

基于层次分析法的宣木瓜果脯 感官质量模糊综合评判研究

伍亚华¹, 姜绍通², 许 晖¹, 石亚中¹, 吴姗姗¹, 钱时权¹

(1. 蚌埠学院生物与食品工程系, 安徽蚌埠 233030;

2. 合肥工业大学生物与食品工程学院, 安徽合肥 230009)

摘要:综合考察了影响宣木瓜果脯感官品质的色泽、组织形态、口感和气味等因素, 采用层次分析法进行权重分配, 构建了宣木瓜果脯感官质量的模糊综合评判模型, 减少了人为主观因素对评判结果的影响, 使评判结果更为准确和科学。利用该评价体系对所加工的宣木瓜果脯进行感官质量的评判和分析, 结果为二级, 较好。

关键词:宣木瓜果脯, 感官评价, 层次分析法, 模糊综合评判法

Study on sensory evaluation of preserved *Chaenomeles speciosa* S. Nakai based on AHP and fuzzy comprehensive evaluation

WU Ya-hua¹, JIANG Shao-tong², XU Hui¹, SHI Ya-zhong¹, WU Shan-shan¹, QIAN Shi-quan¹

(1. Department of Biotechnology and Food Engineer in Bengbu College, Bengbu 233030, China;

2. School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: A fuzzy comprehensive evaluation model for preserved *Chaenomeles speciosa* S. Nakai quality was set up. The influencing factors of preserved *Chaenomeles speciosa* S. Nakai quality including colour, texture, taste and smell etc were investigated comprehensively by the use of weighting allocation scheme, which made up the defects in traditional sensory evaluation and diminished manmade subjective effect on the evaluation. This model could get more scientific and accurate evaluation results. Using this system, ensory assessment of sample of preserved *Chaenomeles speciosa* S. Nakai product was carried out. Results showed that the sensory evaluation of sample was belonged to grade II.

Key words: preserved *Chaenomeles speciosa* S. Nakai; sensory ervaluation; analytic hierarchy process (AHP); fuzzy comprehensive evaluation (FCE)

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)12-0159-04

宣木瓜, 蔷薇科落叶灌木贴梗海棠 (*Chaenomeles speciosa* S. Nakai) 的果实, 安徽宣城著名地道药材, 我国四大名产中药材之一^[1], 富含有机酸、维生素、氨基酸、黄酮等营养物质和多种微量元素, 具有极高食用、药用价值^[2-4]。宣木瓜果脯是延长宣木瓜产业链、增加宣木瓜附加值的重要途径。目前果脯的感官质量评价标准主要以国标 NY/T436-2000 感官评价部分为依据, 在评价时, 各评价指标权重的确定非常重要。目前权重的确定主要采用打分法, 但由于

打分小组成员对同一样品的感官评价不同, 主观随意性较强, 再加上评价指标难以定量, 导致评价很大程度上受人为因素的影响, 评价结果不确定性较大。层次分析法 (The analytic hierarchy process) 简称 AHP, 由美国运筹学家托马斯·塞蒂在 20 世纪 70 年代中期正式提出^[5], 是一种定性和定量相结合的、系统化的、层次化的分析方法, 可将那些难于完全用定量方法来分析、决策准则较多且不易量化的决策问题分解成若干层次, 在比原问题简单得多的层次上逐步分析, 将人的主观判断用数量形式表达和处理, 使之条理化、科学化, 从而避免由于人的主观性判断而导致权重预测与实际情况相矛盾的现象^[6], 在生产生活各方面都有较广泛的应用^[7-10]。模糊综合评判 (Fuzzy Comprehensive Evaluation) 简称 FCE, 以模糊数学为基础, 应用模糊关系合成的原理, 将一些边界不清、不易量化的因素定量化, 从多个因素对被评价事物隶属等级状况进行综合性评价的一种方法, 在食品感官质量鉴定上有很好的

收稿日期: 2011-10-12

作者简介: 伍亚华 (1972-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向: 农产品加工与贮藏专业。

基金项目: 蚌埠学院优秀人才资助项目 (蚌埠学院字 [2008] 2 号); 安徽省高等学校省级食品科学与工程特色专业建设点资助 (20101091); 安徽省食品科学与工程教学团队项目资助 (20101094)。

应用^[11-14],可减少人的主观因素的影响,使评判结果更加科学和有效^[15]。本研究在对宣木瓜果脯进行感官评价时,在层次分析的基础上,采用模糊综合评判法对宣木瓜果脯的感官质量进行评价,从而减少了人为主观因素的影响,弥补了传统评价方法中随意性较强的缺陷,使评判结果更为科学和有效。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

宣木瓜 安徽省宣城市奇瓜王有限公司;益寿糖 PALATINIT 有限公司;NaCl、柠檬酸、 δ -葡萄糖酸内酯 市售。

SK8200-HP 型超声仪 上海科导超声仪器有限公司;DB-212SC 型电热鼓风恒温干燥箱 成都电烘箱厂;HH-S 型恒温水浴锅 江苏国胜公司。

1.2 宣木瓜果脯的加工

工艺流程:原料选择→清洗、去皮、去籽→切片→烫漂→护色、去涩、增硬→脱盐→超声波渗糖→干燥→整形→包装→成品

操作要点:选择无腐、无虫、成熟度适中、颜色鲜艳、肉质较厚、农药残留量不超过国家卫生标准的宣木瓜,清洗表面杂质,去皮、剖开、去籽,切分为 8mm 厚度的果片,沸水中煮沸烫漂 4min,混合处理液(NaCl 2.5% + 柠檬酸 0.5% + δ -葡萄糖酸内酯 4%)浸泡 12h,进行护色、去苦、硬化处理,再浸入水料比为 4:1 的清水中脱盐 120min 后,进行超声波常温渗糖,渗糖条件为超声波功率 300W,温度 45℃,糖渍时间 5h,以益寿糖代替传统的蔗糖,糖液浓度为 45%。渗糖结束后 60℃ 干燥,冷却,均匀压平,得宣木瓜果脯样品。

1.3 宣木瓜果脯感官模糊综合评判模型的建立

首先确定被评价对象(宣木瓜果脯)的因素集合评价集;再根据层次分析法确定各因素的权重及其隶属度向量,获得模糊评判矩阵;最后把模糊评判矩阵与因素的权重向量进行模糊运算,归一化,得模糊综合评价结果。

1.3.1 确定评价对象的因素论域 将评判宣木瓜果脯感官品质的因素分为 m 类,即从这些方面来对宣木瓜果脯品质进行评判描述。因素集 U 由 m 个因素子集构成

$$U = \{ u_1, u_2, \dots, u_m \}$$

每个因素子集 u_i ($i = 1, 2, \dots, m$) 又由 n 个元素构成,即

$$U_i = \{ u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in} \}$$

其中元素 u_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) 为第 i 类因素子集的第 j 个因素。

1.3.2 确定评语等级论域 评语等级是评价者对被评价对象可能做出的各种总的评价结果所组成的集合。将产品分成 p 个等级,这些等级就组成了一个模糊评判等级论域 V 。

$$V = \{ v_1, v_2, \dots, v_p \}$$

1.3.3 确定评价因素的模糊权重向量 各因素子集 U_i

都有一个相应的权重 a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) 来反映其重要程度, $a_i \geq 0, \sum a_i = 1$,各权重 a_i 所组成的模糊集合就是权重集 A 。

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$$

确定权重的方法主要有专家评判法、统计法等^[16]。本研究采用两两比较的层次分析法作为宣木瓜果脯感官质量评价模糊权重向量。

首先将有关的因素按照不同属性自上而下地分解成若干层,同一层的因素从属于上一层的因素或对上一层的因素有影响,同时又支配下一层的因素或受到下层因素的作用。最上层为目标层,最下层为对象层,中间为准则层和其进一步分解出来的子准则层。从层次结构模型的第二层开始,对从属于上一层同一个因素的同一层诸因素,用成对两两比较法和 1~9 的比较尺度构造成对比较矩阵,计算成对比较矩阵最大特征根 λ_{max} 及所对应的特征向量,利用一致性指标 CI 、随机一致性指标 RI 和一致性比率 CR 做一致性检验。若 $CR < 0.1$,则认为判断矩阵满足一致性要求,特征向量即为权向量 W 。

1.3.4 模糊综合评判

1.3.4.1 一级模糊综合评判 对某一类中的单个因素进行单独的综合评判时,采用一级模糊综合评判法,即在构造等级模糊评判子集后,逐个对被评价对象从因素 U 上进行量化,确定被评价对象对各等级模糊子集的隶属度 r_{ik} ,得到一级模糊综合评判的评判矩阵 R :

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mp} \end{pmatrix}$$

其中 r_{ik} ($i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p$) 表示某个被评价对象从因素 u 来看对 v 等级模糊子集的隶属度。

应用模糊变换原理,该类因素的模糊综合评判为 B :

$$B = A \cdot R = (a_1, a_2, \dots, a_m)$$

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mp} \end{pmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_p)$$

对其进行归一化,得 $B' = (b'_1, b'_2, \dots, b'_p)$,再根据最大隶属度原则选择最大的 b'_k 所对应的 v 作为最终评判结果。

1.3.4.2 二级模糊综合评判 当考虑各类因素的综合影响时,就应采取二级模糊综合评判。二级模糊综合评判的单因素评判矩阵应为一级模糊综合评判。即:

$$R = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1 \cdot R_1 \\ A_2 \cdot R_2 \\ \vdots \\ A_m \cdot R_m \end{pmatrix}$$

R 中不同的行反映了某个被评价对象从不同的单因素来看对各等级模糊子集的隶属程度。

用模糊权向量 A 将 R 中不同的行进行综合,得到该被评价对象从总体上来看对各等级模糊子集的隶属程度,即模糊综合评价结果向量 B。

于是,二级模糊综合评判矩阵 B 为:

$$B = A \cdot R = (a_1, a_2, \dots, a_m)$$

$$\begin{pmatrix} A_1 \cdot R_1 \\ A_2 \cdot R_2 \\ \vdots \\ A_m \cdot R_m \end{pmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_p)$$

其中 $b_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 是由 A 与 R 的第 j 列运算得到的,为二级模糊综合评判指标,表示被评级对象从整体上看对 v_j 等级模糊子集的隶属程度。

1.3.5 模糊综合评判结果分析 模糊综合评价的结果是被评价对象对各等级模糊子集的隶属度,是一个模糊向量,而不是一个点值,因而能提供比其他方法更丰富的信息。可根据最大隶属度原则判断被评价对象的模糊综合评判结果。

2 结果与分析

2.1 建立因素集

对所制得的宣木瓜果脯,根据国标 NY/T436-2000 感官评价部分对其进行评判,建立评判集

因素集 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\} = \{\text{色泽、组织形态、口感、气味}\}$;

各因素子集分别为 $U_1 = \{\text{色泽度, 透明度}\}$, $U_2 = \{\text{流糖度, 返砂度, 完整度, 饱满度, 杂质}\}$, $U_3 = \{\text{酸甜度, 糖分均匀度}\}$, $U_4 = \{\text{异味, 果香味}\}$ 。

2.2 层次分析法建立权重集

2.2.1 构造层次分析模型 根据 2.1 构造层次分析模型,如图 1 所示。

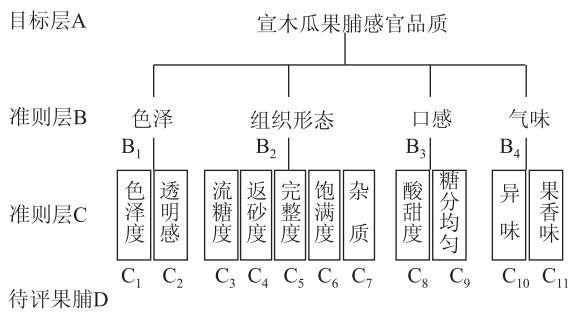


图 1 宣木瓜果脯的感官评价指标体系

Fig.1 The system of sensory evaluation standards about preserved *Chaenomeles speciosa*

2.2.2 各评价因素权重的确定 基于图 1,将同一层次中的各个因素关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较,构成判断矩阵,计算权重向量。

构造准则层 B 关于目标层 A 所构成的 A-B 判断矩阵和准则层 $C_1 \sim C_2$ 关于目标层 B_1 的 B_1-C 判断矩阵,如表 1、表 2,计算评价因素 C_1 、 C_2 相对于总目标 A 的权重值 W_1 、 W_2 。

表 1 准则层 B 关于目标层 A 构成 A-B 判断矩阵

Table 1 The judgment matrix A-B constituted criterion hierarchy B about target hierarchy A

A-B 判断矩阵	B_1	B_2	B_3	B_4	权重 W
B_1	1	1/5	1/3	1/5	$W_{B1} = 0.099$
B_2	5	1	4	4	$W_{B2} = 0.241$
B_3	3	1/4	1	1	$W_{B3} = 0.328$
B_4	5	1/4	1	1	$W_{B4} = 0.332$
$\lambda_{\max} = 4.1631, CI = 0.0544, RI = 0.9, CR = 0.0611 < 0.1$					

表 2 准则层 $C_1 \sim C_2$ 关于目标层

B_1 构成 B_1-C 判断矩阵

Table 2 The judgment matrix B_1-C constituted criterion hierarchy $C_1 \sim C_2$ about target hierarchy B_1

B_1-C 判断矩阵	C_1	C_2	权重 W
C_1	1	2	$W_{C1} = 0.667$
C_2	1/2	1	$W_{C2} = 0.333$
$\lambda_{\max} = 2, CI = 0, RI = 0$			

则评价因素 C_1 、 C_2 相对于总目标的权重值分别为: $W_1 = W_{C1} \times W_{B1} = 0.066$, $W_2 = W_{C2} \times W_{B1} = 0.033$ 。

同理,构建 B_2-C 、 B_3-C 、 B_4-C 判断矩阵,如表 3~表 5,则评价因素 $C_3 \sim C_{11}$ 相对于总目标的权重值分别为: $W_3 = 0.0636$, $W_4 = 0.1145$, $W_5 = 0.0133$, $W_6 = 0.0239$, $W_7 = 0.0265$, $W_8 = 0.246$, $W_9 = 0.082$, $W_{10} = 0.2988$, $W_{11} = 0.0332$ 。

表 3 准则层 $C_3 \sim C_7$ 关于目标层

B_2 构成 B_2-C 判断矩阵

Table 3 The judgment matrix B_2-C constituted criterion hierarchy $C_3 \sim C_7$ about target hierarchy B_2

B_2-C 判断矩阵	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	权重 W
C_3	1	1/2	4	3	3	$W_{C3} = 0.263$
C_4	2	1	7	5	5	$W_{C4} = 0.475$
C_5	1/4	1/7	1	1/2	1/3	$W_{C5} = 0.055$
C_6	1/3	1/5	2	1	1	$W_{C6} = 0.099$
C_7	1/3	1/5	3	1	1	$W_{C7} = 0.110$
$\lambda_{\max} = 5.073, CI = 0.018, RI = 1.12, CR = 0.0161 < 0.1$						

表 4 准则层 $C_8 \sim C_9$ 关于目标层

B_3 构成 B_3-C 判断矩阵

Table 4 The judgment matrix B_3-C constituted criterion hierarchy $C_8 \sim C_9$ about target hierarchy B_3

B_3-C 判断矩阵	C_8	C_9	权重 W
C_8	1	3	$W_{C8} = 0.75$
C_9	1/3	1	$W_{C9} = 0.25$
$\lambda_{\max} = 2, CI = 0, RI = 0$			

表 5 准则层 $C_{10} \sim C_{11}$ 关于目标层

B_4 构成 B_4-C 判断矩阵

Table 5 The judgment matrix B_4-C constituted criterion hierarchy $C_{10} \sim C_{11}$ about target hierarchy B_4

B_4-C 判断矩阵	C_{10}	C_{11}	权重 W
C_{10}	1	9	$W_{C10} = 0.9$
C_{11}	1/9	1	$W_{C11} = 0.1$
$\lambda_{\max} = 2, CI = 0, RI = 0$			

2.2.3 宣木瓜果脯感官质量的模糊综合判断 构造评语集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{I 级, II 级, III 级, IV 级, V 级}\}$, 分别表示很好, 较好, 一般, 较差, 差。各等级的值域是以 15 人组成的评判小组确定的。

宣木瓜果脯产品等级的评价结果如表 6 所示。

对评价结果进行归一化处理,得到第 2 层因素集的单因素评判矩阵为:

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0.333 & 0.333 & 0.2 & 0.067 & 0.067 \\ 0.133 & 0.333 & 0.333 & 0.133 & 0.067 \end{pmatrix}$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.333 & 0.067 & 0 \\ 0.267 & 0.4 & 0.133 & 0.133 & 0.067 \\ 0.333 & 0.333 & 0.267 & 0.067 & 0 \\ 0.133 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.067 \\ 0.267 & 0.4 & 0.267 & 0.067 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.333 & 0.133 & 0.067 & 0.067 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_4 = \begin{pmatrix} 0.333 & 0.333 & 0.267 & 0.067 & 0 \\ 0.2 & 0.333 & 0.333 & 0.067 & 0.067 \end{pmatrix}$$

$$A_1 = (0.667, 0.333)$$

$$A_2 = (0.264, 0.475, 0.055, 0.099, 0.11)$$

$$A_3 = (0.75, 0.25) \quad A_4 = (0.9, 0.1)$$

表 6 宣木瓜果脯等级评价表

Table 6 Table of evaluation the grade about preserved *Chaenomeles speciosa*

评价内容	权重	评价项目	权重	评价结果				
				I级	II级	III级	IV级	V级
色泽	0.099	色泽度	0.667	5	5	3	1	1
		透明感	0.333	2	5	5	2	1
		完整度	0.264	3	6	5	1	0
		饱满度	0.475	4	6	2	2	1
组织形态	0.241	杂质	0.055	5	5	4	1	0
		返砂度	0.099	2	3	6	3	1
		流糖度	0.11	4	6	4	1	0
		酸甜度	0.75	6	5	2	1	1
口感	0.328	糖分均匀度	0.25	3	6	3	3	0
		果香味	0.9	5	5	4	1	0
气味	0.332	异味	0.1	3	5	5	1	1

作综合判断:

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = (0.2664 \quad 0.333 \quad 0.2443 \quad 0.089 \quad 0.067)$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = (0.2405 \quad 0.3777 \quad 0.2348 \quad 0.1118 \quad 0.0384)$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = (0.35 \quad 0.35 \quad 0.15 \quad 0.1003 \quad 0.0503)$$

$$B_4 = A_4 \cdot R_4 = (0.32 \quad 0.3333 \quad 0.2736 \quad 0.067 \quad 0.0067)$$

得到二阶评判模糊矩阵 R

$$R = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2664 & 0.3333 & 0.2443 & 0.089 & 0.067 \\ 0.2405 & 0.3777 & 0.2348 & 0.1118 & 0.0384 \\ 0.35 & 0.35 & 0.15 & 0.1003 & 0.0503 \\ 0.32 & 0.3333 & 0.2736 & 0.067 & 0.067 \end{pmatrix}$$

将 A 和 R 进行模糊变换,得到二阶模糊评判结果:

$$B = A \cdot R = \begin{pmatrix} 0.099 \\ 0.241 \\ 0.328 \\ 0.332 \end{pmatrix}^T$$

$$\cdot \begin{pmatrix} 0.2664 & 0.333 & 0.2443 & 0.089 & 0.067 \\ 0.2405 & 0.3777 & 0.2348 & 0.1118 & 0.0384 \\ 0.35 & 0.35 & 0.15 & 0.1003 & 0.0503 \\ 0.32 & 0.3333 & 0.2736 & 0.067 & 0.0067 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3054 \\ 0.3495 \\ 0.2208 \\ 0.0909 \\ 0.036 \end{pmatrix}^T$$

由此可见,30.54%的人认为该宣木瓜果脯感官质量为 I 级,34.95%的人认为是 II 级,22.08%的人认为是 III 级,9.09%的人认为是 IV 级,3.6%的人认为是 V 级。根据最大隶属度原则,可知该批宣木瓜果脯感官评价结果为 II 级,即较好。

3 结论

建立了宣木瓜果脯的感官综合评模型,在层次分析法制定各因素权重的基础上,综合考察了影响宣木瓜果脯感官品质的色泽、组织形态、口感及气味等因素,应用模糊综合评判法对各因素进行模糊综合评判后,根据最大隶属度原则判定产品等级为 II 级。此法能更准确地显示宣木瓜果脯的感官品质,可减少传统感官评定过程中人为主观因素的影响,使评判结果更为科学和有效。

参考文献

- [1]汪雪丽,姚立霞,杜先锋.宣木瓜果醋发酵工艺的研究[J].食品工业科技,2008,29(4):188-190.
- [2]陈勤.宣木瓜的化学成分与药理研究进展[J].现代中药研究与实践,2008,22(6):76-78.
- [3]何前锋,严睿文.ICP-AES法测定中药材宣木瓜中21种元素[J].安徽大学学报:自然科学版,2008,32(2):87-89.
- [4]Zheng Xiaoyu, Jiang Zuojun, Shao Mingli. China pharm [M]. Beijing: China Pharmacopoeia Committee, 2005, 41(1).
- [5]谢国娥,金睿,王常青.基于AHP的农产品国际竞争力的影响因素及对策研究[J].华东理工大学学报:社会科学版,2011,26(2):40-47.
- [6]梅丽.基于层次分析法的山东省旅游业可持续发展研究[J].济宁学院学报,2011,32(3):100-103.
- [7]苏丽娜,李广.层次分析与模糊综合评判法在军事情报评估的应用[J].21世纪:理论实践探索,2010(3):84-85.
- [8]魏蕾,段万春.基于AHP-模糊综合评判法的大学生综合素质测评体系构建[J].中国市场,2010,48:222-225.
- [9]宋健.基于模糊层次分析法的电子商务风险评价[J].中国流通经济,2011(7):107-110.
- [10]匡雪丽.基于模糊层次分析法的电子商务网站评价策略[J].科技情报开发与经济,2011,21(18):130-132.
- [11]严红光,张文华,丁之恩.宣木瓜酒发酵动力学和感官评价研究[J].酿酒科技,2009(6):33-36.
- [12]杨应军,高海燕,欧阳一菲,等.模糊综合评判法在方便面感官分析中的应用[J].食品科学,2009,30(7):25-28.
- [13]夏玉红,种耕.模糊综合评判法在食用植物油感官评价中的应用[J].中国油脂,2009,34(8):72-74.
- [14]周显青,杨兰兰,张玉荣,等.模糊综合评判法在稻米食味品质感官评价中的应用[J].粮油加工,2008(2):88-90.
- [15]赵志华,岳田利,王燕妮,等.基于模糊综合评判苹果酒感官评价的研究[J].酿酒科技,2006(9):27-29.
- [16]张晓亮,王红英,王顺喜,等.颗粒饲料产品等级模糊综合评判法[J].农业机械学报,2005,36(11):98-101.