

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.04.021

高空心度空心饼干生产配方及制作工艺的研究

时忠烈¹, 时馨², 肖晶¹

(1. 苏州维邦生物科技有限公司, 江苏苏州 215101;
2. 加州大学戴维斯分校 农业与环境学院, 美国加利福尼亚州 95618)

摘要: 高空心度是空心饼干生产中的技术关键。对空心饼干中各功能性配料及制作工艺进行研究, 在传统韧性饼干基础上开发独特的空心饼干, 应用感官评定方法, 通过单因素和正交实验, 得到制作高空心度空心饼干的最佳基础配方(以烘焙百分比计)与工艺: 中筋粉 100%, 糖粉 27%, 棕榈油 6%, 碳酸氢钠 0.5%, 碳酸氢铵 4.5%, 食用盐 0.6%, 韧性饼干专用复配酶制剂 R103 0.1%, 面团醒发 60 min, 起始烘烤温度为: 面火/底火 150 °C/150 °C 烘烤 2.5 min, 再调面火/底火 190 °C/160 °C 烘烤 10 min, 制作的空心饼干空心度最佳。研究结果对空心饼干的生产具有实际指导作用。

关键词: 空心饼干; 空心度; 配方; 工艺; 韧性饼干; 酶制剂

中图分类号: TS213.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)04-0132-06

Study on the recipe and production process of highly hollow biscuit

SHI Zhong-lie¹, SHI Xin², XIAO Jing¹

(1. Suzhou V.Pard Bio-Technology Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215101, China;
2. UC Davis, College of Agriculture and Environmental Sciences, CA 95618, U.S.A.)

Abstract: High hollowness is the key technology in the production of hollow biscuits. The unique hollow biscuits were developed on the basis of traditional semi-hard biscuits. The best basic formula (in bakers percentage) and technology of making hollow biscuits with high hollowness were obtained by using sensory evaluation method and single factor and orthogonal test. The final basic recipe is: 100% of plain flour, 27% of sugar, 6% of palm oil, 0.5% of baking soda, 4.5% of ammonium bicarbonate, 0.6% of salt and 0.1% of semi-hard biscuit compound enzyme R103. The initial baking temperature is 150 °C/150 °C. After 2.5 minutes, the top/bottom temperature is adjusted to 190 °C/160 °C and the biscuits are baked for 10 minutes. The hollowness of the hollow biscuits is maximized according to this process and recipe.

Key words: hollow biscuit; hollowness; recipe; process; semi-hard biscuits; enzyme

空心饼干是一种独特的饼干, 饼坯经过烘烤后在内部形成一个大的空洞, 通常饼干厂会往空洞中用特殊工艺注入不同种类的馅料, 从而制作出不同风味的注心饼干, 常见的有草莓、巧克力、牛奶和抹茶等风味。注心饼干表面一般会喷绘卡

通图案, 如可爱的小猪、小资熊或玫瑰心形等, 注心饼干外皮酥脆, 口感湿润、丝滑、香浓, 追求口感和视觉的双重效果^[1], 近几年来市场销售量一直在增长, 尤其在儿童饼干市场上非常受欢迎。注心饼干生产要求非常高, 尤其对注心前的空心饼干而言, 要求其必须涨发饱满、内部空洞要大(即高空心度)、口感酥脆但又不宜破碎。对于饼干生产厂商而言, 空心饼干的外观(包括色泽)、

收稿日期: 2020-02-16

作者简介: 时忠烈, 男, 1968 年出生, 高级工程师, 研究方向为酶制剂在烘焙及米面制品中的应用。

口感与风味等感官指标均可以通过常规技术手段(如适当调整配方与工艺)达到相应的技术要求,相对比较容易达成,难度最大的是空心饼干的空心度,如何生产出高空心度的空心饼干是制作空心饼干的技术关键,所以本文重点研究空心饼干的空心度。关于空心饼干的生产配方与制作工艺技术,目前尚未查阅到相关的文献资料,本文通过对制作空心饼干的各种功能性配料及生产工艺进行研究,从而得出最佳的高空心度空心饼干的基础生产配方与制作工艺。

1 材料与方 法

1.1 材料与设备

1.1.1 实验材料

低筋粉:湿面筋含量 20%,美玫牌,深圳南顺面粉有限公司;中筋粉:湿面筋含量 26%,五星特精粉、高筋粉:湿面筋含量 32%,五得利集团兴化面粉有限公司;糖粉:太古糖业(中国)有限公司上海分公司;棕榈油:熔点为 33 °C、大豆油:一级、液态酥油:中粮东海粮油工业(张家港)有限公司;食用盐:江苏省盐业集团有限责任公司;碳酸氢钠:郑州君发科技有限公司;碳酸氢铵:河南莱宝化工产品有限公司;焦亚硫酸钠(SMS):冷水江市中天化工有限责任公司;韧性饼干专用复配酶制剂 R103:苏州维邦生物科技有限公司。

1.1.2 实验设备

搅拌机, B15 型:广东恒联食品机械有限公司;醒发箱, SAM-10F 型、烤箱, SAM-901 型:无锡市双麦机械有限公司;电动压面机, 180 型:

永康市五瑞工贸有限公司;电子天平, CP512 型、电子秤, R2000-1.5 型:奥豪斯仪器(常州)有限公司;不锈钢饼干模具一套。

1.2 实验方法

1.2.1 空心饼干基础配方设计

参考韧性饼干配方^[2-3],结合饼干空心度的特殊要求,考虑到碳酸氢铵的产气量大,易造成产品中大的孔洞^[4],设计空心饼干实验基础配方(以烘焙百分比计)为:面粉 100%,糖粉 25%,棕榈油 6%,碳酸氢钠 0.5%,碳酸氢铵 4.0%,食用盐 0.6%,焦亚硫酸钠 0.04%,水 28%。

1.2.2 空心饼干制作方法

采用韧性饼干生产工艺^[3,5],先将糖粉、食用盐、小苏打溶解到热水中,加入食用油搅拌均匀浆状,加入面粉低速搅拌 1 min,再加入事先溶于水的碳酸氢铵,搅拌 1 min 后再加入事先溶于水的焦亚硫酸钠,搅拌成有面筋的光滑面团,面团入醒发箱,在 30 °C 80%湿度条件下醒发 60 min 左右,取出面团用压面机压薄至 3 mm 的面片,用直径 2.6 cm 的圆形不锈钢模具切出饼坯,控制饼坯重为(2.2±0.1) g/个,依次将饼坯放入烤盘,排成 4*10 的队列,进入烤箱烘烤,烘烤起始温度设定为:面火/底火 150 °C/150 °C,烘烤 2.5 min 后调面火/底火 190 °C/160 °C再烘烤 10 min,取出冷却后品评。

1.2.3 饼干空心度评定

由食品专业人员对饼干进行感官评定,对每组饼干抽取 10 个空心饼干样本进行品评,重点对饼干空心度进行评分,评分标准见表 1。

表 1 空心度评分标准

项目	0 分	2 分	4 分	6 分	8 分	10 分
空心度	完全无空洞	有可见空洞,但空洞很小	空洞较大,但空洞内有网状组织	空洞较大,且空洞内几乎无网状组织	空洞大,但空洞内有网状组织	空洞大,且空洞内几乎无网状组织

1.2.4 空心饼干各功能性配料单因素实验

对空心饼干的主要功能性配料进行单因素实验,配料比例均采用烘焙百分比。针对面团改良剂,最常用的是焦亚硫酸钠和饼干专用酶制剂,选择焦亚硫酸钠添加量 0.02%、0.04%、0.06%和

韧性饼干专用复配酶制剂 R103 0.1%四个水平进行单因素实验;针对面粉种类,选择低筋粉、中筋粉和高筋粉三个水平进行单因素实验;针对糖粉添加量,选择 15%、20%、25%、30%四个水平进行单因素实验;针对膨松剂碳酸氢铵的添加量,

选择 2%、3%、4%、5% 四个水平进行单因素实验；针对棕榈油添加量，选择 2%、6%、10%、14% 四个水平进行单因素实验；针对食用油的种类，选择饼干厂最常用的棕榈油、大豆油和液态酥油三个水平进行单因素实验。

1.2.5 空心饼干不同制作工艺实验

对空心饼干制作工艺进行单因素实验，针对面团醒发时间，选择 30、60 和 90 min 三个水平进行单因素实验；针对饼干烘烤温度，选择起始烘烤温度为面火/底火 140 °C/140 °C、150 °C/150 °C、160 °C/160 °C 三个水平进行单因素实验，烘烤 2.5 min 后，面火/底火相应调整为 180 °C/150 °C、190 °C/160 °C、200 °C/170 °C，烘烤时间分别为 11.5、10、8.5 min。

1.2.6 空心饼干正交实验

根据单因素实验结果，选择糖粉、碳酸氢铵、棕榈油 3 种原料进行 4 因素 3 水平（以烘焙百分比计）正交实验，见表 2，并对饼干空心度进行评分。

表 2 空心饼干正交实验表

水平	因素			空列 (D)
	糖粉/% (A)	碳酸氢铵/% (B)	棕榈油/% (C)	
1	23	3.5	4	1
2	25	4.0	6	2
3	27	4.5	8	3

2 结果与分析

2.1 空心饼干各功能性配料单因素实验

2.1.1 焦亚硫酸钠 (SMS) 和酶制剂 R103 对饼干空心度的影响

由图 1 可知，不加焦亚硫酸钠加 0.1% 韧性饼干专用复配酶制剂 R103 的饼干空心度得分最高，添加焦亚硫酸钠的饼干空心度得分显著下降，饼干空心度得分随焦亚硫酸钠添加量的增加而下降，当焦亚硫酸钠添加到 0.04% 以上时饼干涨发差，内部组织较密实，几乎无空心度。所以尽管焦亚硫酸钠是韧性饼干生产中最常用、最经济、最方便的面团改良剂，可以调节面团可塑性，使面团容易调制，成型性好^[6]，尤其是对于糖含量 20% 以上的甜韧性饼干，正常情况下都必须添加

焦亚硫酸钠，否则不好打粉和成型制作。但本实验的一个重要发现就是制作空心饼干（也属于甜韧性饼干）时不能添加焦亚硫酸钠，只要添加了焦亚硫酸钠，饼干的空心度就显著变差了，所以制作空心饼干时非常关键的一点就是应该选用可以完全替代焦亚硫酸钠的韧性饼干专用复配酶制剂。苏伟政^[7]发现饼干复配酶制剂可以代替传统的焦亚硫酸钠，对改善面筋网络和利于面团的成形有显著的效果。一般的韧性饼干专用复配酶制剂可以改善饼干的色泽、口感与风味，但不能替代或仅能部分替代焦亚硫酸钠，不能完全替代焦亚硫酸钠。本实验选择了一款独特的韧性饼干专用复配酶制剂 R103，这款酶制剂不但可以改善饼干的色泽、口感与风味，而且可以完全替代焦亚硫酸钠，酶制剂 R103 是由蛋白酶、 α 淀粉酶和木聚糖酶复配而成，其合适添加量为 0.1%。实验表明，不加焦亚硫酸钠仅添加复配酶制剂 R103 后面团打粉时间会适当延长，刚打出的面团面筋也比较强，面团醒发时间以 60 min 较为合适。

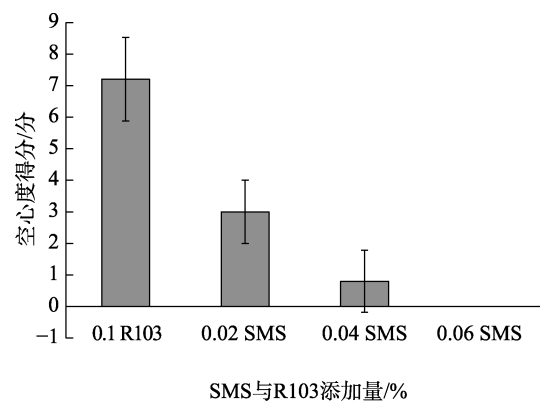


图 1 焦亚硫酸钠 (SMS) 和酶制剂 R103 对空心度的影响

2.1.2 面粉种类对饼干空心度的影响

由于不同种类面粉的面筋值不同，不同种类的饼干对湿面筋的要求也不同^[8]，我们比较了不同种类的面粉对空心饼干的影响。由图 2 可知，在面团醒发时间相同的条件下，中筋粉制作的饼干空心度得分最高，高筋粉其次，低筋粉制作的饼干空心度得分最低。用低筋粉制作的饼干涨发差，组织酥松，空心度差；而用高筋粉制作空心饼干时，由于面团面筋强，饼干涨发也不太好，所以选用中筋粉制作空心饼干较为合适。

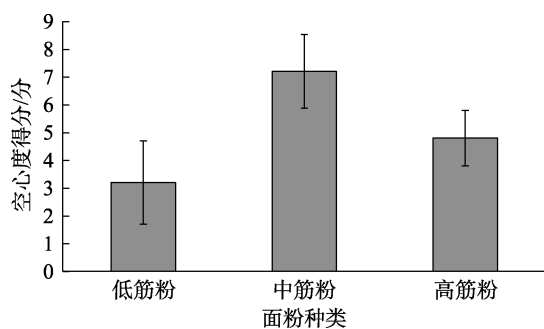


图 2 面粉种类对空心度的影响

2.1.3 糖粉添加量对饼干空心度的影响

在饼干制作过程中,糖不仅仅是一个甜味剂,给产品增加了风味,也可以改变面团的结构,增加面团的延展性^[9]。由图 3 可知,饼干空心度得分随糖粉添加量的增加呈先增加后下降的趋势,糖粉添加量达到 25% 时,饼干空心度得分最高,当糖粉添加量进一步增加时,饼干空心度得分反而下降,这是由于糖粉添加量过高时饼干在烘烤过程中出现收腰、轻微塌陷现象而导致,所以选取糖粉添加量为 25% 较合适。

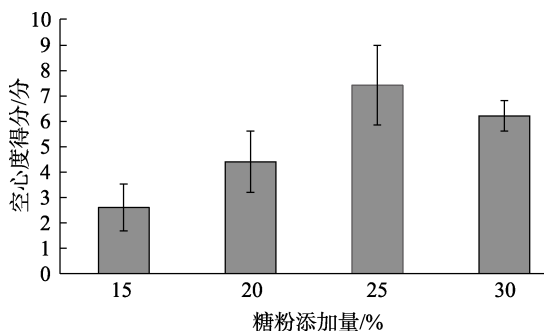


图 3 糖粉添加量对空心度的影响

2.1.4 碳酸氢铵添加量对饼干空心度的影响

由图 4 可知,饼干空心度得分随碳酸氢铵添加量的增加而显著增加,但 5% 与 4% 的添加量对饼干空心度得分差异不太大,考虑到碳酸氢铵在

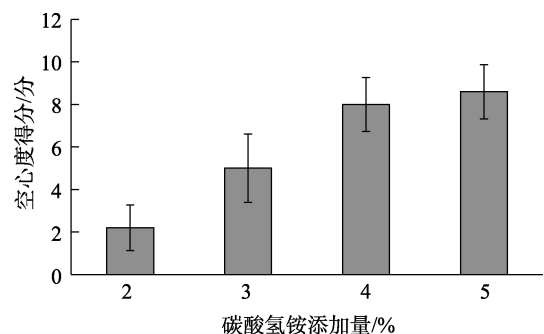


图 4 碳酸氢铵添加量对空心度的影响

生产使用过程中易挥发出刺鼻的氨味^[10],对生产配料、打粉、成型操作的工作环境会造成不良影响,所以选用碳酸氢铵添加量为 4% 较合适。

2.1.5 棕榈油添加量对饼干空心度的影响

油脂在饼干的制作中可以为产品提供丰富的能量,以及脂溶性维生素^[11],也对面团的流变学特性进行了改善,提升面团的稳定性^[12]。棕榈油是饼干生产中最常用的一种油脂,由图 5 可知,饼干空心度得分随棕榈油添加量的增加呈先增加后下降的趋势。当棕榈油添加量为 6% 时,饼干空心度得分最高,当棕榈油添加量太低时,饼干涨发好,内部空洞较大但孔洞内网状组织较多,导致空心度得分不太高;而当棕榈油添加量达到 14% 时,饼干在烘烤过程中出现明显的摊散现象,饼干在高度方向涨发显著变差,内部形不成空洞,空心度得分最低,所以选用棕榈油添加量为 6% 较合适。

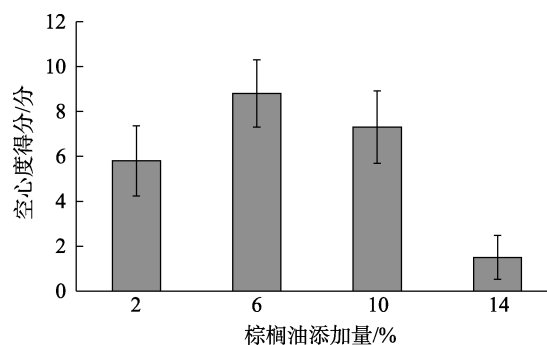


图 5 棕榈油添加量对空心度的影响

2.1.6 油的种类对饼干空心度的影响

除了油的添加量,不同种类的油对饼干的酥松度也不同^[13],从而会导致空心饼干内部的空心度不同。由图 6 可知,用棕榈油制作的空心饼干,其空心度得分最高,其次为大豆油,用液态酥油制作的饼干其空心度得分最低,推测是液态酥油

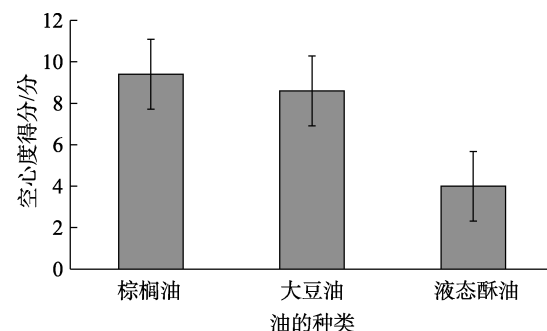


图 6 油的种类对空心度的影响

中的乳化剂成分对饼干空心度造成了不利影响, 所以选用棕榈油较为合适。

2.2 制作工艺对饼干空心度的影响

2.2.1 面团醒发时间对饼干空心度的影响

由图 7 可知, 面团醒发 60 min 的饼干空心度最好, 醒发 90 min 的饼干空心度其次, 醒发 30 min 的饼干空心度最差。这是由于醒发时间短, 酶制剂尚未充分软化面团, 导致面团筋强, 从而使饼干涨发差、空心度差; 而醒发时间太长, 则酶制剂作用过度, 导致面团偏软, 从而使饼干在烘烤过程中容易收腰、轻微下塌^[14], 导致饼干的空心度略变差, 所以面团醒发时间以 60 min 为宜。

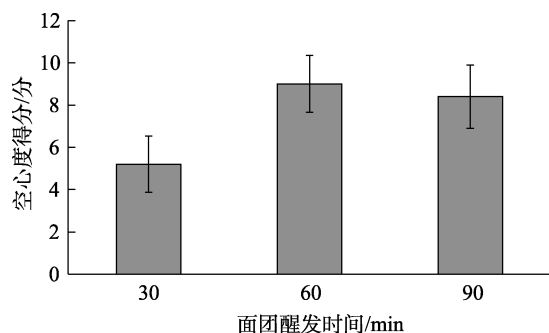


图 7 面团醒发时间对空心度的影响

2.2.2 烘烤温度对饼干空心度的影响

在焙烤过程中, 涨发和定形阶段对空心饼干空心度的形成起到了直接的影响作用, 控制炉温对产品的涨发度和水分比影响重大^[15], 所以本文研究了炉温对空心度的影响。由图 8 可知, 饼干空心度得分随起始烘烤温度增加呈先增加后下降的趋势, 起始烘烤温度 150 °C/150 °C 时的空心度得分最高, 160 °C/160 °C 的得分其次, 140 °C/140 °C 的得分最低, 这是由于起始炉温低, 饼干在炉内涨发不充分, 导致空心度略差; 而当起始炉温太高时, 饼干一开始涨发很好, 但烘烤过程

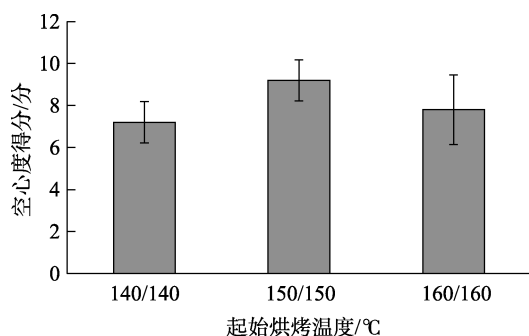


图 8 烘烤温度对空心度的影响

中部分饼干出现腰部开裂现象, 以至于后期轻微塌陷, 导致最终空心度略差, 所以选择起始烘烤温度 150 °C/150 °C 为宜。

2.3 空心饼干正交实验结果分析

根据单因素实验结果, 对主要因素糖粉、碳酸氢铵和棕榈油添加量 (以烘焙百分比计) 进行正交实验, 结果见表 3。

表 3 空心饼干正交实验结果

序号	糖粉 (A)	碳酸氢铵 (B)	棕榈油 (C)	空列 (D)	空心度得分
1	1	1	1	1	5.2
2	1	2	2	2	6.6
3	1	3	3	3	6.9
4	2	1	2	3	7.6
5	2	2	3	1	8.1
6	2	3	1	2	8.4
7	3	1	3	2	8.5
8	3	2	1	3	8.9
9	3	3	2	1	9.5
K1	18.7	21.3	22.5	22.8	
K2	24.1	23.6	23.7	23.5	
K3	26.9	24.8	23.5	23.4	
R	8.2	3.5	1.2	0.7	

由表 3 可知, 影响饼干空心度的因素依次为 $A>B>C$, 即糖粉>碳酸氢铵>棕榈油, 说明糖粉的添加量对饼干空心度的影响是最大的 ($P<0.05$), 其次是碳酸氢铵添加量 ($P<0.05$), 棕榈油的添加量影响最小 ($P<0.05$)。根据极差分析结果表明, 各实验因素的最佳组合是: $A_3B_3C_2$, 即空心饼干中糖粉、碳酸氢铵、棕榈油的最佳比例 (以烘焙百分比计) 为: 糖粉 27%, 碳酸氢铵 4.5% 和棕榈油 6%。

3 结论


结合感官评定方法, 通过单因素和正交实验, 确定了空心饼干的最佳基础配方 (以烘焙百分比计) 为: 中筋粉 100%, 糖粉 27%, 棕榈油 6%, 碳酸氢钠 0.5%, 碳酸氢铵 4.5%, 食用盐 0.6%, 韧性饼干专用复配酶制剂 R103 0.1%, 水 28%。空心饼干生产中不能添加焦亚硫酸钠, 否则会严重影响饼干的空心度, 必须选用能完全替代焦亚硫酸钠的韧性饼干专用复配酶制剂, 以方便打粉和成型, 并显著改善空心度; 同时确定了空心饼

干的制作工艺为：面团醒发 60 min，起始炉温面火/底火 150 °C/150 °C 烘烤 2.5 min，再调面火/底火 190 °C/160 °C 烘烤 10 min，此配方和工艺条件下制作的空心饼干（参见图 9）涨发饱满、内部空洞大、口感酥脆又不易破碎，方便后续注心操作，这些研究结果对饼干界尤其是注心饼干的生产具有很强的实践指导意义。



图 9 较理想的空心饼干

参考文献：

- [1] 楚炎沛, 黄从容. 饼干行业的发展及产品创新[J]. 粮油食品科技, 2010, 18(6): 60-63.
 - [2] 王敏. 影响韧性饼干断裂现象的因素[J]. 粮油加工与食品机械, 2002(2): 43-44.
 - [3] Duncanmanley. 饼干加工工艺[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2006: 210-230.
 - [4] 黄海丽, 等编. 食品化学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1986: 41
 - [5] 薛文通主编. 新版饼干配方[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 128
 - [6] PAREYT B, van STEERTEGEM B, BRIJS K, et al. The impact of redox agents on sugar-snap cookie making[J]. Journal of Cereal Science, 2010, 52(2): 192-199.
 - [7] 苏伟政. 韧性饼干工业加工应用酶制剂替代焦亚硫酸钠解决方案[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 44-45
 - [8] 刘传富, 董海洲, 侯汉学. 影响饼干质量的关键因素分析[J]. 食品工业科技, 2002, 23(8): 87-89.
 - [9] MANOHAR R S, RAO P H. Effect of sugars on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture. 1997(3): 383-390.
 - [10] 钱佳, 徐艺铭, 孙婷婷, 等. 碳酸氢铵的应用现状及发展趋势[J]. 农家参谋, 2019(23): 157.
 - [11] 李里特, 江正强. 焙烤食品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010: 31-43.
 - [12] 马传国, 盖争艳, 娄丽娟. 油脂对面团特性及微观结构的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 43-46.
 - [13] 王显伦. 饼干配方设计研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1996, 17(1): 52-56.
 - [14] SPENDLER T, NILSSON L, FUGLSANG C C, et al. Preparation of dough and baked products[J]. 2002, United States patent US 6, 365, 204.
 - [15] 邓攀, 刘旭海, 张细和, 等. 烘焙参数对饼干品质的影响[J]. 食品工程, 2016(2): 46-49+58. 
- 备注：本文的彩色图表可从本刊官网（<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>）、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。