

甜味抑制剂对低甜度蛋糕品质和保藏性能的影响

Effects of sweetness inhibitor on quality and preservation of low-sweet cake

王永俊 黄敏 董庆亮 郑建仙

WANG Yong-jun HUANG Min DONG Qing-liang ZHENG Jian-xian

(华南理工大学食品科学与工程学院, 广东 广州 510640)

(College of Food Science and Engineering, South China University of Technology,
Guangzhou, Guangdong 510640, China)

摘要:研究了甜味抑制剂添加量、白砂糖添加量、米糠油添加量对蛋糕质构、综合感官的影响,并采用响应面分析法选出最优配方,即甜味抑制剂添加量 0.18%,白砂糖添加量 33.15%,油添加量 15.49%时,制作的蛋糕的综合感官评分最高。

关键词:甜味抑制剂;蛋糕;质构;贮藏期

Abstract: The comprehensive sensory of the cake was discussed in this paper, which was affected by the amount of sweetness inhibitor, the amount of caster sugar and the amount of rice bran oil. Based on the single factor experiment, the response surface method was used to optimize the best technological formula, and it was determined as follows: the amount of sweetness inhibitor 0.18%, the amount of caster sugar 33.15%, and the amount of ice bran oil 15.49%.

Keywords: sweetness inhibitor; cake; texture; storage time

蛋糕具有软绵的质地,香醇浓郁的口感,是一款深受大众欢迎的休闲美食^[1]。蛋糕的基本原料有低筋面粉、鸡蛋、白砂糖、色拉油、泡打粉,制作时可把蛋清、蛋黄分开,加入白砂糖把鸡蛋清打发成泡沫,呈柔软膨松状^[2],以提供足够的空气支撑蛋糕的形状。

白砂糖在蛋糕的制作中,发挥着非常重要的作用。砂糖可以提供纯正愉快的甜味刺激,提高蛋糕的营养价值,使蛋糕表面烤成诱人的金黄色;另一方面,砂糖有助于蛋白的打发,使成品更加松软、口感细腻,且兼具保持水分,延缓老化的作用^[3-4]。但随着现代人们生活观念的改变,甜度低的食物更易受到人们的青睐,传统的蛋糕由于口感过于甜腻或将遭到摒弃。如何做出甜度低,品质好的蛋糕,已成为烘焙行业的发展趋势。

作者简介:王永俊,男,华南理工大学在读硕士研究生。

通信作者:郑建仙(1966—),华南理工大学教授,博士。

E-mail: fejzhen@scut.edu.cn

收稿日期:2017-03-08

曾有研究^[5]尝试将白砂糖的用量降低,结果发现打发蛋白的时间有所延长,泡沫的持气能力下降,导致出炉的蛋糕组织不膨松,品质变差。若使用其他的砂糖代替品,一来无法完全取代砂糖众多的功能特性,二来也增加了制作成本^[6]。而甜味抑制剂的出现,或可使蛋糕“过甜”这一问题迎刃而解^[7]。

甜味抑制剂的有效成分为 2-(4-甲氧基苯氧基)丙酸钠,已被收入食品添加剂 GB 2760—2014 中,同时也被美国 FEMA、联合国 JECFA 等权威机构批准使用。其本身无味,原理是通过阻塞甜味受体,减弱受体对甜味刺激的感应程度,从而达到抑制甜味的作用^[8-9]。添加此类物质,在降低甜度的同时,无需减少砂糖用量,可充分发挥砂糖的其他功能特性。目前,国内外对甜味抑制剂在烘焙产品中的应用实例尚未见报道,本研究拟以市面上最常见的蛋糕为试验对象,采用响应面法对蛋糕中甜味抑制剂、白砂糖和米糠油的添加量进行优化,并对其贮藏效果进行相关研究。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

甜味抑制剂:粉末香精(怡甜香精, YT-A 粉),广州怡甜生物科技有限公司,产品符合 GB 30616—2014 标准(粉末香精 拌合型)要求;

烘焙用白砂糖:广州福正东海食品有限公司;

低筋面粉:新乡良润全谷物有限公司;

米糠油:浙江得乐康食品股份有限公司;

牛奶、泡打粉、鲜鸡蛋、食盐均为市售优级品;

无水乙醇:分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;

乙醚、异丙醇、KOH:分析纯,广州化学试剂厂;

精密天平:JA2103N 型,上海隆拓仪器设备有限公司;

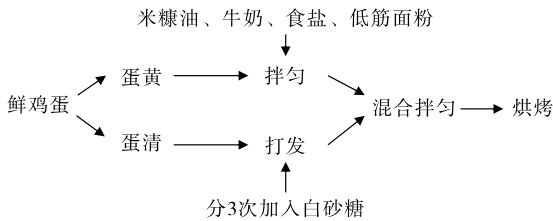
电烤箱:HK-60 型,广东省中山市豪通有限公司;

电动打蛋器:DDQ-D3266型,广东小熊电器有限公司;
 无菌操作台:SA-1800-1型,上海上净净化设备厂;
 便携式色差仪:CR-400型,柯尼卡美能达(中国)投资有限公司;

物性分析仪:TA-XTPlus型,英国 Stable Micro System 有限公司。

1.2 蛋糕制作的基本工艺

1.2.1 工艺流程



1.2.2 操作要点 蛋糕的制作分为两部分,分别是蛋黄面糊的制作和蛋白的打发。

(1) 蛋黄面糊的制作:将蛋黄打散,依次加入油、牛奶、食盐、白砂糖,搅拌至无颗粒均匀状态,最后加入过筛后的低筋面粉,搅拌均匀,备用。

(2) 蛋白的打发:蛋白中加入泡打粉,并分3次加入白砂糖,打发速度由低速到高速,将蛋白打成干性发泡。

(3) 将1/3打发好的蛋白,加入到面糊中,混合均匀;然后再将全部的面糊,倒回蛋白中混合,逐步混合有利于面糊混合均匀^[10]。最后,入模烘烤。

1.3 蛋糕制作中油的选择

油对蛋糕有着非常重要的作用。制作时,面糊在油脂作用下更易搅拌均匀,使蛋糕成品柔软细滑,增添口感和风味^[11]。颜色浅且无味的色拉油是最好的选择,因为添加此类油脂不会影响蛋糕本身的成色和风味。

米糠油是色拉油的一种,是由稻谷加工的副产物米糠,经过压榨或浸出法制取^[12]。米糠油富含V_E、谷维素、甾醇等生理活性物质,具有较高的营养价值和保健功能^[13]。其中,米糠油独有的谷维素,除了具有抗氧化、抗衰老功能外,还是一种植物神经调节剂,对周期性精神病、植物神经功能失调和血管性头痛等有较好的防治作用^[14]。本试验选用米糠油,将其添加到蛋糕的制作中。

1.4 试验方法

1.4.1 单因素试验设计

(1) 白砂糖添加量对蛋糕的影响:在米糠油添加量15%、甜味抑制剂添加量0.16‰的情况下,分别往蛋白中添加20%,25%,30%,35%,40%的白砂糖,并对蛋糕成品进行质构测定和感官评分,比较白砂糖添加量对蛋糕综合感官评价的影响。

(2) 米糠油添加量对蛋糕的影响:在白砂糖添加量30%、甜味抑制剂添加量0.16‰的情况下,分别往面糊中添加5%,10%,15%,25%,30%的米糠油,并对蛋糕成品进行质构测定和感官评分,比较米糠油添加量对蛋糕综合感官评价的影响。

(3) 甜味抑制剂添加量对蛋糕的影响:在白砂糖添加量30%、米糠油添加量15%的情况下,分别往面糊中添加0.10‰,0.13‰,0.16‰,0.19‰,0.22‰的甜味抑制剂,并对蛋糕成品进行质构测定和感官评分,比较甜味抑制剂添加量对蛋糕综合感官评价的影响。

1.4.2 色差测定 将蛋糕的金黄色表层除去,使用CR-400型便携式色差仪测定其内部色差,每组样品重复5次,*L*表示明亮度,*a*表示绿黄程度,*b*表示蓝黄程度。去除最大值和最小值,取其余3次的平均值。

1.4.3 质构变化的测定 除去蛋糕切片周边的蛋糕皮,将蛋糕切成2 cm×2 cm×2 cm立方测试块,使用P/36R平底圆柱形探头,测定参数:测试前速度5 mm/s,试验速度1 mm/s,返回速度5 mm/s,压缩比75%,触发值5 g,每组样品重复5次。得出蛋糕的质构参数(硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性)后,去除最大值和最小值,取其余3次的平均值。

1.4.4 响应面分析试验设计 根据单因素试验结果,选择米糠油添加量、白砂糖添加量、甜味抑制剂添加量为试验因素,分别选择3个水平,以感官评价为响应值,利用Design-Expert 8.0.6进行处理。

1.5 感官评定标准

采用“双盲法”对蛋糕进行综合的感官评价,评分人数共20人,10男10女,评分结果去除最大值和最小值,计算其余18人评分的平均值,取整。评分标准^[15]见表1。

表1 蛋糕感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of the cake

水平	要求	评分
色泽	色泽均匀一致,金黄色,无焦糊	12~15
	色泽较均匀,表面黄色,或略有焦糊	7~11
	色泽不均匀,表面暗黄绿色,焦糊	0~6
弹性	有弹性,指按复原快	8~10
	略有弹性,指按复原较快	5~7
	无弹性,指按后难以复原	0~4
疏松结构	疏松多孔,孔泡大小一致,分布均匀	12~15
	疏松少孔,孔泡大小较一致,分布较均匀	6~11
	孔泡大小不均匀,结块明显,空洞明显	0~5
口感	不黏牙,不黏模具,细腻松软	16~20
	微黏牙,微黏模具,略细腻松软	8~15
	黏牙,黏模具,口感较硬	0~8
食味性	甜味正中适,无蛋腥味,具有蛋糕应有的香气	30~40
	甜味略过甜或稍不够甜,略有蛋腥味,蛋糕香气不浓厚	18~29
	甜味过大或无甜味,蛋腥味重,蛋糕香气不明显	0~17

1.6 贮藏效果的评价

在蛋糕贮藏过程中,微生物会进行大量繁殖,而脂肪也因受微生物、酶的作用而发生水解。本试验以酸价和菌落总数为指标^[16],评价蛋糕的贮藏效果。酸价的检验方法参照GB 5009.229—2016,微生物的检验方法参照

GB 47892—2010。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

由表 2 可知,白砂糖添加量在 20%~35%时,蛋糕的硬度随着白砂糖添加量的增加而逐渐降低,说明增加糖的用量有助于蛋白打发,蛋糕容易膨胀,硬度变小,且咀嚼总功逐渐降低,弹性变好,整体呈现松软可口的状态。但是糖的用量增加也会造成蛋糕的黏聚性上升。色差方面,增加白砂糖的用量,对蛋糕的亮度(L 值)影响不大,蛋糕的 a 、 b 值增加,说明蛋糕趋向于绿黄色。由表 3 可知,米糠添加量对蛋糕的质

构参数影响也很大,特别是硬度方面,米糠油添加量少时(5%),蛋糕硬度较大,添加量为 20%时,蛋糕最松软,可能是米糠油添加不足时,低筋面粉溶解不足,烘焙时不易膨胀,导致硬度大,但是油添加过多时,会导致蛋糕黏聚性增强,呈现“坍塌”的状态。亮度(L)和绿色(a)随着米糠油添加量的增加而增加,蛋糕成色变好。表 4 是甜味抑制剂添加量对蛋糕质构的影响,表中各组数据变化不大,说明不同的甜味抑制剂添加量对蛋糕的质构影响不大。综合 3 个因素的试验结果,得出白砂糖的添加量为 30%~35%、米糠油添加量为 15%~20%时,蛋糕质构性能最好。

表 2 白砂糖添加量对蛋糕质构性能的影响

Table 2 Comparison of texture attributes influenced by the amount of caster sugar

白砂糖添加量/%	硬度/g	弹性/mm	黏聚性	咀嚼性/mJ	L	a	b
20	973.01	0.58	0.64	549.63	77.28	-2.04	28.40
25	736.25	0.65	0.67	468.94	78.81	-2.43	28.89
30	543.77	0.72	0.68	357.11	77.08	-3.29	29.50
35	522.28	0.78	0.68	346.59	77.29	-3.78	30.84
40	561.18	0.71	0.71	351.66	78.69	-3.91	31.27

表 3 米糠油添加量对蛋糕质构性能的影响

Table 3 Comparison of texture attributes influenced by the amount of ice oil

米糠油添加量/%	硬度/g	弹性/mm	黏聚性	咀嚼性/mJ	L	a	b
5	849.36	0.59	0.66	568.27	76.28	-2.94	29.64
10	647.21	0.67	0.68	480.95	78.81	-3.07	28.91
15	543.77	0.72	0.68	357.11	77.08	-3.29	29.50
20	503.67	0.64	0.77	351.78	80.07	-3.84	29.44
25	424.81	0.55	0.78	316.06	80.29	-4.51	28.57

表 4 甜味抑制剂添加量对蛋糕质构性能的影响

Table 4 Comparison of texture attributes influenced by the amount of sweetness inhibitor

甜味抑制剂添加量/%	硬度/g	弹性/mm	黏聚性	咀嚼性/mJ	L	a	b
0.10	550.76	0.73	0.69	350.05	77.74	-3.19	29.77
0.13	581.21	0.68	0.70	421.31	76.98	-3.27	29.54
0.16	543.77	0.72	0.68	357.11	77.08	-3.29	29.50
0.19	549.46	0.74	0.68	376.85	77.57	-3.24	29.66
0.22	537.53	0.73	0.60	368.48	76.57	-3.08	30.07

2.2 响应面法复配试验

2.2.1 模型的构建 根据单因素试验的结果,以蛋糕感官评分为响应值,选择白砂糖添加量、米糠油添加量、甜味抑制剂添加量为试验因素,按照 Design-Expert 8.0.6 的中心组合设计原理,设计 3 因素 3 水平试验,其因素与水平设计见表 5。

2.2.2 响应面分析方案与试验结果 利用 Design-Expert 8.0.6 软件对表 6 试验数据进行多元回归分析拟合,得到各个因素与蛋糕评分之间的二次多项回归模型:

$$Y = 91.2 + 2.63A + B + 4.63C + 0.5AB + 5.25AC - 0.5BC - 4.48A^2 - 5.22B^2 - 6.98C^2. \quad (1)$$

根据所建立的数学模型和试验结果,进行方差分析,结果见表 7。

表 5 响应面设计因素水平表

Table 5 Factors and levels in response surface design

水平	A 白砂糖添加量/%	B 米糠油添加量/%	C 甜味抑制剂添加量/%
-1	25	10	0.13
0	30	15	0.16
1	35	20	0.19

表6 响应面设计与结果

Table 6 Design of response surface and experimental results

序号	A	B	C	Y 感官评分
1	-1	1	0	80
2	0	0	0	92
3	-1	0	-1	77
4	0	-1	1	83
5	-1	-1	0	79
6	0	0	0	92
7	1	-1	0	82
8	0	0	0	90
9	0	0	0	91
10	0	1	-1	76
11	1	0	-1	73
12	1	1	0	85
13	0	0	0	91
14	0	-1	-1	73
15	0	1	1	84
16	1	0	1	93
17	-1	0	1	76

表7 回归分析结果

Table 7 Results of regression analysis

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	Prof > F	显著性
模型	795.83	9	88.43	102.31	<0.000 1	**
A	55.13	1	55.13	63.78	<0.000 1	**
B	8.00	1	8.00	9.26	0.018 8	*
C	171.13	1	171.13	198.00	<0.000 1	**
AB	1.00	1	1.00	1.16	0.317 8	
AC	110.25	1	110.25	127.56	<0.000 1	**
BC	1.00	1	1.00	1.16	0.317 8	
A ²	84.32	1	84.32	97.56	<0.000 1	**
B ²	114.95	1	114.95	133.00	<0.000 1	**
C ²	204.84	1	204.84	237.01	<0.000 1	**
残差	6.05	7	0.86			
失拟项	3.25	3	1.08	1.55	0.332 9	
绝对误差	2.80	4	0.70			
总和	801.88	16				

由表7可知,模型的P值<0.000 1,说明该回归模型极显著,且模型失拟项P=0.332 9>0.05,不显著,说明该模型选择合适。此外,回归分析中的二次项A²、B²、C²和A、C、AC达到极显著水平,米糠油用量B也达到显著水平,其余项不显著,说明各因素对响应值的影响关系是复合的。根据试验分析的平方和可知,此模型中3个因素对试验结果影响的主次为C>A>B,即甜味抑制剂添加量>白砂糖添加量>米糠油添加量。

回归分析结果中,相关系数R²=0.992 5,说明该模型拟合程度好;校正系数R²_{adj}=0.982 8,说明该模型能解释

98.28%蛋糕感官评价的变化,感官评价的试验值与预测值有较好的拟合度。R²_{pred}=0.929 7,说明该模型的预测能力好;信噪比=27.699>4,说明用此模型可得到足够强的响应信号。因此,可用该模型来预测及分析蛋糕感官评价值的实际情况。

2.2.3 响应面分析与优化 根据回归模型,做出因素间的交互作用效果图,见图1~3。由图1~3可知,当设定其中一个因素不变时,蛋糕的感官评分随着另一个因素值的增加而升

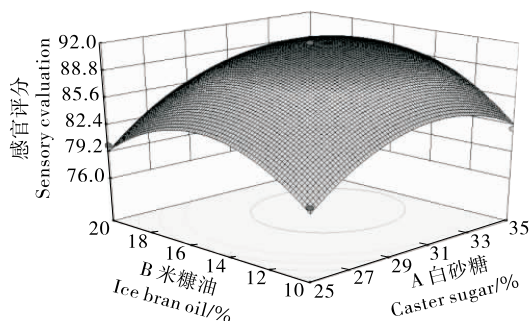


图1 米糠油用量与白砂糖用量对蛋糕感官评价交互影响的响应面图
Figure 1 Response surface plot showing the interactive effects of rice bran oil and caster sugar on the sensory evaluation of the cake

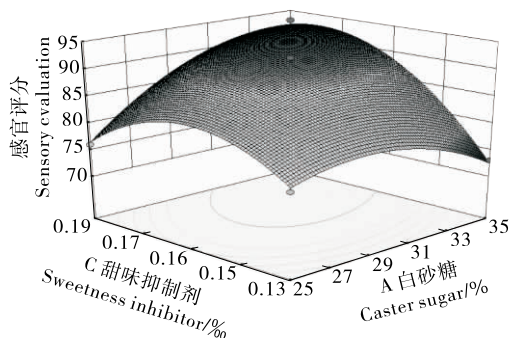


图2 甜味抑制剂与白砂糖用量对蛋糕感官评价交互影响的响应面图
Figure 2 Response surface plot showing the interactive effects of sweetness inhibitor and caster sugar on the sensory evaluation of the cake

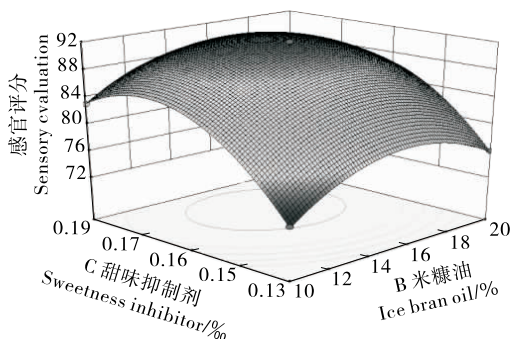


图3 甜味抑制剂与米糠油用量对蛋糕感官评价交互影响的响应面图
Figure 3 Response surface plot showing the interactive effects of sweetness inhibitor and rice bran oil on the sensory evaluation of the cake

高,到一定程度后下降,且两个因素之间在某一处会出现协同作用而使感官评分达到最大值,表明拟合面有真实最大值。其中,白砂糖添加量与甜味抑制剂添加量之间的交互作用最大。

使用软件 Design-Expert 8.0.6 对模型的方程求一阶偏导,得到:白砂糖添加量为 33.15%,米糠油添加量 15.49%,甜味抑制剂添加量为 0.18%时,感官评分预测的最大值为 93.38。采用该试验条件进行验证,3 次实验的平均评分为 93.33,与模型的预测值十分接近,也与单因素试验结果相

符,证实了该方程与实际情况吻合。因此,该模型下,蛋糕最优的制作配方为:甜味抑制剂添加量为 0.18%,白砂糖添加量为 33.15%,米糠油添加量为 15.49%。

2.3 甜味抑制剂对蛋糕贮藏效果的影响

按照优化的最佳结果制作蛋糕,且不添加任何防腐剂与脱氧剂,将蛋糕成品装入自封袋,于常温下贮藏,每隔 12 h 测量其酸价和菌落总数,并与未添加甜味抑制剂,但口感甜度相当的蛋糕做比较(白砂糖添加量 20%,米糠油添加量 15.49%),测试结果见表 8。

表 8 添加甜味抑制剂对蛋糕贮藏效果的影响

Table 8 Effect of sweetness inhibitor on the cake's storage

贮藏时间/h	酸价(以脂肪计)/(mg KOH · g ⁻¹)		菌落总数/(CFU · g ⁻¹)		霉菌/(CFU · g ⁻¹)	
	添加	未添加	添加	未添加	添加	未添加
12	0.721	0.953	1.1×10 ²	1.3×10 ²	未检出	未检出
24	1.955	2.178	1.9×10 ²	2.5×10 ²	未检出	未检出
36	2.955	3.389	3.5×10 ²	4.7×10 ²	未检出	未检出
48	4.081	5.236	7.3×10 ²	9.1×10 ²	未检出	未检出
60	5.273	6.316	1.3×10 ³	1.8×10 ³	未检出	未检出

由表 8 可知,无论是否在蛋糕中添加甜味抑制剂,蛋糕中的酸价和菌落总数都会随着时间的延长而升高。未添加甜味抑制剂的菌落总数要比添加甜味抑制剂的高,两者在 24 h 后有显著性差异(P<0.05),但在测量的 60 h 内,两者均符合 GB 7099—2015 规定。添加甜味抑制剂的蛋糕,其酸价比未添加抑制剂的蛋糕要高,在 36 h 后,两者达到了显著性差异(P<0.05)。酸价是衡量脂肪水解程度的指标,推测未添加甜味抑制剂的蛋糕酸价较高,因为其菌落总数偏高。而未添加甜味抑制剂的蛋糕的菌落总数偏高,很可能是当要保证其口感甜度与未添加者相当时,就必须降低白砂糖用量,从而导致蛋糕组织渗透压降低,对微生物的生长抑制作用减弱,菌落总数增加。因此,添加甜味抑制剂的蛋糕,其保质期可得以延长。

3 结论

在将甜味抑制剂添加到蛋糕制品的应用研究中,试验影响因素的显著性为甜味抑制剂添加量>白砂糖添加量>米糠油添加量;结合单因素试验设计得到的质构参数与 Box-Behnken 响应面试验设计得到的方案,蛋糕优化后的配比为:白砂糖添加量为 33.15%,米糠油添加量为 15.49%,甜味抑制剂添加量为蛋糕总重的 0.18%。添加甜味抑制剂后的蛋糕口感好,甜度低,且与甜度相当未添加甜味抑制剂的蛋糕相比,保质期延长,具有很好的应用前景。

参考文献

[1] BERANBAUM R L. The cake bible[M]. [S. l.]: Houghton Mifflin Harcourt, 2016: 6-7.
 [2] 卢元翠. 戚风蛋糕制作工艺及常见问题解析[J]. 现代农业科技, 2013(10): 281-282.
 [3] 烘焙用糖[J]. 标准生活, 2013(1): 48.

[4] 杨菁, 魏旭晖, 熊居煌. 戚风蛋糕的主要原料选择以及配方制定时的平衡[J]. 食品工业科技, 2004(10): 143-144.
 [5] 肖崇俊, 梁爱华, 赵立勇, 等. 低糖蛋糕的研究[J]. 食品科学, 2000(8): 34-35.
 [6] KIM J N, PARK S, SHIN W S. Textural and sensory characteristics of rice chiffon cake formulated with sugar alcohols instead of sucrose[J]. Journal of Food Quality, 2014, 37(4): 281-290.
 [7] 郑建仙, 王伟江. 高效甜味剂和甜味抑制剂的市场现状与发展展望[J]. 食品与机械, 2006, 22(1): 2-3.
 [8] LINDLEY M G. Method of inhibiting sweetness; US, 4567053 [P]. 1986-1-28.
 [9] LINDLEY M G. Phenoxyalkanoic acid sweetness inhibitors[M]. [S. l.]: American Chemical Society, 1991: 251-260.
 [10] 李夏. 高品质戚风蛋糕的制作工艺[J]. 科技促进发展, 2011(S1): 292.
 [11] 杨萍芳. 油脂在焙烤食品中的作用[J]. 农产品加工, 2008(8): 12.
 [12] TOMITA K, MACHMUDAH S, FUKUZATO R, et al. Extraction of rice bran oil by supercritical carbon dioxide and solubility consideration [J]. Separation and Purification Technology, 2014, 125: 319-325.
 [13] 殷隼. 米糠油的营养保健功能及其生产工艺探讨[J]. 江西食品工业, 2002(3): 17-20.
 [14] YADAV N V, RAMAIYAN B, ACHARYA P, et al. Sesame Oil and Rice Bran Oil Ameliorates Adjuvant-Induced Arthritis in Rats: Distinguishing the Role of Minor Components and Fatty Acids[J]. Lipids, 2016, 51(12): 1385-1395.
 [15] 赵延伟, 耿欣, 陈海华, 等. 面包及蛋糕的质构与感官评价的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2012(21): 253-259.
 [16] SIRISOONTARALAK P, SUTHIRAK P, PAPA K, et al. Development of shelf stable chiffon cake using gamma irradiation [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 75: 78-84.