

模糊数学感官评价法优化糯米团制作工艺

张志超¹,周显青¹,张乃建²,张玉荣¹,赵希雷¹

(1. 河南工业大学 粮油食品学院,河南 郑州 450001;

2. 中国储备粮管理总公司北京分公司,北京 100050)

摘要:为优化糯米团制作工艺获得品质良好的糯米团,采用单因素和正交试验对粳米粉添加量、加水量和蒸制时间等因素进行研究。用模糊数学评价法评价糯米团品质,对糯米团色泽、气味、外观结构和适口性感官评价权重进行分析,同时,采用仪器对样品的塌陷度和质构特性进行测定。结果表明:糯米团品质权重集 $K = (\text{色泽 } 0.21, \text{气味 } 0.19, \text{外观结构 } 0.24, \text{适口性 } 0.36)$;模糊数学综合评价优化试验结果表明,影响糯米团感官品质因素主次顺序为粳米粉添加量 > 加水量 > 蒸制时间,最佳工艺条件为粳米粉添加量 25%、加水量 58%、蒸制时间 20 min,与塌陷度和质构正交试验结果相同。模糊数学评价方法与仪器分析方法结果一致,验证了模糊数学感官评定方法优化糯米团制作工艺的可行性和准确性。

关键词:糯米团;模糊数学;感官评价;塌陷度;质构特性

中图分类号:TS 213.3 文献标识码:A 文章编号:1007-7561(2015)03-0001-06

The optimization of technology making glutinous rice ball by fuzzy mathematics sensory evaluation

ZHANG Zhi - chao¹, ZHOU Xian - qing¹, ZHANG Nai - jian², ZHANG Yu - rong¹, ZHAO Xi - lei¹

(1. College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001;

2. Chinese Grain Reserve Management Corporation Beijing Branch, Beijing 100050)

Abstract: In order to optimize the processing conditions for making higher quality glutinous rice ball, the key processing factors such as the addition amount of rice flour and water and steaming time were investigated by the methods of single factor experiment and orthogonal experiment. The quality of glutinous rice ball was evaluated by the fuzzy mathematics comprehensive evaluation according to the weights analysis of sensory evaluation about color, smell, appearance structure and palatability of glutinous rice ball. Meanwhile collapse degree and texture of the samples were both measured by instrument. The results showed that the quality weight sets was $K = (\text{color } 0.21, \text{smell } 0.19, \text{appearance structure } 0.24, \text{palatability } 0.36)$. When glutinous rice ball was evaluated by the fuzzy mathematics comprehensive evaluation, it was turned out that the sensory quality was influenced in ascending order, i. e. addition amount of glutinous rice flour > addition amount of water > steaming time, and the optimal processing condition was 25% rice flour, 58% water and steaming time 20min, which was correspondence with the results of collapse degree and texture analysis got by orthogonal experiment. Fuzzy mathematical evaluation method and instrument analysis results were consistent, which further verified the feasibility and accuracy of sensory evaluation of fuzzy mathematics sensory evaluation.

Key words: glutinous rice ball; fuzzy mathematics; sensory evaluation; collapse degree; texture property

收稿日期:2014-12-25

作者简介:张志超,1989年出生,男,硕士研究生。

通讯作者:周显青,1964年出生,男,博士,教授。

糯米是我国重要粮食资源之一,是制作传统食品的重要原料^[1]。糯米团类食品(豆面糕、年糕和麻糍等)是我国传统食品,在京、江、浙、黔、赣以及

两广地区深受消费者喜爱。糯米团作为糯米粉凝胶制品,其质地柔软、风味独特,但由于熟制时易变形,粘牙,易老化等原因限制糯米产业发展。糯米团品质主要受制作工艺影响,而传统糯米团类食品生产主要依靠人为经验进行品质控制,缺乏科学品质评价方法,因此采用科学评价方法研究对制作工艺对实际生产有指导性意义。

糯米团类食品品质评价目前主要依靠感官评价,由于受主观因素影响较大,评定分数离散度较大,结果较难统一,且食品感官品质如外观、适口性等描述性方面具有模糊性,缺乏科学性。利用模糊数学对糯米团感官进行综合评价,可使食品感官属性定量化和数学化^[2]。目前,模糊数学综合评价方法在肉制品及饮料制品中的应用已有许多研究^[3-7],但将模糊数学综合感官评价法应用于传统糯米团类食品的研究未见报道。

本实验通过单因素和正交试验,优化糯米团生产工艺,采用模糊数学感官评价方法评价糯米团品质,结合仪器验证模糊数学评价方法的可行性和准确性,建立科学的糯米团感官评定体系,为其制作工艺研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

糯米粉(水分含量 12.37%)和粳米粉(水分含量 10.54%):大连五农水磨糯米粉厂。

1.2 仪器设备

CS-B5 和面机:南昌市大银食品机械设备有限公司;JWXL 型物性测试仪:北京东孚久恒仪器技术有限公司;C21-SDHC15 电磁炉:浙江苏泊尔有限公司。

1.3 糯米团制作

工艺流程:称量→和面→成团→蒸制→冷却。

称取 100.0 g 糯米粉置入和面钵,添加 60.0 mL 水,和面机以 3 r/s 速度和面 5 min,静置 5 min,使水分均匀分布^[9]。依次称取成 10 g 面团,用模具成型,再静置 5 min,将面团放入蒸锅中蒸制 20 min,自然冷却至室温。

1.4 单因素试验

1.4.1 粳米粉添加量

糯米淀粉糊化粘度大,若仅用糯米粉作为原料,糯米团易塌陷,粘牙。因此,加入一定量粳米粉,增加直链淀粉含量,可改善糯米团品质^[8]。本实验粳

米粉添加量分别为 20%、25%、30%、35% 和 40%。

1.4.2 加水量

加水量是影响糯米团品质的重要因素,小幅度变化就可能影响产品成型、口感、硬度等品质,因此适宜加水量可显著提高糯米团品质^[9]。本实验的加水量分别为 54%、56%、58%、60% 和 62%。

1.4.3 蒸制时间

蒸制时间与淀粉糊化凝胶的形成关系密切,适宜的蒸制时间可显著提高糯米团感官品质。本实验的蒸制时间分别为 10、15、20、25 和 30 min。

1.5 正交试验

选择粳米粉添加量、加水量和蒸制时间 3 个因素,每个因素 3 个水平,在单因素实验基础上进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,正交设计见表 1。

表 1 正交试验因素与水平设计

水平	因素		
	粳米粉添加量 A/%	加水量 B/%	蒸制时间 C/min
1	20	54	20
2	25	56	25
3	30	58	30

1.6 塌陷度的测定

参考文献[10]的方法进行测定。

1.7 质构特性的测定

将熟制的 3 个糯米团,放置在铝制托盘中,冷却至室温,测定糯米团冷却后的高度(计算压缩距离);参数设定:测试前速度 2 mm/s,测试中速度 2 mm/s,测试后速度 2 mm/s,压缩比 30%,最小感应力 5×10^{-3} g,测定时将糯米团中心位置对准压缩探头中心部位。

1.8 感官评价

评定小组由 10 名本实验室成员组成,男女各 5 人,小组成员身体健康,无抽烟、酗酒等不良嗜好,对色、香、味有较强的分辨力和较高的灵敏度,对评价小组进行培训。感官评价在食品感评室完成^[11]。为了减少从品评过程中个人偏爱对检验结果的影响,用双盲法进行检验。品评时评价员单独评价,相互不接触交流,每个样品评价前用清水漱口^[12]。感官评价标准见表 2。

1.8.1 评价论域的确定

对食品进行感官评价时,选择最能反映该食品质量的指标设为论域 U。糯米团品质由色泽(u_1)、气味(u_2)、外观结构(u_3)和适口性(u_4)四个因素构成,色泽包括颜色(u_{11})和光泽(u_{12}),气味包括纯正

性(u_{21})和浓郁性(u_{22}),外观结构包括塌陷程度(u_{31})和褶皱程度(u_{32}),适口性包括硬度(u_{41})和粘弹性(u_{42}),见表2。即糯米团的指标论域 $U = (u_1, u_2, u_3, u_4) = (u_{11}, u_{12}, u_{21}, u_{22}, u_{31}, u_{32}, u_{41}, u_{42})$ 。

表2 糯米团感官评价

一级指标	二级指标	特征描述	等级
色泽 u_1	颜色 u_{11}	白色	优
		稍白	良
	光泽 u_{12}	略显暗色	中
		暗色	差
气味的 u_2	纯正性 u_{21}	有明显光泽	优
		有光泽	良
		光泽不明显	中
		无光泽	差
浓郁性 u_{22}	纯正性 u_{21}	糯米香味纯正	优
		糯米香味较纯正	良
		糯米香味略不纯正	中
		糯米香味不纯正	差
外观结构 u_3	褶皱程度 u_{32}	糯米香味明显	优
		糯米香味较明显	良
		糯米香味略不明显	中
		糯米香味不明显	差
适口性 u_4	硬度 u_{41}	塌陷不明显	优
		塌陷略明显	良
		塌陷较明显	中
		塌陷明显	差
粘弹性 u_{42}	硬度 u_{41}	表面光滑,无褶皱	优
		表面光滑,稍有褶皱	良
		表面粗糙,有褶皱	中
		表面粗糙,褶皱明显	差
粘弹性 u_{42}	硬度 u_{41}	软硬适中	优
		稍软和稍硬	良
		较软或较硬	中
		过软或过硬	差
粘弹性 u_{42}	粘弹性 u_{42}	粘弹性好	优
		粘弹性较好	良
		粘弹性一般	中
		粘弹性较差	差

1.8.2 评语等级论域的确定

由感官评定人员讨论:对每个因素的评价按优、良、中、差四个等级评定,试验中4个等级分别对应90、80、70、60等4个分值。即评语等级论域 $V = (v_1, v_2, v_3, v_4) = (优、良、中、差) = (90, 80, 70, 60)$ 。

1.8.3 模糊感官评价权重的确定

根据色泽、气味、外观结构和适口性等一级评价指标在糯米团感官评价的重要性,采用用户调查法^[13]确定各品质因素的一级指标权重 K_i ,采用同样的方法确定二级指标权重 K_{ij} ,其中, $i = 1, 2, 3, 4$;

$j = 1, 2$ 。且 $K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = K_{11} + K_{12} + K_{21} + K_{22} + K_{31} + K_{32} + K_{41} + K_{42} = 1$ 。

1.8.4 模糊数学评价矩阵的确定

10位感官评价员根据糯米团感官评价表(表2),对正交试验9组样品的8个品质因素等级进行评定,确定各个因素在每个等级中的票数分布(表4和表5)。根据表5制定模糊数学评价矩阵^[14] R_j 如下:

$$R_j = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{i1} & r_{i2} & r_{i3} & r_{i4} \end{pmatrix}$$

$j = 1, 2, 3, \dots, 9$,表示第 j 个样品模糊矩阵; $i = 1, 2, 3, \dots, 8$,代表糯米团评价指标; $r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}$ 分别为第 i 个评价指标对应评价等级所占总票数10的比率。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

粳米粉添加量、加水量、蒸制时间三因素五水平试验的感官评价结果,见表3。

表3 三因素糯米团品质的影响

粳米粉添加量/%	等级	加水量/%	等级	蒸制时间/min	等级
20	良	54	良	10	差
25	优	56	优	15	良
30	良	58	良	20	优
35	中	60	中	25	优
40	差	62	中	30	良

由表3可知,粳米粉添加量为25%时糯米团品质最好,糯米团最适加水量为56%。20 min和25 min时糯米团品质均为优,但考虑到提高生产效率,节约生产成本(蒸制时耗电),选择20 min为最佳蒸制时间。

2.2 糯米团模糊数学感官评价

2.2.1 品质因素权重的确定

糯米团一级评价指标权重分布见表4,结果为色泽(0.21)、气味(0.19)、外观结构(0.24)和适口性(0.36),即 $K = (K_1, K_2, K_3, K_4) = (0.21, 0.19,$

0.24, 0.36); 二级评价指标权重分布见表5, 糯米团二级评价指标权重为 $K_{11} = 0.21 \times 0.47 = 0.0987$, 同理可得 $K_{12} = 0.1113, K_{21} = 0.0836, K_{22} = 0.1064, K_{31} = 0.1296, K_{32} = 0.1104, K_{41} = 0.1620$ 和 $K_{42} = 0.1980$ 。

表4 糯米团一级评价指标的权重分布统计

编号	色泽	气味	外观结构	适口性
1	2	2	3	3
2	1	2	3	4
3	3	1	3	3
4	2	2	2	4
5	3	2	2	3
6	2	1	3	4
7	3	2	2	3
8	2	2	2	4
9	2	3	2	3
10	1	2	2	5
总分	21	19	24	36

表5 糯米团二级评价指标的权重分布统计

编号	色泽		气味		外观结构		适口性	
	颜色	光泽	纯正性	浓郁性	塌陷度	表观粘度	硬度	粘弹性
1	5	5	4	6	6	4	5	5
2	4	6	4	6	7	3	4	6
3	4	6	5	5	5	5	4	6
4	7	3	3	7	6	4	4	6
5	4	6	6	4	5	5	5	5
6	4	6	5	5	7	3	4	6
7	4	6	4	6	5	5	5	5
8	4	6	4	6	4	6	3	7
9	5	5	5	5	5	5	6	4
10	6	4	4	6	4	6	5	5
总分	47	53	44	56	54	46	45	55

2.2.2 模糊评判矩阵的建立

从表6可知, 评价员对糯米团的感官评分分布不集中, 存在差异。因此, 不能简单地以平均法来确定糯米团感官级别^[15]。模糊综合评价法是建立在模糊数学基础上的一种定量评价模式, 可有效地消除人为误差。

表6 糯米团感官评定票数分布

色泽				气味				外观结构				适口性					
颜色		光泽		纯正性		浓郁性		塌陷程度		表观粘度		硬度		粘弹性			
优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差		
2	4	1	3	2	4	3	1	4	2	2	2	3	3	2	2	3	3
3	3	2	2	3	3	3	1	4	3	1	2	3	3	2	2	3	4
3	4	2	1	3	3	3	1	4	4	2	0	3	2	2	2	3	2
5	3	1	1	6	3	0	1	5	2	1	2	5	4	0	1	4	3
6	2	2	0	7	2	1	0	6	3	0	1	6	2	2	0	5	3
5	2	3	0	5	1	3	1	4	2	3	1	4	1	4	1	5	2
6	3	0	1	5	4	1	0	5	4	0	1	6	3	1	0	5	2
4	4	2	0	3	4	2	1	4	5	1	0	4	6	0	0	5	3
3	3	2	2	4	3	2	1	3	2	4	1	2	2	3	3	4	3

由表可知: 1~9号样品的模糊矩阵如下:

$$\begin{aligned}
 R1 &= \begin{pmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.1 & 0.3 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 \\ 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.4 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 \end{pmatrix} \\
 R2 &= \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.6 & 0.3 & 0 & 0.1 \\ 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0.2 \\ 0.5 & 0.4 & 0 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} \\
 R3 &= \begin{pmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 \end{pmatrix} \\
 R4 &= \begin{pmatrix} 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.4 \end{pmatrix} \\
 R5 &= \begin{pmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0 & 0.1 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.7 & 0.1 & 0.2 & 0 \end{pmatrix} \\
 R6 &= \begin{pmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0 \\ 0.5 & 0.1 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.1 & 0.4 & 0.1 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

$$R7 = \begin{pmatrix} 0.6 & 0.3 & 0 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0 & 0.1 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0.2 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0.2 \end{pmatrix} \quad R8 = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & 0 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.1 \end{pmatrix} \quad R9 = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 \\ 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.4 \end{pmatrix}$$

2.2.3 模糊变换及综合评价

令综合评价结果为 M, 依据模糊变换原理可知 $M_j = K \times R_j$; 对应第 j 号样品评价结果为 M_j ; R_j 反映了 j 样品感官评价优、良、中、差的比率。以第 1 组样品为例, 对样品进行综合评价的结果如下:

$$M1 = K \times R1 = (0.0987, 0.1113, 0.0836, 0.1064, 0.1296, 0.1104, 0.162, 0.198) \times$$

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

$$= (0.214, 0.269, 0.240, 0.277)$$

即 $M1 = (0.214, 0.269, 0.240, 0.277)$

结果表明, 在粳米粉添加量为 20%、加水量为 54%、蒸制时间为 20 min 条件下, 21.4% 的感官评定员认为在此条件下处理的糯米团品质等级为优, 26.9% 良, 24% 中, 27.7% 差。

同理可计算各样品的综合模糊评判结果, 见表 7。

根据模糊评判结果, 将综合评价结果集中各个量分别乘以其对应的等级分值, 并进行加和, 最后可得出每个样品的最后模糊感官评分。例如, 样品 1 的最终模糊感官评分 = $0.214 \times 90 + 0.269 \times 80 + 0.240 \times 70 + 0.277 \times 60 = 74.2$ 。各样品最终感官得分见表 8。

表 7 模糊评判结果

$M1 = (0.214, 0.269, 0.240, 0.277)$	$M2 = (0.451, 0.358, 0.119, 0.072)$	$M3 = (0.332, 0.320, 0.268, 0.080)$
$M4 = (0.248, 0.269, 0.246, 0.237)$	$M5 = (0.540, 0.296, 0.156, 0.008)$	$M6 = (0.470, 0.222, 0.254, 0.054)$
$M7 = (0.498, 0.298, 0.095, 0.109)$	$M8 = (0.391, 0.361, 0.177, 0.071)$	$M9 = (0.277, 0.303, 0.221, 0.199)$

表 8 $L_9(3^4)$ 正交试验感官评价结果分析

试验号	空白	A	B	C	模糊感官评分/分
1	1	1	1	1	74.2
2	1	2	2	2	81.8
3	1	3	3	3	80.4
4	2	1	2	3	75.3
5	2	2	3	1	84.7
6	2	3	1	2	81
7	3	1	3	2	81.8
8	3	2	1	3	80.7
9	3	3	2	1	76.5
K_1	236.4	231.3	235.9	235.4	
K_2	241	247.2	233.6	244.6	
K_3	239	237.9	245.8	236.4	
R	1.53	5.3	3.3	3.06	

采用极差分析法分析各因素均值和极差大小。由表 8 可知, 糯米团品质影响因素的主次顺序为

$A > B > C$, 即粳米粉添加量 > 加水量 > 蒸制时间。5 号样品模糊感官评分最高, 因此可评定 5 号样品品质最佳, 糯米团最佳工艺为 $A_2B_3C_1$, 即粳米粉添加量为 25%, 加水量为 58% 和蒸制时间为 20 min, 此条件下制备的糯米团, 色泽较好, 软硬适中, 粘弹性好, 基本不塌陷。

2.3 仪器分析

分析 9 种不同工艺条件下制备的糯米团质构特性和塌陷度, 以硬度、弹性及塌陷度为响应值进行数据分析, 结果见表 9。硬度和弹性是评价糯米团感官品质的重要指标, 一般来说, 硬度适中, 弹性值越高, 糯米团品质越好。本实验选取质构指标硬度和弹性, 同时以塌陷度作为评价糯米团感官品质的指标。正交试验极差分析可知: 制作工艺条件对糯米团硬度、弹性和塌陷度影响显著; 对于

硬度、弹性和塌陷度,影响因素的主次顺序均为 A > B > C,即粳米粉添加量 > 加水量 > 蒸制时间,最优工艺条件为 A₂B₃C₁;即粳米粉添加量为 25%,加水量为 58% 和蒸制时间为 20 min;此条件下制备的糯米团弹性最好,硬度适中,塌陷度最低,品质最优。

表9 L₉(3⁴)正交试验仪器评价结果分析

试验号	空白	A	B	C	质构		塌陷度 /%
					硬度/g	弹性/mm	
1	1	1	1	1	187	0.64	9.3
2	1	2	2	2	231	0.87	4.2
3	1	3	3	3	261	0.76	3.9
4	2	1	2	3	173	0.66	10.1
5	2	2	3	1	257	0.94	3.2
6	2	3	1	2	308	0.84	3.5
7	3	1	3	2	211	0.78	6.3
8	3	2	1	3	239	0.73	3.7
9	3	3	2	1	274	0.73	4.1
K ₁	679	571	718	734			
K ₂	738	727	750	678			
K ₃	724	843	673	729			
R(硬度)	19.67	90.67	25.67	18.6			
K1	2.27	2.08	2.18	2.31			
K2	2.44	2.54	2.26	2.42			
K3	2.24	2.33	2.48	2.15			
R(弹性)	0.057	0.153	0.10	0.09			
K1	17.9	25.7	16.5	16.6			
K2	16.8	11.1	18	14			
K3	14.1	11.5	13.4	17.7			
R(塌陷度)	1.27	4.87	1.53	1.23			

3 结论

利用模糊数学感官评价法对糯米团进行综合评价,确定糯米团品质因素权重集 K = (色泽 0.21, 气味 0.19, 外观结构 0.24, 适口性 0.36) = (颜色 0.098 7, 光泽 0.111 3, 纯正性 0.083 6, 浓郁性 0.106 4, 塌陷程度 0.129 6, 表观粘度 0.110 4, 硬度

0.162 0, 弹性 0.198 0)。

模糊数学感官评价法与仪器分析法的结果相一致,感官品质影响因素主次顺序均为粳米粉添加量 > 加水量 > 蒸制时间,且最佳工艺条件均为 A₂B₃C₁,即粳米粉添加量为 25%,加水量为 58% 和蒸制时间为 20 min。由此可知,模糊数学综合感官评价法优化糯米团制作工艺具有可行性和准确性。

参考文献:

[1]周显青,邓峰,陈志芳,等. 糯米淀粉的老化及其调控技术研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2014,35(2):98-102.

[2]霍红. 模糊数学在食品感官评价质量控制方法中的应用[J]. 食品科学,2004,25(6):185-188.

[3]张宏博,靳焯. 基于模糊数学的羊肉感官综合评价方法[J]. 肉类研究,2011,25(12):16-18.

[4]刘勤华,周光宏,孟美晨. 利用模糊数学感官评价法研究猪肉丸加工工艺[J]. 食品与机械,2011,27(6):249-253.

[5]肖玫,曹玉华,薛秀焕. 模糊数学评判杜仲叶复合保健饮料的生产配方[J]. 食品科学,2009,30(4):61-65.

[6]刘春风,郑飞云,李永仙. 啤酒口感品评的模糊综合评价法[J]. 食品科学,2008,29(4):138-142.

[7]李运冉,朱科学,周惠明. 模糊数学评判苹果汁豆奶饮料的生产配方[J]. 食品工业科技,2010,11(31):239-242.

[8]邓峰. 糯米淀粉老化特性及影响因素研究[D]. 河南工业大学,2014,5.

[9]周显青,胡育铭,张玉荣. 汤圆粉团制作方法比较及其对蒸煮品质的影响[J]. 粮食饲料与工业,2014,31-37.

[10]姚艾东. 冷冻糯米团糕品质的研究[J]. 食品与发酵工业,2001,27(9):66-70.

[11]刘春泉,林美娟,宋江峰,等. 基于模糊数学的糯米米汁感官综合评价方法[J]. 江苏农业科学,2012,40(2):197-199.

[12]周显青,张玉荣. 影响煮熟后面条表面硬度的因素[J]. 食品工业科技,2000,21(4):12-13.

[13]余疾风. 在食品感官质量的模糊综合评价中如何正确的制定权重的分配方案[J]. 食品科学,1990,(1):15-16.

[14]胡庆兰,余海霞,杨水兵,等. 基于模糊数学法评价超高压处理后鲑鱼的品质[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2013,39(2):133-140.

[15]朱薇,傅学正,管天球,等. 腌雪菜感官质量的模糊综合评判分析[J]. 食品科学,2007,28(11):176-178. ㊟