

模糊数学感官评价法优化青团制作工艺

张荣春

(南京旅游职业学院 烹饪与营养学院, 江苏 南京 211100)

摘要: 以青团为感官评价对象, 选取色泽、口感、气味、组织结构为评价因素, 考察糯米粉与澄面质量比、加水量、蒸汽温度和蒸制时间 4 个因素对青团品质的影响, 并进行 4 因素 3 水平正交试验, 同时采用强制决定法进行权重分配, 通过模糊数学感官评价法评判青团品质。结果表明: 当糯米粉与澄面质量比为 3:1、加水量为 27.5%、蒸汽温度为 110℃、蒸制时间为 13 min 时, 青团品质最佳, 模糊综合评分为 85.1 分。

关键词: 青团; 工艺优化; 模糊数学; 感官评价; 烹饪工艺

中图分类号: TS 972.132

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2019)03-0036-05

青团是流行于江南地区的小吃, 起源于苏州太仓。^[1] 将绿苜头汁与糯米粉搅拌均匀, 再包裹豆沙馅儿, 香甜不腻, 具有浓郁的青草香气。营养价值方面, 绿苜头的汁有去油解腻、消食降火的功效, 同时还能起到美容的作用, 因此青团越来越受到人们的喜爱。^[2]

青团要求口感软糯, 但又要有一定的韧劲且不易粘牙, 若全用糯米粉制作, 成品容易软塌, 温度降低后质地发硬。澄面具有增稠和黏结功能,^[3] 将其加入糯米粉中可使成品不易软塌, 有嚼劲且外观晶莹剔透, 能有效改善青团食用品质。目前鲜有青团制作工艺优化方面的研究, 因此实验选取糯米粉与澄面质量比、加水量、蒸汽温度和蒸制时间 4 个因素, 进行 4 因素 3 水平正交实验, 并采用模糊数学感官评价法评定青团食用品质, 探究青团制作的最佳工艺, 以期青团标准化、批量化生产提供科学的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料与仪器

1.1.1 实验材料

糯米粉(三象牌)、澄面(白鹤牌)、红豆沙(王致和牌)、油纸(展艺硅)、绿苜头汁(食品级): 市售。

1.1.2 仪器

BS210S 电子天平: 上海方瑞仪器有限公司;

SR56B-FD 嵌入式蒸烤箱: 深圳凯度电器有限公司; MK-301 热电偶接触式测温仪: 杭州美控自动化技术有限公司; 操作台、热水壶、量筒等。

1.2 试验方法

1.2.1 青团制作工艺流程

糯米粉、澄面、绿苜头汁、30~40℃温水→和面→揉面→下剂→包制成型→蒸制→成品。

1.2.2 操作要点

和面与揉面: 定量绿苜头汁, 称取糯米粉、澄面、绿苜头汁混合, 分次加入温水和匀, 控制面团质量为 350 g。

下剂: 把面团搓成长条(直径 3 cm 左右), 下成剂子(约 35 g/个), 用干净湿布盖好待用。

包制: 面剂子先搓圆, 然后在中间挖一个凹槽, 包入 15 g 豆沙馅, 收口, 搓成圆球即可, 表面光滑无裂纹。把油纸裁成边长 5 cm 的纸片, 用于垫底。

蒸制: 把包好的青团垫油纸放在蒸盘上, 用热电偶线固定在蒸箱内, 测定蒸箱内蒸汽温度, 待预热至指定温度, 放入蒸箱蒸制。

1.2.3 单因素实验

原辅料设定在面团总质量 350 g、绿苜头汁 25 g 的情况下, 对青团的糯米粉与澄面质量比、加水量、蒸汽温度、蒸制时间的工艺参数进行单因素实验, 以确定最佳条件。

收稿日期: 2019-04-20

基金项目: 江苏省教育厅江苏高校哲学社会科学重点研究基地基金资助(苏教社政函[2018]19号); 江苏省教育科学"十三五"规划课题(B-a/2018/03/13)

作者简介: 张荣春(1962-) 男, 江苏南京人, 南京旅游职业学院烹饪与营养学院副教授, 从事烹饪工艺及高等职业教育研究。

1.2.3.1 糯米粉与澄面质量比对青团感官品质的影响

每次实验控制加水量为 27.5%、蒸汽温度为 110℃、蒸制时间为 13 min,青团糯米粉与澄面质量比分别为 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1,感官评价法分析青团食用品质。

1.2.3.2 加水量对青团感官品质的影响

每次实验控制糯米粉与澄面质量比为 3:1、蒸汽温度为 110℃、蒸制时间为 13 min,加水量分别为 22.5%、25.0%、27.5%、30.0% 和 32.5%,感官评价法分析青团食用品质。

1.2.3.3 蒸汽温度对青团感官品质的影响

每次实验控制糯米粉与澄面质量比为 3:1、加水量为 27.5%、蒸制时间为 13 min,蒸汽温度分别为 100、105、110、115 和 120℃,感官评价法分析青团食用品质。

1.2.3.4 蒸制时间对青团感官品质的影响

每次实验控制糯米粉与澄面质量比为 3:1、加水量为 27.5%、蒸汽温度为 110℃,蒸制时间分别为 9、11、13、15 和 17 min,感官评价法分析青团食用品质。

1.2.4 正交试验设计

正交试验设计见表 1。

表 1 青团正交试验因素水平

水平	因素			
	A: 糯米粉与澄面质量比	B: 加水量 /%	C: 蒸汽温度 /℃	D: 蒸制时间 /min
1	2:1	25.0	100	13
2	3:1	27.5	105	15
3	4:1	30.0	110	17

1.2.5 感官评分标准

由 10 位食品相关专业师生组成感官评定小组,要求小组人员评定前 24 h 内不吸烟、不饮酒,要求饮食清淡,不能食用辛辣、带有刺激性的食物。^[4]每次评定完一个样品,漱口后再对下一个样品进行评定,评分标准见表 2。

1.3 模糊数学模型的建立

1.3.1 因素集评语和加权重集的建立

因素集 $U = \{ \text{糯米粉与澄面质量比, 加水量, 蒸汽温度, 蒸制时间} \}$; 权重采用强制决定法,^[5]确定青团各感官指标的权重 $X = \{ 0.20, 0.35, 0.20, 0.25 \}$,即色泽 0.20、口感 0.35、味道 0.20、

组织状态 0.25; 评语集 = { 优, 良, 中, 差 }。

表 2 青团感官评价标准

评价 指标	评价标准 / 分			
	优(90)	良(80)	中(70)	差(60)
色泽 (20分)	外表光滑, 色泽明亮均匀	外表较光滑, 色泽略暗、较均匀	外表粗糙, 色泽略暗、较均匀	外表粗糙, 色泽灰暗、不均匀
口感 (35分)	口感细软, 耐嚼爽口, 弹性适中	口感较细软, 有嚼劲, 弹性较适中	口感一般, 略有嚼劲, 弹性一般	口感差, 没嚼劲, 弹性差
气味 (20分)	香味浓郁, 气味纯正	香味较淡, 气味纯正	香味一般, 略有异味	香味不足, 有异味
组织结构 (25分)	组织结构紧密, 无孔洞	组织结构较为紧密, 少量孔洞	组织结构紧密程度一般, 孔洞较多	组织结构松散, 孔洞很多

1.3.2 模糊关系综合评判集

用 K 表示青团感官指标综合评判的结果, $K = X \times R$ 。其中 X 为权重; R 为模糊矩阵; R 是由每个因素的每一种评语的人员数除以总的评定人员所得。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

在单因素实验中以 10 名食品相关专业师生感官评分的平均分为指标,对影响因素的水平进行初步筛选。^[6]

2.1.1 糯米粉与澄面质量比对青团感官品质的影响

如图 1 所示,在相同的加水量、蒸汽温度和蒸制时间条件下,随着糯米粉与澄面质量比的增大,青团感官评分呈现先增大后减小的趋势。糯米粉与澄面质量比为 1:1 时,青团感官评分为 72.5。当糯米粉与澄面质量比为 3:1 时,其感官评分最高,为 90.1,此时青团口感细腻爽口,色泽明亮均匀。当糯米粉与澄面质量比为 5:1 时,青团感官评分最低,此时糯米粉比例过大,青团黏性过大,不易咀嚼性下咽。由此可见,糯米粉与澄面质量比适当可以提升青团的口感品质,过大或者过小都会使青团品质下降。

2.1.2 加水量对青团感官品质的影响

如图 2 所示,当青团糯米粉与澄面质量比、蒸

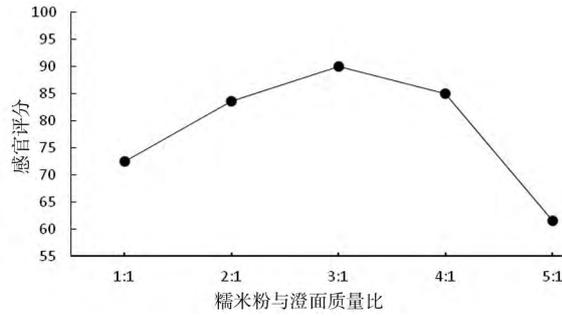


图1 糯米粉与澄面质量比对青团感官品质影响

汽温度和蒸制时间固定时,青团感官评分随着加水量的增大而先增大后减小。当加水量为22.5%时,青团感官评分较低,是因为加水量少,糯米和澄面没有吸收足够的水分,无法充分融合,蒸制成熟的青团表面粗糙,组织结构松散,孔洞较多,口感差。当加水量为27.5%时,青团色泽明亮光滑,口感细腻,弹性好,组织结构紧密,香气浓郁,说明加水量适当,青团制作效果最佳。当加水量达32.5%时,青团感官评分最低,加水量过多导致青团口感黏性太强,色泽灰暗,在蒸制过程中渗透压的影响下青团变形塌陷。

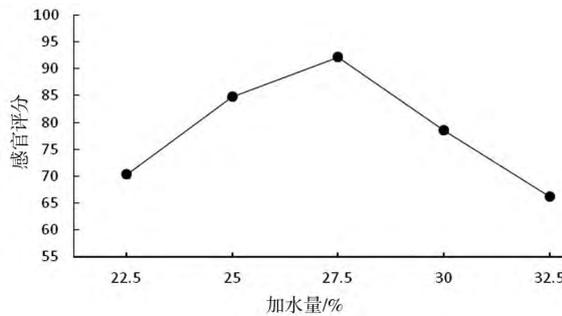


图2 加水量对青团感官品质影响

2.1.3 蒸汽温度对青团感官品质的影响

如图3所示,当蒸箱中蒸汽温度为100℃时,青团成品感官评分较低,有嚼劲但色泽略暗且不均匀,可能是当加热温度较低时,糯米粉和澄面不能全部发生糊化而导致。^[7]蒸汽温度从100℃升到110℃的过程中,随着温度的升高,青团感官评分逐渐增大,在110℃时达到最佳效果。蒸汽温度从110℃升到120℃的过程中,感官评分值逐渐降低,青团感官品质下降,色泽逐渐变暗,因为蒸箱内封闭,随着温度的升高,蒸箱内的压力值变大,且青团表面持续被较高温度的蒸汽包裹,使得青团水分蒸发面质变硬,形态被破坏。

2.1.4 蒸制时间对青团感官品质的影响

由图4可知,蒸制时间为9min时,青团感官

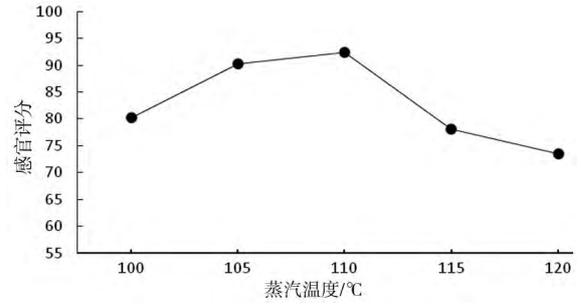


图3 蒸汽温度对青团感官品质影响

评分仅为75.3分,表现为未完全成熟,略有夹生感,主要是因为蒸制时间较短,糯米粉和澄面受热不充分而未完全糊化。蒸制时间在9~15min时,青团感官品质逐渐上升。在蒸制15min时,青团的感官评分达到最高,此时青团香气浓郁、口感细软、有嚼劲且组织结构紧密细腻。蒸制时间为17min时,青团感官评分较低,青团的颜色来源是天然色素,加热时间越长影响越大,^[8]主要表现为青团外表粗糙,色泽灰暗不均匀,形态软塌松散。由此可见,在一定温度范围内,蒸制时间越长,青团成熟度越高,其感官品质越佳。

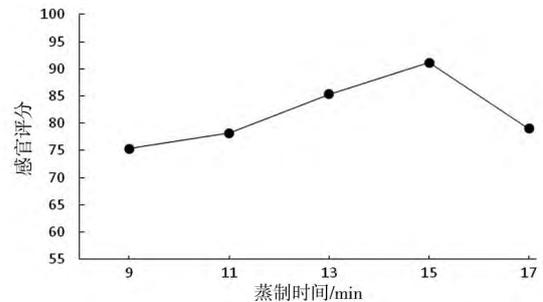


图4 蒸制时间对青团感官品质影响

2.2 模糊感官评定及模糊矩阵建立

模糊感官评定及模糊矩阵建立见表3。

表3 模糊感官评价矩阵

样品	色泽			口感			气味			组织结构						
	优	良	中	差	优	良	中	差	优	良	中	差				
1	1	3	3	3	1	4	2	3	5	3	1	1	0	5	3	2
2	3	4	2	1	2	4	2	2	6	4	0	0	2	3	4	1
3	3	5	1	1	3	5	0	2	4	4	1	1	0	7	1	2
4	4	5	1	0	5	4	1	0	8	1	1	0	3	6	1	0
5	5	5	0	0	6	3	1	0	8	2	0	0	4	5	1	0
6	4	4	2	0	6	2	1	1	7	2	1	0	3	5	2	0
7	3	5	2	0	3	5	1	1	3	7	0	0	2	2	5	1
8	3	3	3	1	4	3	2	1	3	6	1	0	1	4	4	1
9	2	4	4	0	4	4	2	0	5	4	1	0	2	4	3	1

将表 3 中每个青团样品感官因素各个等级评价人数除以总评价人数得到模糊矩阵。^[9]以第一个青团样品为例:色泽评价结果有 1 人选优、3 人选良、3 人选差,则 $R_{\text{色泽}} = (1, 3, 3, 3)$ 。同理, $R_{\text{口感}} = (1, 4, 2, 3)$; $R_{\text{气味}} = (5, 3, 1, 1)$; $R_{\text{组织状态}} = (0, 5, 3, 2)$ 。由表 3 可得样品 1~9 的模糊矩阵 R_i 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.3 \\ 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.5 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.5 & 0 & 0.2 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.7 & 0.1 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_7 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.7 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R_8 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R_9 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

根据模糊变换原理可知 $K = X \times R$, 对应第 t 号青团样品评价结果为 $k_t = X \times R_t$,^[10]以 1 号青团样品为例,其综合评价的结果如下:

$$K_1 = X \times R_1 = \{0.2, 0.35, 0.2, 0.25\} \times \begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.3 \\ 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.5 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix} = \{0.155, 0.385, 0.225, 0.235\}。$$

按照该计算方法,可得 1~9 号样品感官综合评价集分别为: $k_1 = \{0.155, 0.385, 0.225, 0.235\}$, $k_2 = \{0.390, 0.355, 0.210, 0.090\}$, $k_3 = \{0.245, 0.530, 0.065, 0.160\}$, $k_4 = \{0.49, 0.41, 0.10, 0\}$, $k_5 = \{0.57, 0.37, 0.06, 0\}$, $k_6 = \{0.505, 0.315, 0.145, 0.035\}$, $k_7 = \{0.275, 0.465, 0.200, 0.060\}$, $k_8 = \{0.285, 0.385, 0.250, 0.080\}$, $k_9 = \{0.330, 0.400, 0.245, 0.025\}$ 。

根据青团评价评语集,分别将 90、80、70、60 分赋值于优、良、中、差 4 个等级,再将综合评价结果的各个值分别乘以其对应的等级分值,并进行求和,得出每个样品的模糊感官综合评分,各个样品最终感官综合得分结果见表 4。

表 4 青团制作正交试验结果

样品	因素				模糊感官评分
	A: 糯米粉与澄面质量比	B: 加水量 /%	C: 蒸汽温度 /°C	D: 蒸汽时间 /min	
1	1(2:1)	1(25.0)	1(100)	1(13)	74.6
2	1	2(27.5)	2(105)	2(15)	78.8
3	1	3(30.0)	3(110)	3(17)	78.6
4	2(3:1)	1	2	3	83.9
5	2	2	3	1	85.1
6	2	3	1	2	82.9
7	3(4:1)	1	3	2	79.55
8	3	2	1	3	78.75
9	3	3	2	1	80.35
K_1	77.33	79.35	78.75	80.02	
K_2	83.97	80.88	81.02	80.42	
K_3	79.55	80.62	81.08	80.42	
R	6.64	1.53	2.33	0.4	

2.3 正交试验结果

由表 4 可知,青团制作工艺的最佳组合为

$A_2B_2C_3D_1$,即糯米粉与澄面质量比为3:1、加水量为27.5%、蒸汽温度为110℃、蒸制时间为13 min。最佳组合与正交试验评定结果最高分的样品5一致,因此不需要再做验证试验。由极差值 R 可知,对青团感官品质影响的4个因素中 $A > C > B > D$,即糯米粉与澄面质量比对青团工艺品质影响最大,其次是蒸汽温度和加水量,而蒸制时间的影响最小。

3 结论

使用模糊数学综合评价方法评定青团的感官品质,并选用4因素3水平正交试验设计优化青团制作工艺,降低了青团感官评价中的评分差异,并相对减少了感官评价的人为主观评判误差,使得评价结果具有一定的客观性。结果表明:当糯米粉与澄面质量比为3:1、加水量为27.5%、蒸汽温度为110℃、蒸制时间为13 min时,青团模糊评分最高,感官品质最佳。

参考文献:

- [1] 肖白. 青团[J]. 四川烹饪高等专科学校学报, 2000(1): 13-14.
- [2] 孙佳奇, 沈菊泉, 胡洁云. 工艺条件对传统节令食品——青团保质期的影响研究[J]. 食品工业, 2017, 38(4): 129-133.
- [3] 傅玉颖, 蒋予箭, 吴遵义, 等. 淀粉回生抑制与青团品质改良研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1): 100-107.
- [4] 李利华. 正交试验法优选胡萝卜多糖的超声波辅助提取工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(1): 93-95.
- [5] 谢洁, 曹靖, 周剑新. 模糊数学感官评价法优化发芽糙米馒头制作工艺[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(11): 28-31.
- [6] 孟祥忍, 王恒鹏, 吴鹏. 正交设计法优化清蒸鲈鱼的加工工艺[J]. 美食研究, 2014, 31(3): 47-50.
- [7] 陶倩, 徐瑶, 丁文平, 等. 糯米粉理化指标对其回生特性的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(3): 137-141.
- [8] 宁娜静. 冷冻面团馒头制作关键工艺及品质改良研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2011.
- [9] 魏劲松, 徐洲, 黄宪龙, 等. 模糊数学结合响应面法优化葛根酒发酵工艺参数及其香气成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 193-200.
- [10] 孙莹, 苗榕芯. 基于模糊数学综合感官评价的甘薯淀粉面包的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 180-185.

Optimizing the process for *qingtuan* preparation with fuzzy mathematical sensory evaluation

ZHANG Rongchun

(School of Cooking and Nutrition, Nanjing Vocational College of Tourism, Nanjing, Jiangsu 211100, China)

Abstract: Taking *qingtuan* as the sensory evaluation object with color, taste, odor, and tissue structure as evaluation factors, the influences of the mass ratio of glutinous rice flour to starch, water addition, steam temperature, and steaming time on the quality of *qingtuan* were investigated. The orthogonal tests of 4 factors with 3 levels and the fuzzy mathematical sensory evaluation method with the mandatory decision method for weight distribution were applied to assess the quality of the product. The results showed that at the mass ratio of glutinous rice flour to starch of 3:1, 27.5% of moisture content, 110℃ of steam temperature, and 13 min of steaming time, the quality of the *qingtuan* was the best, and the fuzzy comprehensive score was 85.1.

Key words: *qingtuan*; process optimization; fuzzy mathematics; sensory evaluation; cooking technology

(责任编辑: 赵勇)