抹竹在食品工业中的应用研究

付诗尧， 陈 亮， 张艳雯， 张 英*

（浙江大学 生物系统工程与食品科学学院，浙江省农产品加工技术研究重点实验室，浙江省食品加工技术与装备工程研究中心，浙江 杭州 310058）

摘要： 抹竹是一种以特种竹叶为原料创制的色泽翠绿、质地细腻的超微粉末，本研究将其应用于3类食品的加工中，即蛋糕、酸奶和牛轧糖。通过感官评价和喜好度测试，确定了抹竹在蛋糕中的适宜添加量（质量分数）为4%（以面粉质量计），在酸奶中的适宜添加量（质量分数）为1%（以酸奶质量计），在牛轧糖中的适宜添加量（质量分数）为5%（以棉花糖质量计）。以市售一级抹茶为参照，同为4%的添加量下，抹竹蛋糕的感官品质和结构优于抹茶蛋糕。此外，抹竹和抹茶的添加均延长了蛋糕的货架期。通过感官评价、流变学测试、乳清析出率和持水率的测定，抹竹酸奶表现出比抹茶酸奶更稳定的产品性能，且大众接受度比抹茶酸奶高出41.7%。抹竹和抹茶在牛轧糖中应用的结果表明，二者都具有均匀的质地和清香的风味，但抹竹牛轧糖的色泽更加翠绿诱人。本文研究结果表明，在蛋糕、酸奶和牛轧糖中添加适量的抹竹和抹茶，在赋予产品绿色健康概念的同时，抹竹具有完全可与抹茶媲美的工艺适性、且在产品色泽和清香风味上更具优势，是一种标准意义上的天然、绿色的食品功能配料或膳食补充剂。

关键词： 抹竹；抹茶；食品功能配料；蛋糕；酸奶；牛轧糖

中图分类号：TS 201.1　**文章编号：**1673-1689(2019)08-0060-11　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.08.009

Study on Application of Matzhu (Bamboo-Leaf Superfine Powder) in Food Industry

FU Shiyao, *CHEN Liang*, *ZHANG Yanwen*, *ZHANG Ying**

(College of Bio-systems and Food Science, Zhejiang Key Laboratory for Agro-Food Processing, Zhejiang Engineering Center for Food Technology and Equipment, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: Matzhuis a novel superfine powder made from special bamboo leaf, which is of emerald green color and exquisite texture. In this paper, Matzhu was applicated in three kinds of food processing, i.e cake, yogurt and nougat. The appropriate amount of added level of Matzhu in cake is about 4 %(w/w, according to flour weight), in yogurt is 1 %(w/w, according to yogurt weight), and in nougat is 5 %(w/w, according to cotton candy weight) based on sensory evaluation and preference test. Taking Matcha (superfine powder of green tea) as a reference and under the same addition level

收稿日期： 2017-11-23

基金项目： 国家“973”计划项目和国家重大科学研究计划项目(2012CB720806)。

* **通信作者：** 张 英(1961—)，女，博士，教授，博士研究生导师，主要从事天然产物与功能性食品研究。E-mail：yzhang@zju.edu.cn

引用本文： 付诗尧，陈亮，张艳雯，等. 抹竹在食品工业中的应用研究[J]. 食品与生物技术学报，2019，38(08)：60-70.

4 %,the sensory quality and structure of Matzhu cake was better than Matcha cake. At the same time,both cakes extended the shelf life. Through the sensory evaluation,rheological properties test, whey precipitation rate test and water-holding capacity evaluation,it was revealed that Matzhu yogurt had more stable product performance,and it's acceptance is 41.7 % higher than that of Matcha yogurt. The results of Matzhu and Matcha's application research in nougat showed that both nougats had uniform texture and pleasant flavor,however,Matzhu nougat was of better green and bright color. The results of this study showed that using Matzhu and Matcha in above three food samples can bring the concept of green health to product. Meanwhile,the processing adaptability of Matzhu can be comparable to Matcha and the former it has more advantages in emerald green color and faint scent of final products. Matzhu could be a natural,green food functional ingredient or dietary supplement.

Keywords: Matzhu,Matcha,food functional ingrident,cake,yogurt,nougat

已知竹叶中含有大量对人体有益的生物活性物质,如:黄酮、酚酸、萜类、多糖、腺苷,以及有机锗和有机硅等特种元素,具有抗自由基、抗氧化、增强免疫、调节脂代谢和防护心脑血管疾病等多重功效[1-3]。竹叶包裹的粽子被誉为人类历史上最古老的半方便食品,据考其历史在万年以上。我国及东南亚地区自古以来就有食用竹叶的习惯,如《千金月令》载“七月竹叶粥,中暑者宜用”,《本草求真》曰:“竹叶,凉心缓脾,清痰止渴”。从竹叶中提取的竹叶抗氧化物已于 2004 年列入国标 GB 2760 作为食品添加剂使用,竹叶黄酮也于 2014 年被中国政府批准作为“新食品原料”。目前,市面上已有几种以竹叶为原料开发的竹叶原茶和速溶保健茶,前者多以淡竹叶为原料,后者多用竹叶提取物调配而成[4-5]。

抹竹是笔者科研团队近年来创制的专利产品[6]。它以禾本科(Graminae)竹亚科(Bambusoideae)植物的新鲜叶片为原料,通过护绿和纳米化等工艺制得的色泽翠绿、质地细腻的超微粉末,其粒径分布在 800~5 000 目之间,膳食纤维质量分数一般在 70%以上。同时,抹竹拥有比抹茶更加翠绿、明亮、稳定的色泽,并拥有竹叶的清香风味,且具有远低于抹茶的重金属和农残水平,是一种标准意义上的天然、绿色的食品功能性配料或膳食补充剂。

本文以市售一级抹茶为参照,将抹竹应用于烘焙食品、发酵食品和糖果生产中,探索抹竹在不同食品体系中的适宜添加量范围,并考察其对终端产品的色泽、口感、滋味、香味、质地以及货架寿命等方面的影响,评价其在食品工业中作为一种新型功能配料的应用前景。

1 材料与方法

1.1 原材料与实验设备

抹竹(实验室自制),是以苦竹鲜叶为原料得到的一种色泽明亮翠绿,平均粒径为 1 000 目的超微粉末,具有典型的竹叶清香,总膳食纤维质量分数为 77%。

对照品:一级抹茶粉,由浙江省茶叶集团股份有限公司提供。平均粒径为 800 目,色泽嫩绿,具有明显海苔香,总膳食纤维质量分数为 64%。

面粉、白砂糖、纯牛奶、玉米油、鸡蛋、泡打粉、食醋均为市售商品。酸奶发酵剂(麦芽糊精、嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、嗜酸乳杆菌、双歧杆菌等),安琪酵母股份有限公司出品。

实验所涉及仪器设备:SEC-2Y 双层烤炉,珠海三麦机械有限公司;TEDDY 打蛋器,深圳市斯瑞达食品设备有限公司;SN10L03A 酸奶机,杭州九阳生活电器有限公司;CM-600d 色差仪,日本 KNICA MINOLTA 公司;TA. new Plus 质构仪,美国 isenso 公司;MCR302 流变仪,奥地利安东帕公司;LRH-150 恒温恒湿培养箱,上海一恒科学仪器有限公司;JA21002 分析天平,上海舜宇恒平科学仪器有限公司。

1.2 抹竹在蛋糕加工中的应用

1.2.1 蛋糕的配方及工艺流程 抹竹蛋糕的制作参考抹茶蛋糕的工艺进行[7],配方如表 1 所示。

按表 1 准备好配料后,即可按照图 1 的工艺流

程进行制作。

表 1 戚风蛋糕配方比例

Table 1 Basic formula of chiffon cake

原料	质量/g 或质量分数
蛋清	120
蛋黄	70
白糖	蛋清中: 48 蛋黄中: 20
面粉	85
抹竹/抹茶	2%, 4%, 6%
泡打粉	2.1
蛋糕油	40
牛奶	40

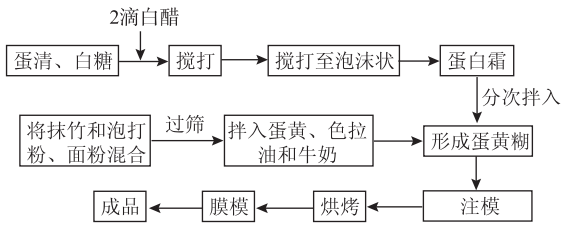


图 1 戚风蛋糕的制作工艺流程图

Fig. 1 Process chart of chiffon cake

1.2.2 抹竹添加量对蛋糕感官品质的影响 以面粉质量计,抹竹的添加量设置成 3 个水平(质量分数分别为 2%、4%、6%),分成 3 组。按照图 1 的工艺流程制作戚风蛋糕,选择 15 位感官评价员进行感官评价(评分标准见表 2)。感官评价员均为本校食品与营养系训练有素的教师和研究生(下同)。

蛋糕比容的测定采用小米排重法。取容量适宜的烧杯,用小米填满,摇实并用直尺刮平,再将小米倒入量筒,量出体积为 V_1;取待测蛋糕样品,称取质量为 m,然后放入烧杯内,用小米填满,摇实并用直尺刮平,取出蛋糕,用量筒量取剩余小米体积 V_2,$V=(V_1-V_2)$即为蛋糕体积[8-9]。蛋糕比容计算公式为

$$P=V/m$$

式中:P 为蛋糕比容,mL/g;V 为蛋糕体积,mL;m 为蛋糕质量,g。

1.2.3 抹竹蛋糕和抹茶蛋糕的感官评价 根据以上实验得出适宜的抹竹添加量,以此添加水平制作抹竹蛋糕,同时制作相同添加水平的抹茶蛋糕,并设原味蛋糕为空白对照。同时对 3 组蛋糕进行感官评价。

1.2.4 抹竹蛋糕和抹茶蛋糕的质构比较 将冷却后的蛋糕(原味蛋糕、抹竹蛋糕和抹茶蛋糕)去皮取芯,切成 20 mm×20 mm×20 mm 的立方块,放入保鲜袋中待测,用质构仪测定其硬度、弹性、回复性、黏聚性和咀嚼性,每个待测样设置 6 个平行。质构仪参数设定如下:探头型号 P36/R,TPA 模式,测试前

表 2 蛋糕感官评定标准 *

Table 2 Sensory score reference standard of cake*

项目	分数等级	评分标准	评分
比容 10 分	0~10	比容为 1 时得分为 3 分,比容每增加 0.2,得分加 0.5 分	
形态 20 分	14~20	外形完整、表明光滑、上部有较大弧度、糕体不塌陷	
	7~13	外形完整、上部有一定弧度、表面略有气泡、环纹、顶部轻微裂口、糕体局部塌陷	
	6 及以下	外形不完整、表面有深度环纹、顶部裂口较大、糕体塌陷收缩	
色泽 20	14~20	表面黄绿色、内部鲜绿色,有光泽	
	7~13	表面颜色过深或不均匀、内部颜色较浅或过深,有异色,有光泽	
	6 及以下	表面颜色黄褐色、不均匀、内部无绿色且有严重的不悦目色泽,无光泽	
内部结构 20 分	14~20	松软、气孔小而均匀、光滑细腻	
	7~13	气孔略大稍粗糙,不均匀、底部无坚实部分	
	6 及以下	气孔较大且粗糙、底部气孔紧密、有硬块及坚实部分	
弹柔性 10 分	7~10	柔软有弹性,按下去后复原很快	
	4~6	柔软较有弹性,按下去后复原较快	
	3 及以下	柔软性、弹性差,按下去后难复原	
滋味 20 分	14~20	蛋香味纯正、清香明显、口感绵软、细腻且有潮湿感	
	7~13	清香味较淡、略带苦味、口感绵软略有坚韧感、稍干	
	6 及以下	无清香味、有蛋腥味、苦涩味较重、口感粗糙、有颗粒感	

注:* 参照国标 GB/T 24303—2009《粮油检验 小麦粉蛋糕烘焙品质实验》。

速度 2.0 mm/s,测试速度 1.0 mm/s,测试后速度 2.0 mm/s,停留时间 5 s,压缩程度 50%,感应力 5*g*,两次压缩之间设 1 s 的时间间隔[10]。

1.2.5 抹竹蛋糕和抹茶蛋糕的货架期比较 1)老化程度。称取相同大小冷却后的抹竹蛋糕、抹茶蛋糕和原味蛋糕 (20 mm×20 mm×20 mm 立方块),室温条件下放置(25 ℃,相对湿度 70%),利用质构仪测定 3 组蛋糕贮存不同时间(12 和 24 h)后的老化程度。重复测试 6 次。

2) 菌落总数。测试方法参考 GB/T 4789.2—2016[11],称取相同质量的抹竹蛋糕、抹茶蛋糕和原味蛋糕装入包装盒中保存,贮藏条件如下:室温(25 ℃,相对湿度 70%)存放 1、4 和 7 d 后,测定菌落总数。

1.3 抹竹在酸奶加工中的应用

1.3.1 酸奶的制作 酸奶的制作工艺流程如图 2 所示。

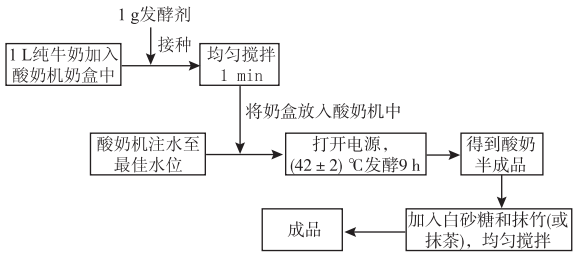


图 2 酸奶的制作工艺流程

Fig. 2 Process chart of yogurt

1.3.2 抹竹添加量对酸奶感官品质的影响 抹竹添加量(质量分数)设 0.5%、1.0%、1.5%三个水平,感官评价员参照国标 GB 19302—2010《发酵乳》[12]对 3 组酸奶进行感官评价。色泽指标以明亮的翠绿色为最佳,黄绿色次之,黄绿色兼有不均匀、不悦目的颜色最差。

1.3.3 抹竹和抹茶酸奶的感官品质比较 按照 1.3.2 节得到的抹竹适宜添加量制作抹竹酸奶,并制作相同添加剂量的抹茶酸奶,同时设不添加的原味酸奶为空白对照。由感官评价员对 3 组酸奶进行评价打分,标价标准与 1.3.2 节相同,并根据各自的喜好度做出选择。

1.3.4 抹竹和抹茶酸奶的流变学性质比较 利用 Anton pear 流变仪对相同添加量的抹竹和抹茶酸奶及其空白对照原味酸奶进行流变学测试,通过应力扫描、频率扫描和黏弹性测试表征其流变学特性[13]。测试时采用 PP50 不锈钢平板探头,测试温度为(10±0.5) ℃。

1.3.5 抹竹和抹茶酸奶乳清析出率比较 将原味酸奶、抹竹酸奶和抹茶酸奶分别放置在(4±1) ℃冰箱中冷藏,测定贮存第 1、5、10、15 和 20 d 时的乳清析出率。乳清析出率采用式(1)进行计算[14]

$$乳清析出率=\frac{乳清质量}{酸奶质量}\times 100\% \quad (1)$$

1.3.6 抹竹和抹茶酸奶持水率比较 称取 3 种不同的酸奶质量 *m* 各 20 g 于离心管中,然后在 20 ℃下,以 3 000 r/min 离心 10 min。倒出上清液,取沉淀称重得质量 m_1[15]。持水率计算公式为

$$持水率=\frac{m_1}{m}\times 100\% \quad (2)$$

1.4 抹竹在牛轧糖中的应用

1.4.1 牛轧糖的配方及工艺流程 表 4 为牛轧糖的配方。制作流程如图 3 所示。

表 4 牛轧糖配料表

Table 4 Basic formula of nougat

原料	质量/g 或质量分数
奶粉	50
棉花糖	100
黄油	20
抹竹/抹茶	2 %, 5 %, 8 % (以棉花糖质量计)
花生	35

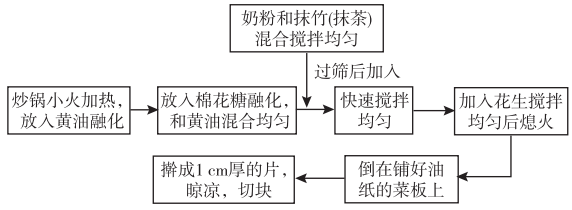


图 3 牛轧糖的制作工艺流程图

Fig. 3 Process chart of nougat

1.4.2 抹竹添加量对牛轧糖感官品质的影响 牛扎糖中抹竹的添加量(质量分数)设 3 个水平:2%、5%、8%,感官评价包含色泽、组织、风味和口感 4 个方面,并记录感官评价员的喜好度,由此确定抹竹适宜的添加剂量。感官评价标准参照行业标准 SB/T 10104—2008《充气糖果》[16]。色泽指标以明亮的翠绿色为最佳,浅绿色次之,黄绿色兼有不均匀、不悦目的颜色最差。

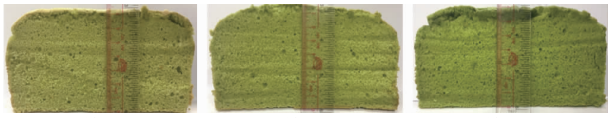
1.4.3 抹竹和抹茶牛轧糖的感官品质比较 根据

1.4.2 节确定的抹竹适宜添加量制作抹竹牛轧糖,同时制备相同添加量的抹茶牛轧糖,并以原味牛轧糖作为空白对照。组织感官评价员对 3 组牛轧糖进行感官评定,并做出喜好度选择。

2 结果与分析

2.1 抹竹在蛋糕加工中的应用

2.1.1 适宜添加量的选择 图 4 为 3 种不同抹竹添加量的蛋糕切面。可看出随着抹竹添加量的增加,蛋糕体的绿色逐渐加深。2%的抹竹蛋糕内部呈现暗黄绿色,切面有较多大小不一的气孔,蛋糕上部膨胀幅度不太明显, 基本为平台形;4%的抹竹蛋糕内部颜色鲜绿,切面气孔大小较均一,蛋糕上部膨胀幅度较大,呈圆拱形,说明蛋糕发起程度较好;6%的抹竹蛋糕切面呈现深绿色,内部气孔较小且分布均匀,蛋糕上部膨胀幅度不太明显。不同抹竹添加量(2%、4%、6%)的蛋糕发起的高度分别为 7.3、7.7 和 7 cm。



(a)抹竹2% (b)抹竹4% (c)抹竹6%

图 4 不同添加量的抹竹蛋糕切面

Fig. 4 Mozhu cake with different dosage

感官评价结果如图 5 所示。总体来看,2%和 4%的抹竹蛋糕得分较接近, 各项得分均高于 6%的抹竹蛋糕。4%抹竹蛋糕在比容、形态、色泽和滋味上的得分均高于其他两个剂量,在内部结构和弹柔性上 2%抹竹蛋糕得分稍高于其他两个剂量。不同添加量(2%、4%、6%) 抹竹蛋糕的感官评定总分依次为 77.6、80.2 和 68.4 分。因此,选择 4%为抹竹在蛋糕配方中的适宜添加量。

2.1.2 抹竹蛋糕和抹茶蛋糕的感官品质比较 图 6 显示了原味蛋糕和分别添加 4%抹竹和抹茶的蛋糕切面。从发起高度看,抹竹蛋糕最好,抹茶蛋糕与原味蛋糕接近;从切面形态看,原味蛋糕的气孔小而致密,抹竹蛋糕与抹茶蛋糕的气孔相对疏松;从糕体色泽看,抹竹蛋糕经高温烘烤后依然保持鲜艳怡人的绿色,而抹茶蛋糕则呈现黄绿色,差异明显。

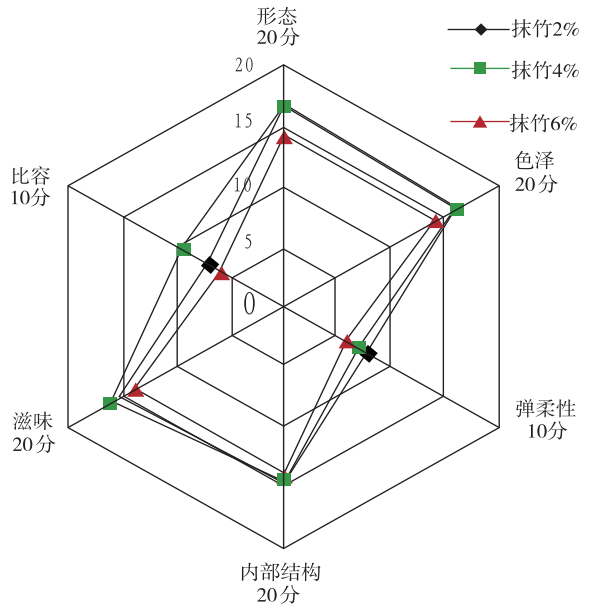
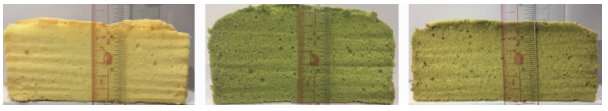


图 5 三种不同添加量的抹竹蛋糕感官评价图

Fig. 5 Sensory evaluation map of Mozhu cakes with different dosage



(a)原味蛋糕 (b)抹竹蛋糕 (c)抹茶蛋糕

图 6 不同种类蛋糕的切面图

Fig. 6 Section view of different kinds of cakes

表 6 中:L^* 表示样品亮度,a^* 表示样品的红绿色向,$\triangle a^*$ 表示样品的 a^* 值相对标准点的差值,“+”值为红色,“−”值为绿色;b^* 表示样品的蓝黄色向,“+”值为黄色,“−”值为蓝色[17]。由表 6 可知,原味蛋糕的亮度值最大,其次是抹竹蛋糕,抹茶蛋糕最暗。从 $\triangle a^*$ 值来看,抹竹蛋糕的 $\triangle a^*$ 最小,表明其颜色最绿。而抹茶蛋糕的 $\triangle a^*$ 接近 0,表明其色向即将由绿变为红。

表 6 不同种类蛋糕的色差量值

Table 6 Color difference between three kinds of cake

组别	L^*	$\triangle a^*$	$\triangle b^*$
原味蛋糕	84.17±0.33^a	−1.58±0.03^a	29.79±0.07^a
抹竹蛋糕	65.12±0.40^b	−9.56±0.03^b	46.29±0.31^b
抹茶蛋糕	59.60 ± 0.46^c	−0.38±0.02^c	40.22±0.11^c

3 组蛋糕的感官评价结果汇总于图 7。总得分为:原味蛋糕 83.5 分,抹竹蛋糕 83.9 分,抹茶蛋糕 69.6 分。表明原味蛋糕和抹竹蛋糕的接受度更高,是由于原味蛋糕与抹竹蛋糕在形态、色泽、弹柔性

和内部结构上差异不大,同时抹竹蛋糕与原味蛋糕在外形和色泽上的得分均高于抹茶蛋糕。

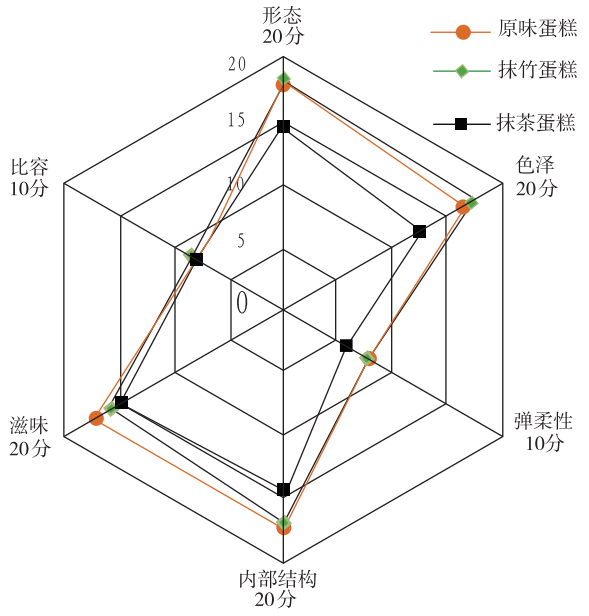


图 7　不同种类蛋糕的感官评价图

Fig. 7　Sensory evaluation map of different cakes

2.1.3　抹竹蛋糕和抹茶蛋糕的质构比较　TPA 质构测试又称二次咀嚼测试,主要利用探头对样品进行两次压缩,从而模拟食物在口腔的咀嚼过程,从力学角度反映受试食品的结构和质地等特征[18]。质构测试减少了人为因素的干扰,能更加准确地从硬度、弹性、黏聚性、回复性和咀嚼性等多个方面评价蛋糕内部结构和口感的差异[19]。3 组蛋糕的质构测试结果列于表 7。

由表 7 数据可知,3 组蛋糕的硬度无显著性差异;弹性指标方面,原味蛋糕与抹竹蛋糕的弹性相近,都显著大于抹茶蛋糕;在回复性指标上,3 种蛋糕均无显著性差异。蛋糕的弹性和咀嚼性适中,硬度越小,品质越好[20]。有研究表明,蛋糕的弹性和回复性与其品质优劣呈正相关[21],即表示这两项值越大,越松软爽口。抹竹蛋糕弹性与空白对照接近,比抹茶蛋糕更松软、Q 弹。

黏聚性方面,原味蛋糕数值最大,其次是抹竹蛋糕,抹茶蛋糕最小。黏聚性是样品经过第一次压缩后,糕体对第二次压缩产生的抵抗力,可反映蛋糕内部结合力的大小[22]。说明原味蛋糕糕体内部结合力最大,其次是抹竹蛋糕,抹茶蛋糕内部结合力较弱。

表 7　不同种类蛋糕的质构测试结果

Table 7　TPA results of different cakes

指标	硬度/N	弹性	黏聚性	回复性	咀嚼性/N
原味蛋糕	183.7±15.0 ^{a}	0.90±0.03 ^{a}	0.77±0.02 ^{a}	0.38±0.02 ^{a}	127.6±13.8 ^{a}
抹竹蛋糕	183.8±10.0 ^{a}	0.91±0.05 ^{a}	0.75±0.01 ^{b}	0.37±0.01 ^{a}	119.3±11.8 ^{a}
抹茶蛋糕	184.9±11.1 ^{a}	0.84±0.04 ^{b}	0.74±0.01 ^{c}	0.37±0.01 ^{a}	102.8±10.3 ^{b}

咀嚼性方面,原味蛋糕与抹竹蛋糕无显著差异,而抹茶蛋糕则显著降低。

质构分析结果表明,只要将抹竹的添加量控制在适宜的范围内(如质量分数≤4%),并不会对蛋糕的结构产生不良影响。

2.1.4　抹竹蛋糕和抹茶蛋糕的货架期比较　1)老化程度。3 组蛋糕常温下放置 12 和 24 h 后,继续进行质构分析,结果如表 8 所示。

3 组蛋糕放置 12 和 24 h 后都有不同程度的失水,硬度均有所增加,但均无显著性差异。弹性和回复性两个指标与蛋糕蓬松的口感密切相关,其中原味蛋糕和抹竹蛋糕放置 12 h 后的弹性和回复性大于抹茶蛋糕,但 24 h 后弹性和回复性相接近。表明随着保存时间的增加,其失水程度趋向一致。

黏聚性方面,3 组蛋糕放置 12 h 后,原味蛋糕与抹竹蛋糕的黏聚性基本一致,均显著大于抹茶蛋糕,掉渣情况也稍优于后者;但 24 h 后黏聚性接近,无显著差异。咀嚼性方面,放置 12 和 24 h 后,抹竹蛋糕与原味蛋糕无显著性差异,均优于抹茶蛋糕。

2)菌落总数。3 组蛋糕放置不同天数后菌落总数的测定结果如表 9 所示。

由表 9 的数据可明显看出,3 组蛋糕放置 7 d 后,原味蛋糕的菌落总数达到 2.9×10^{11} cfu/g,抹竹蛋糕为 1.5×10^{10} cfu/g,抹茶蛋糕为 3.7×10^{10},表明抹竹和抹茶的添加均有抑制微生物的作用,且抹竹的效果优于抹茶。抹竹含有十分丰富的抑菌成分[23-24],将其应用于蛋糕的生产,有助于延长产品的货架寿命。

表 8 不同种类蛋糕放置不同时间后的质构差异

Table 8 TPA differences of different kinds of cakes with different shelf time

放置时间/h	指标	硬度/N	弹性	黏聚性	回复性	咀嚼性/N
12	原味蛋糕	268.2±46.7 a	0.88±0.02 a	0.73±0.04 a	0.35±0.03 a	199.7±35.2 a
	抹竹蛋糕	261.5±46.5 a	0.87±0.01 a	0.73±0.04 a	0.35±0.03 a	174.9±34.8 a
	抹茶蛋糕	271.7±41.4 a	0.82±0.02 b	0.68±0.04 b	0.31±0.03 b	161.4±38.1 b
24	原味蛋糕	482.3±78.6 a	0.85±0.02 a	0.67±0.03 a	0.30±0.02 a	279.1±45.9 a
	抹竹蛋糕	487.9±75.2 a	0.85±0.02 a	0.63±0.02 b	0.28±0.02 a	264.3±49.1 a
	抹茶蛋糕	460.0±66.7 a	0.82±0.01 a	0.65±0.02 a	0.29±0.02 a	211.9±47.0 b

表 9 3 种蛋糕放置不同时间后的菌落总数

Table 9 Total colonies number of three kinds of cakes in different shelf time

类型	菌落总数/(cfu/g)		
	1 d	4 d	7 d
原味蛋糕	0	3.1×10^{7}	2.9×10^{11}
抹竹蛋糕	0	2×10^{6}	1.5×10^{10}
抹茶蛋糕	0	2.6×10^{6}	3.7×10^{10}

2.2 抹竹在酸奶加工中的应用

2.2.1 抹竹添加量的确定 3 种不同添加量的抹竹酸奶(0.5%,1.0%,1.5%)的感官评价结果如图 8 所示。

从图 8 可见,1.5%抹竹酸奶的色泽和香气得分均高于另外两组,而滋味的得分 3 组较接近,组织状态上 1.0%添加量得分明显高于其他两组;但抹竹添加量较高时(1.5%),在酸奶中分散困难,容易团聚、产生颗粒感。酸奶的喜好度评价见表 10。

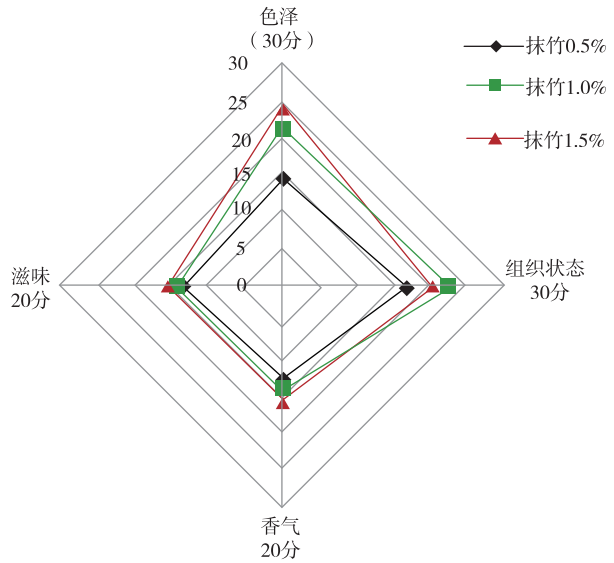


图 8 不同抹竹添加量的酸奶感官评价图

Fig. 8 Sensory evaluation map of Mozhu yogurt with different dosage

表 10 不同抹竹添加量的酸奶的可接受度

Table 10 Acceptability of Mozhu yogurt with different dosage

样品	非常喜欢/人	较喜欢/人	一般/人	不喜欢/人	可接受度/%
①抹竹 0.5%	2	5	3	2	58.3
②抹竹 1.0%	4	6	2	0	83.3
③抹竹 1.5%	3	6	2	1	75.0

将每种样品中非常喜欢和较喜欢的人数相加除以总人数定义为大家对该样品的喜好程度,则样①的喜好程度为 58.3%,样②的喜好程度为 83.3%,样③的喜好程度为 75%。由表 10 可知,样品②添加量为 1.0%的抹竹酸奶更受大家喜欢。虽然样②的色泽和气味得分稍弱于样③,但后者“竹青味”过重,有人表示无法接受。综合看来,1.0%为抹竹在酸奶中的适宜添加量。

2.2.2 抹竹酸奶和抹茶酸奶的感官评价 3 种酸奶的感官评价结果汇总于图 9,抹茶酸奶在 4 项评价指标中的得分均为最低。在色泽和香气上,抹竹酸奶的得分与原味酸奶无显著差异,而嫩绿色的抹竹酸奶比黄绿色的抹茶酸奶更受青睐。抹茶粉加入酸奶后,其香味被酸奶稀释和掩盖,因此抹茶香不明显。但抹竹的香味独特而清新,辨识度高,加入酸奶后其不愉悦的青草味与奶味中和,使抹竹的香味更易被接受。

组织状态方面,原味酸奶的得分高于抹竹酸奶和抹茶酸奶,表明抹竹和抹茶的添加一定程度上影响了酸奶的组织状态和口感。在滋味上,原味酸奶的得分与抹竹酸奶接近,二者皆高于抹茶酸奶。3 种酸奶的喜好度评价结果见表 11。

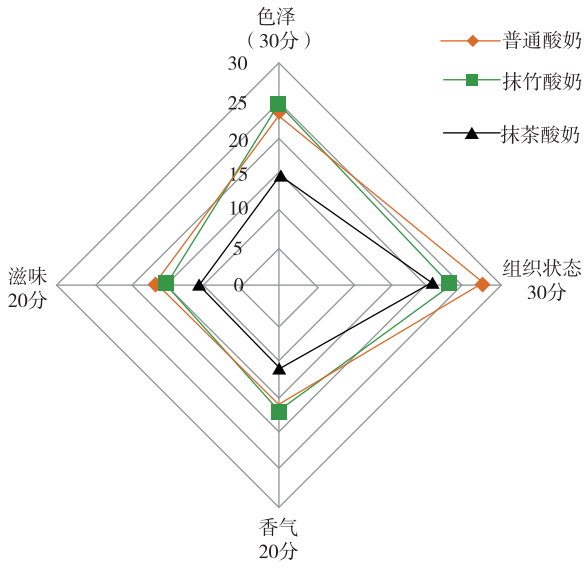


图 9　三种不同酸奶的感官评价图

Fig. 9　Sensory evaluation map of three different kinds of yogurt

表 11　3 种酸奶的可接受度

Table 11　Acceptability of three different kinds of yogurt

样品	非常喜欢/人	较喜欢/人	一般/人	不喜欢/人	可接受度/%
①原味酸奶	4	8	0	0	100
②抹竹酸奶	3	6	2	1	75
③抹茶酸奶	1	3	5	3	33.3

样①的喜好程度为 100%,样②为 75%,样③为 33.3%。表明常态的原味酸奶更符合传统的消费习惯,而对于强化抹竹和抹茶后的新型酸奶,评价员则对抹竹酸奶的喜好程度更高。

2.2.3　抹竹酸奶和抹茶酸奶的流变学性质比较　3 种酸奶试样的频率扫描结果见图 10。酸奶在制作过程发生的物理变化实际上是牛乳由黏性溶胶状态转变为弹性凝胶状态。此过程中,形变产生的应力转变为贮存于样品中的一种弹性能量,以弹性模量(或贮能模量)G'来表示,可用于衡量样品的弹性尺度。同时,样品损失的那部分能量以黏性模量(或损失模量)G''表示,可用于评估样品的黏性特征[25]。由图 10 可知,测试频率由 0.1 Hz 增加到 10 Hz 的过程中,3 种酸奶试样的 G'和 G''均呈上升趋势,且 G'均大于 G'',说明 3 种样品的弹性特征大于黏性特征,样品呈现类固体凝胶状态。

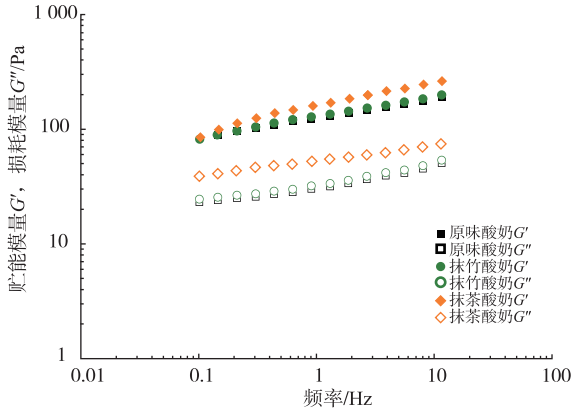


图 10　三种酸奶的频率扫描结果

Fig. 10　Frequency scan results of three kinds of yogurt

损耗角正切为黏性模量 G''与弹性模量 G'的比值,可反映样品的黏弹性[26]。3 个试样中,原味酸奶的损耗角正切为 1 000.2 Pa,抹竹酸奶为 1 001.9 Pa,抹茶酸奶为 1 002.6 Pa,无明显区别。表明 1%抹竹与抹茶粉的加入不会对酸奶原有的流变性和凝胶特性带来不利影响。

3 种酸奶试样的表观黏度测试结果如图 11 所示。

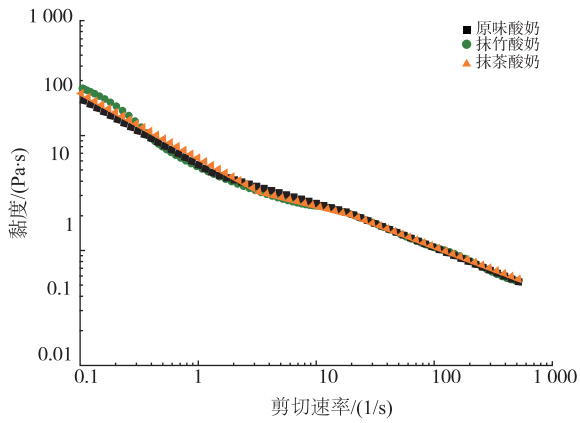


图 11　三种酸奶的黏度随剪切速率变化曲线

Fig. 11　Curves of three kinds of yogurt viscosity change with shear rate

如图 11 可知,原味酸奶、抹竹酸奶和抹茶酸奶的黏度均随着剪切速率的增加而减小,3 种试样呈现相同规律的剪切稀释,表明添加 1%的抹竹与抹茶并未对酸奶黏度造成不利影响。

2.2.4　抹竹酸奶和抹茶酸奶的乳清析出率比较　由表 12 可知,3 种酸奶的乳清随着存放时间的增加而逐渐析出。抹茶酸奶在第 10 天就有乳清析出,析出率为 3.20%,此时另外两个试样并未发现乳清析

出现象。第 15 天时，抹茶酸奶的乳清析出率为 4.87%,抹竹酸奶为 2.89%,原味酸奶为 1.24%。存放 20 d 后,酸奶的品质已经劣变,乳清析出明显增多,出现酸败味;乳清析出率由高到低依次为:抹茶酸奶 11.72%、抹竹酸奶 9.23%、原味酸奶 6.56%。抹竹和抹茶均为富含膳食纤维的超微粉末,随着贮存时间的延长,它们会渐渐影响到酸奶的蛋白网络结构[27],导致乳清析出。添加 1%的抹竹和抹茶会显著促进酸奶的乳清析出,且抹竹的影响小于抹茶。

表12　三种酸奶的乳清析出率

Table 12　Whey precipitation rate of three kinds of yogurt

%

贮藏时间/d	原味酸奶	抹竹酸奶	抹茶酸奶
1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
5	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
10	0.00±0.00	0.00±0.00	3.20±0.10
15	1.24±0.09[a]	2.89±0.12[b]	4.87±0.14[c]
20	6.56±0.13[a]	9.23±0.14[b]	11.72±0.16[c]

2.2.5　抹竹酸奶和抹茶酸奶的持水性比较　3 种酸奶试样的持水率测定结果如表 13 所示。原味酸奶和抹竹酸奶的持水率无显著性差异,但抹茶酸奶的持水性明显下降。当凝胶网络结构不稳定时,酸奶的持水率偏低,而抹竹和抹茶这类超微粉末的加入会影响酸奶凝胶结构的稳定性[28]。本研究中由于抹竹的平均粒径(1 000 目)细于抹茶(800 目),因此抹竹对酸奶的凝胶结构和持水性影响较小。

表 13　3 种酸奶的持水性

Table 13　Water-holding rate of three kinds of yogurt

指标	原味酸奶	抹竹酸奶	抹茶酸奶
持水率/%	83.7 ± 0.72[a]	84.8 ± 0.73[a]	79.5 ± 0.48[b]

2.3　抹竹在牛轧糖中的应用

2.3.1　抹竹添加量的确定　3 组不同抹竹添加量的牛轧糖感官评价结果如图 12 所示,5%的抹竹牛轧糖色泽得分明显高于另外两组,2%的抹竹牛轧糖绿色较浅,8%的绿色过深。在组织指标上,5%的抹竹牛轧糖得分最高,其他两组差异不大。3 组牛轧糖的风味和口感得分值接近,无明显差异。

表 14 展示了 3 种不同添加水平的抹竹牛轧糖的可接受度。2%抹竹牛轧糖的喜好程度为 83.3%,5%抹竹牛轧糖为 91.7%,8%抹竹牛轧糖为 58.3%。表明抹竹在牛轧糖中的适宜添加量为 5%，可接受性最高。

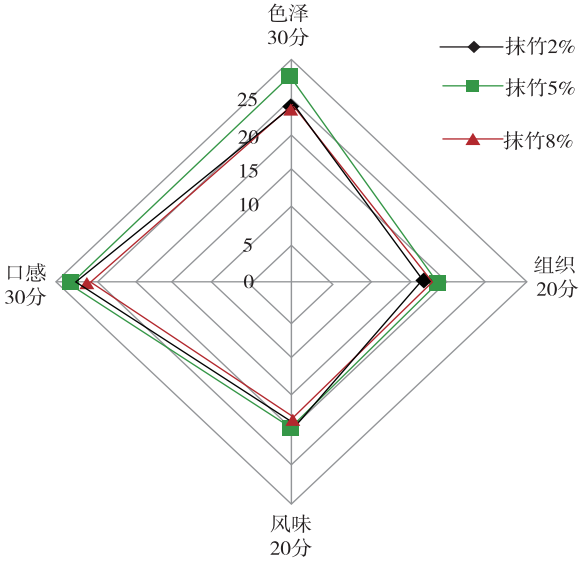


图 12　不同添加量的抹竹牛轧糖感官评价图

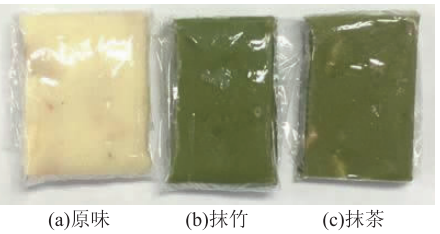
Fig. 12　Sensory evaluation map of Mozhu nougat with different dosage

表 14　不同添加量的抹竹牛轧糖的可接受度

Table 14　Acceptability of Mozhu nougat with different dosage

样品	非常喜欢/人	较喜欢/人	一般/人	不喜欢/人	可接受度/%
①抹竹2%	5	5	5	0	83.3
②抹竹5%	3	8	4	0	91.7
③抹竹8%	0	7	6	2	58.3

2.3.2　不同牛轧糖的感官品质　图 13 为原味牛轧糖、5%抹竹牛轧糖和 5%抹茶牛轧糖的试样外观。感官和喜好程度评价结果分别如图 14 和表 15 所示。



(a)原味　(b)抹竹　(c)抹茶

图 13　3 种不同牛轧糖的外观

Fig. 13　Appearance of three kinds of nougat samples

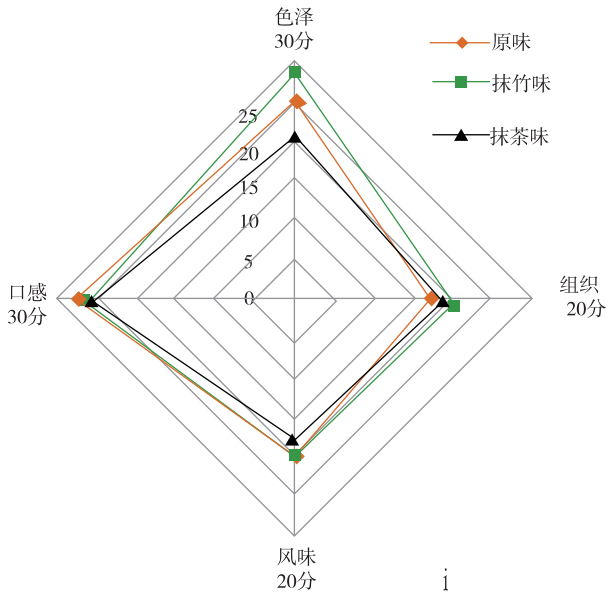


图 14　3 种牛轧糖的感官评价图

Fig. 14　Sensory evaluation chart of three kinds of nougat

表 15　3 种不同牛轧糖的可接受度

Table 15　Degree of preference of three different kinds of nougat

样品	非常喜欢/人	较喜欢/人	一般/人	不喜欢/人	可接受度/%
①原味	5	5	5	0	83.3
②抹竹	4	5	5	1	75.0
③抹茶	3	4	7	1	58.3

由图 14 可知,在色泽上抹竹牛轧糖得分最高,其次是原味,最后是抹茶味,主要贡献在于抹竹牛轧糖的嫩绿色更受欢迎。组织状态方面,仍然是抹竹牛轧糖得分略高于其他。风味上,原味与抹竹牛轧糖无显著性差异,二者都高于抹茶。口感方面,3 种试样得分无显著性差异。从表 15 的统计数据看,原味牛轧糖比较符合人们的传统消费习惯(喜好度为 83.3%),两种新型牛轧糖中,喜欢抹竹的人数多于抹茶,突出表现在翠绿色泽和清香风味具有更好的接受度。

3 结　语

本文研究结果表明,在适宜的添加量下,抹竹蛋糕的感官品质和结构优于抹茶蛋糕,抹竹酸奶表现出比抹茶酸奶更稳定的产品性能和更好的可接受度,抹竹牛轧糖的色泽比抹茶牛轧糖更加翠绿诱人。抹竹具有完全可与抹茶相比的工艺适性、且在产品色泽和清香风味上更具优势。

抹茶的出现使人们从“喝茶”时代进入“吃茶”时代。近年来抹茶在食品工业中的应用被不断拓展,随着人们健康意识的加强和消费能力的提高,这种趋势必将带动同类型产品的走红,如目前市场热销的、尤为受年轻人推崇的大麦若叶等。笔者团队发明的抹竹是一种具有本土资源特色和自主知识产权的新型产品,具有高度的热稳定性和光稳定性,能广泛应用于食品工业中作为天然色素、功能配料、乃至增稠剂及矫味剂使用,如应用于蛋糕、曲奇、冰淇淋、巧克力、糖果、奶茶,尤其是在需要高温加工(如烘焙、油炸、膨化)的食品中更具优势。

作为一种天然来源的功能性食材和低能量密度的功能性配料,抹竹可应用于固态、半固态、悬浮态的食品中,起到补充人体膳食纤维、改善胃肠道功能等作用,有助于预防便秘和控制体重。鉴于其翠绿外观和清香风味,可作为一种天然的着色剂和矫味剂,广泛应用于食品工业。当抹竹以一定比例添加于各类食品中,强化了竹叶黄酮等天然抗氧化成分,能改善人体微循环,调节脂代谢,有效保护心脑血管;同时,可提高人体对胰岛素的敏感性,防治胰岛素抵抗,预防代谢综合征。“只有全民健康,才有全面小康”,抹竹必将在健康中国的伟大征程中发挥其独特的优势。

参考文献:

[1] YANG Fulin,DENG Fangming,HUANG Qun,et al. Functional components and utility in bamboo leaves extract [J]. **Food and nutrition in China**,2004,5(6):53-55.(in Chinese)

[2] SONG Zhongrong,JIANG Xianglan,LI Shuwei,et al. Study on antioxidant activity of extracts of bamboo leaves [J]. **Chemical Research and Application**,2006,18(1):67-69.(in Chinese)

[3] 戴承恩. 杨梅黄酮降血糖和竹叶黄酮降血脂的分子作用机制初探[D]. 杭州:浙江工业大学. 2014.04.

[4] LUO Xiaomiao. The development of instant bamboo leaf tea [J]. **Journal of Forestry Engineering**,2004,18 (4):57-58.(in Chinese)
[5] CUI Feng,YAO Lu,ZHAO Lili. Study on extraction technology for and formula of compound beverage of bamboo leaf[J]. **Experimental Reports & Theoretical Researches**,2007,10(10):15-17.(in Chinese)
[6] 张英,付诗尧,黄骆镰. 抹竹及其制备方法和用途:中国发明专利,CN 201711004411.8[P].
[7] LI Jinjin. Research of matcha cake production technology[J]. **Food Engineering**,2015,4(12):1673-6044.(in Chinese)
[8] DAI Yangyong,WANG Zhigang,DONG Haizhou,et al. Effect of addition of corn meal on cake quality [J]. **Food and Nutrition in China**,2011,17(5):56-59.(in Chinese)
[9] CHEN Pei,ZHAO Bing,PANG Yuchen,et al. Effects of trehalose on cake quality [J]. **Agricultural Science in Guangdong**,2012,33(24):333-338.(in Chinese)
[10] LIU Tingting,XU Yujuan,WANG Dawei. Effect of corn high quality dietary fiber on cake texture [J]. **Food Science and Technology**,2014,39(1):169-172.(in Chinese)
[11] GB/T 4789.2-2016,食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 北京:中国国家卫生和计划生育委员会,2016.
[12] GB 19302-2010,发酵乳[S]. 北京:中华人民共和国卫生部,2010.
[13] LI Dandan,JIN Zhengyu,XU Xueming,et al. Flow behaviour of inulin-κ-carrageenan-milk beverages [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2009,28(2):172-176.(in Chinese)
[14] TAN Yunbing,ZHAO Qiangzhong. Influences of soy protein hydrolysate on the quality of yoghurts fermented by different starter cultures[J]. **Modern Food Science and Technology**,2017,33(8):103-109.(in Chinese)
[15] PYO Y H,SONG S M. Physicochemical and sensory characteristics of a medicinal soy yogurt containing health-benefit ingredients[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**,2009,57(1):170-175.
[16] SB/T 10104-2008,糖果 充气糖果[S]. 北京:中华人民共和国商务部. 2008.
[17] XU Jixiang,CHU Yanpei. The application of chromometer in the evaluation of food quality [J]. **Modern Flour Milling Industry**,2010,24(3) :43-45.(in Chinese)
[18] HUANG Yiying. Study on texture characteristics of calcium fortified buckwheat cake [J]. **Modern Agriculture**,2017(5):100-101.(in Chinese)
[19] HUANG Junrong,TANG Xiaodong,PU Huayin. Research progress on the micro-structure,texture property and stability of starch gel[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2017,36(7):673-679.(in Chinese)
[20] WANG Li,HUANG Qiyue,LIU Youming. Effect of rice types and dosages on cake qualities [J]. **Science and Technology of Food Industry**,2013,34(2):153-159.(in Chinese)
[21] LIU Haiyan,WANG Xiaomei,ZHANG Juanjuan,et al. Effect of sodium alginate on sponge cake[J]. **Science and Technology of Cereals,Oils and Foods**,2014,22(6):54-57.(in Chinese)
[22] LIU Zhaofang,LI Xihao,KONG Fandong. Texture characteristics of orange peel powder cakes [J]. **Journal of Dalian Polytechnic University**,2015,34(3):167-171.(in Chinese)
[23] HE Yuejun,YUE Yongde. A review of the effective component and applications of extracts from bamboo lLeaves [J]. **Biomass Chemical Engineering**,2008,42(3):31-38.(in Chinese)
[24] LIN Liyuan,ZHANG Zhenni,YAN Shu,et al. Analysis of bacteriostasis of extracts from bamboo leaves [J]. **South China Agriculture**,2015,36(9):134-135.(in Chinese)
[25] DONKOR O N,HENRIKSSON A,VASILJEVIC T,et al. Rheological properties and sensory characteristics of set-type soy yogurt[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**,2007,55(24):9868-9876.
[26] NGUYEN H T H,ONG L,KENTISH S E,et al. Homogenisation improves the microstructure,syneresis and rheological properties of buffalo yoghurt[J]. **International Dairy Journal**,2015,46(3/4):78-87.
[27] CHARLOTTE S F,VIBEKE K H,LEIF P,et al. Light-induced quality changes in plain yoghurt packed in polylactate and polystrene[J]. **European Food Research and Technology**,2003,217(1):61-69.
[28] LIU Xiaoheng,HUA Yufei,LV Yucui. Effects of modified soybean protein concentrate fortification on rheological and sensory properties of yogurt[J]. **China Oils and Fats**,2013,38(4):26-30.(in Chinese)