脂乳粉质量标准, 国家标准局发布
- 2 袁志发编著, 模糊数学在农林上的应用. 陕西杨陵: 天则出版社, 1990
- 3 肖位枢编著, 模糊数学基础及应用. 北京: 航空工业出版社, 1992
- 4 赵奎元编, FORTRAN77 简明教程. 北京: 清华大学出版社, 1985

The Fuzzy Comprehensive Judgement of the Sense-Organ Quality of Whole Milk Powder with Computer

Yue Tianli He Xiaoming

(Department of Food Science, Northsestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, China, 712100)

Abstract Based on the quality standard of the whole milk powder GB5410-85, a gradual fuzzy comprehensive judgement model to the sense-organ quality of the whole milk powder was set up, and a suitable method of calculating fuzzy comprehensive judgement with computer was suggested in this paper. The FORTRAN language programme for the first grade fuzzy comprehensive judgement by this method was worked out and run on FACOM M340S computer. The results were identical with those of the practical judgement and even more accurate than those by ordinary method

Key Words Whole milk powder, sense-organ quality, fuzzy mathemetics, calculation and judgement