

文章编号: 1004-4353(2017)03-0224-06

# 红豆/薏米粉对冰淇淋品质的影响

李昱桐<sup>1,2</sup>, 张娜<sup>1</sup>, 徐军<sup>2</sup>, 韩玉淳<sup>1\*</sup>, 王毅琳<sup>1</sup>

(1. 中国科学院化学研究所, 北京 100190; 2. 北京市中关村中学, 北京 100086)

**摘要:** 为了提高冰淇淋的营养价值和品质, 将具有传统营养保健功效的红豆/薏米粉添加到冰淇淋浆料中, 通过分析其对冰淇淋膨胀率、抗融性、稳定性、流变特性的影响, 结合感官评价等方面作为衡量指标, 研究红豆/薏米粉对冰淇淋品质的影响. 在不改变原料总量和乳化剂添加量的基础上, 通过对红豆/薏米粉取代冰淇淋基础原料中等量成分的调控和优化, 结合其各种理化特性表征的结果, 最终获得添加红豆/薏米冰淇淋的最佳工艺条件和营养配方. 当配比为 1:1 的红豆/薏米粉的添加量为 10%, 乳化剂的添加量为 0.3% 时, 冰淇淋的膨胀率达到 66%, 且抗融性、稳定性和黏弹性表现优异, 不仅口感良好, 而且增加了冰淇淋的保健功能.

**关键词:** 冰淇淋; 乳化剂; 膨胀率; 抗融性; 黏弹性

中图分类号: TS277

文献标识码: A

## Effect of red-bean/coix-seed powder on the quality of ice cream

LI Yutong<sup>1,2</sup>, ZHANG Na<sup>1</sup>, XU Jun<sup>2</sup>, HAN Yuchun<sup>1\*</sup>, WANG Yilin<sup>1</sup>

(1. Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. Beijing Zhongguancun High School, Beijing 100086, China)

**Abstract:** To improve the quality, nutritional value of ice cream, the powder of red-bean/coix-seed, having traditional nutrition and health function, is added. The quality and properties are studied based on the expansion ratio, melting resistance, stability, rheology and sensory evaluation of ice cream as a measure criterion. In conditions of the fixed amount of emulsifier and unchanged total amount of raw materials, the equal amount of red-bean/coix-seed displacing raw materials are regulated and optimized. Combined with the result of the various properties, the optimal formula and technological conditions of red-bean/coix-seed ice cream are obtained eventually. When the quantity of red-bean/coix-seed powder with a ratio of 1:1 is 10% and the emulsifier is 0.3%, the expansion ratio can reach 66%. The as-prepared ice creams exhibit excellent melting resistance, stability and viscoelasticity, which are good for nutrition and taste.

**Keywords:** ice cream; emulsifier; expansion ratio; melting resistance; viscoelasticity

## 0 引言

冰淇淋是一种较受大众喜爱的冷冻奶品. 随着健康饮食观念的提高, 人们在关注冰淇淋良好口感的同时, 开始重视冰淇淋的营养价值和健康功效<sup>[1-3]</sup>. 然而目前大多数市面上销售的冰淇淋都含有多种添加剂, 其中一些添加剂在长期食用的情况下, 会对人们身体造成潜在的危害; 因此, 面

对冰淇淋背后隐藏的添加剂危害, 需要解决的问题是如何在保持冰淇淋原有口感品质的同时, 合理减少或取代各种添加剂, 适当增加天然营养成分, 以提高冰淇淋的保健功能.

红豆和薏米的食材组合是一直被传统中医和保健食疗推崇的具有良好祛湿、美白、健脾功效的保健佳品<sup>[4-5]</sup>. 通过国内冰淇淋品种的市场调研以

及文献检索<sup>[6-8]</sup>发现,很少有将红豆/薏米粉作为冰淇淋添加成分的产品和相关报道<sup>[9]</sup>。鉴于此,本研究将红豆/薏米粉(炒熟并研磨好)作为营养成分添加到常规冰淇淋原料中,用不同的添加量取代冰淇淋的原有等量成分,并适当调整乳化剂的含量,通过分析其对冰淇淋膨胀率、抗融性、稳定性、黏弹性的变化和感官评价,获得了红豆/薏米冰淇淋的保健配方和制备工艺。

## 1 实验部分

### 1.1 材料与仪器

**1.1.1 材料** 炒熟并研磨好的红豆粉和薏米粉(五谷磨房食品有限公司),鲜牛奶(北京三元食品有限公司),稀奶油(上海普洛钦国际贸易有限公司),绵白糖(北京糖业烟酒集团有限公司)及复合乳化剂(北京北方霞光食品添加剂有限公司)为常见的市售产品。

**1.1.2 仪器** 制备冰淇淋样品采用的是家用型全自动冰淇淋机(BQL-BU,中国广东小熊电器有限公司)。其他仪器有:LUMi 多功能稳定性分析仪(LUMiSizer,德国 LUM 公司),流变仪(DHR-3,美国 TA 仪器公司),电子天平(AB104-N,上海第二天平仪器厂),恒温培养箱。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 冰淇淋基础配方.** 冰淇淋的基础配方包括鲜牛奶 90 g (44%)、淡稀奶油 90 g (44%)、绵白糖 25 g (11.8%)、复配乳化剂 0.4 g (0.2%),包含成分为海藻酸钠、明胶、单甘脂。

**1.2.2 冰淇淋工艺流程.** 将原料按比例混合(常温)后,放入全自动冰淇淋机进行杀菌、均质、冷却及凝冻等常规的工艺流程,然后进行罐装成型和硬化,最后放到冰箱中进行冷藏保存(-18℃)。

**1.2.3 红豆/薏米粉的添加及单因素实验.** 在固定原料总质量的基础上,采用3种添加方案:首先采用添加红豆/薏米粉(1:1)取代等量的鲜牛奶,其取代量分别为0%、5%(4.5 g)、10%(9 g)、15%(13.5 g)、20%(18 g),而其他原料的比例不变,以此研究红豆/薏米粉的不同添加量取代鲜牛奶后对冰淇淋品质的影响;然后采用添加红豆/薏米粉(1:1)取代等量的淡稀奶油,其取代量分别为0%、5%(4.5 g)、10%(9 g)、15%(13.5 g)、20%

(18 g),而其他原料的比例不变,以此研究红豆/薏米粉的不同添加量取代淡稀奶油后对冰淇淋品质的影响;最后在以上两种添加方案中各选择一个口感及品质最好的冰淇淋样品,将其复合乳化剂比例从0.2%提高至0.3%,以此考察其对冰淇淋品质的影响。以上实验中冰淇淋的品质评价均以膨胀率、融化率(抗融性)及稳定性为指标,重复3次取平均值。

#### 1.2.4 冰淇淋品质的测定方法

1) 膨胀率的测定. 采用体积计算法,即在冰淇淋凝冻前后分别量取冰淇淋浆料和冰淇淋成品各100 mL进行称量,然后按式(1)计算<sup>[10]</sup>:

$$\text{膨胀率}/\% = (100 \text{ mL 冰淇淋浆料质量} - 100 \text{ mL 冰淇淋质量}) / 100 \text{ mL 冰淇淋质量} \times 100. \quad (1)$$

2) 抗融性测试. 抗融性测试主要为融化率测定。取50 g经-18℃硬化的冰淇淋放置于恒定温度(38℃)和间距为3 mm的金属筛网上,金属网下面放置烧杯用于盛放融化后滴下的冰淇淋,45 min后取出烧杯用电子天平称重,按式(2)计算冰淇淋的融化率:

$$\text{融化率}/\% = \frac{\text{融化冰淇淋浆料质量}}{\text{冰淇淋总质量}} \times 100. \quad (2)$$

3) 稳定性测试. 稳定性测试利用近红外透过光谱检测。将老化12 h后的冰淇淋放入样品池,样品体积加到110 mm<sup>3</sup>,选择离心加速的参数为:温度25℃,转速4 000 r/min,持续时间10 min。然后进行近红外透过光谱测试,每个样品均进行10 h的测试,其中每隔10 min测试一个点,由此获得不同样品的透过率,根据同一时刻不同样品的透过率判断样品的稳定性。

4) 流变学特性测定. 采用黏度与剪切速率关系曲线对冰淇淋进行表征,冰淇淋浆料均经4 h老化;用小勺取适量样品放在测试平台上,测试选用夹具为平板(直径40 mm),测试间距为1 000 μm。测定时剪切速率范围为0.01~100 s<sup>-1</sup>,温度为25℃。

5) 感官评价. 根据食品感官评定要求,对产品的色泽形态、口感风味及组织状态等3个方面进行测评,具体评分标准见表1。测评时选取不同

职业的 3 组共 15 人进行评判,然后取其分数的平均值.评价标准为 5 分制.

表 1 感官评价及评分标准

评分项目	评分标准	评分
形态色泽	形态完整,色泽鲜亮	5
	形态较完整,色泽较鲜亮	4
	形态不完整,色泽较鲜亮	3
	形态不完整,色泽欠鲜亮	2
	形态不完整,色泽不均匀	1
口感风味	口感润滑,香味浓郁	5
	口感较润滑,香味较浓郁	4
	口感欠润滑,香味较浓郁	3
	口感欠润滑,香味较淡	2
	口感粗糙,无香味	1
组织状态	细腻,颗粒度均一,绵软,无冰晶	5
	细腻,颗粒度均一,绵软,稍有细小冰晶	4
	欠细腻,颗粒不均,较绵软,无冰晶	3
	较粗糙,颗粒不均,较绵软,稍有细小冰晶	2
	粗糙,有明显颗粒,冰晶明显	1

## 2 结果与分析

为了获得品质和口感良好的冰淇淋,本研究在冰淇淋基础配方中分别采用鲜牛奶和绵白糖取代常见冰淇淋配方中的脱脂奶粉和白砂糖,用淡稀奶油取代传统的黄油,并采用复配乳化剂.红豆/薏米粉的混合比例均采用传统保健食品中的

1:1 配比进行添加<sup>[11]</sup>.

### 2.1 红豆/薏米粉对冰淇淋膨胀率和抗融性的影响

膨胀率是冰淇淋的重要品质评价参数,其值越高表明品质越好.图 1 a 给出的是红豆/薏米粉添加取代等量鲜牛奶对基础配方冰淇淋膨胀率的影响.从图 1 a 中的变化曲线可以看出:随着添加量的增加,冰淇淋的膨胀率先呈现急速减少,然后趋于缓慢平稳减少.当取代添加量为 5% 时,冰淇淋膨胀率从基础配方的 69% 急速减小到 55%;当取代添加量增加到 10% 时,膨胀率没有明显减少,基本保持平稳态势;当添加量超过 10% 达到 20% 时,其膨胀率减小到 48%.图 1 b 给出的是红豆/薏米粉添加取代等量淡稀奶油对基础配方冰淇淋膨胀率的影响.由图 1 b 可以看出:随着添加量的增加,冰淇淋的膨胀率一直呈急速下降趋势;当添加量从 5% 增加到 20% 时,膨胀率一直下降到 43%.将 5% 和 10% 添加量时与图 1 a 中相同的添加量时相比,其膨胀率的变化比例相似.由此可见,红豆/薏米粉添加取代等量鲜牛奶或淡稀奶油都会导致冰淇淋的膨胀率明显降低,最大可降低 25%,其中取代淡稀奶油对膨胀率降低的效果最明显,由此表明冰淇淋对淡稀奶油的依赖性较高.

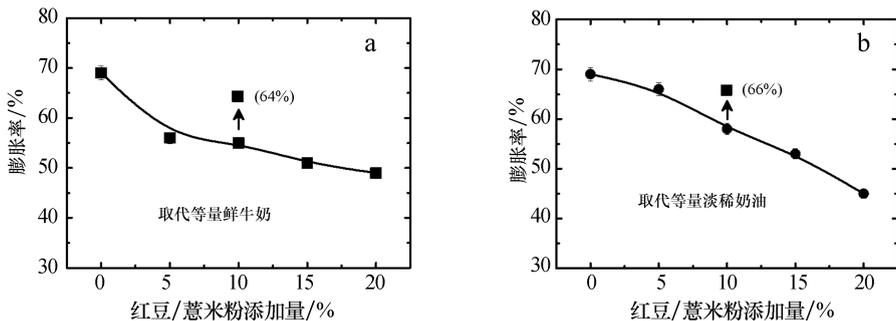


图 1 红豆/薏米粉的添加量对冰淇淋膨胀率的影响

图 2 给出了红豆/薏米粉添加量对基础配方冰淇淋融化率的影响.从图 2 中融化率随添加量的变化曲线可以看出,添加红豆/薏米粉明显降低了冰淇淋的融化率,因此其抗融性得到了提高.对比图 2 a 和图 2 b,可见取代等量鲜牛奶降低融化率的效果好于取代淡稀奶油,其中红豆/薏米粉取代鲜牛奶可导致冰淇淋的融化率最高下降 50%,而取代淡稀奶油融化率最高下降值为 35%.此

外,从图 2 a 中还可以看出,当取代鲜牛奶量在 10%~20% 时,冰淇淋的融化率变化微小,基本保持平稳,其中 10% 添加量的冰淇淋的融化率最低 (30%).由此可以看出红豆/薏米粉的添加明显提高了冰淇淋的抗融性,其中添加取代鲜牛奶更有利于冰淇淋抗融性的提高,这与其较好的膨胀率有关.膨胀率大使冰淇淋中含有大量的空气,降低热量传递,从而提高了冰淇淋的抗融性<sup>[12]</sup>.

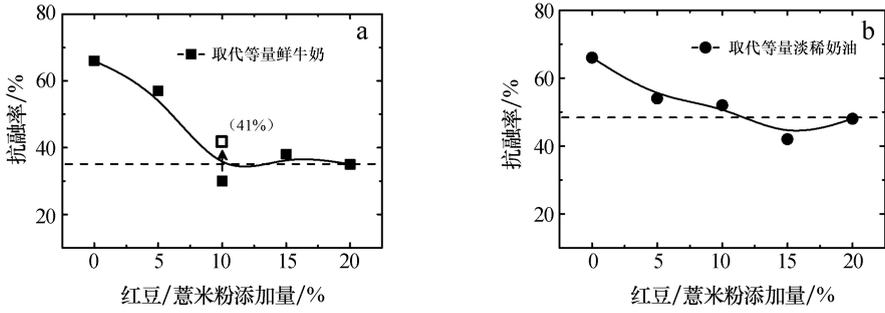


图 2 红豆/薏米粉的添加量对冰淇淋融化率的影响

### 2.2 红豆/薏米粉对冰淇淋稳定性的影响

图 3 给出了不同红豆/薏米粉的添加量下的浆料透过率随时间变化的曲线. 由图 3 可以看出, 同一时刻透光率越低表面浆料越稳定, 而同一时间段透光率变化越小表面浆料越稳定, 图中均取 28 800 s 时段进行比较. 对比图 3 a 和图 3 b 透过率的变化曲线可以看出, 总体上不同添加量取代鲜牛奶导致的透过率变化大于取代淡稀奶油. 由图 3 a 中的 28 800 s 时段(见图中虚线标记)可以得出取代鲜牛奶的不同添加量对应的透光率大小, 从

低到高依次为 20%、10%、5%、15%; 采用同样方法可以从图 3 b 中得出取代淡稀奶油不同添加量对应的透光率的大小, 从低到高分别为 5%、15%、10%、20%. 在上述透光率的变化分析中, 除了 15% 添加量的测试数据外, 其他添加量的数据都反映出如下的变化规律: 对于取代鲜牛奶的样品, 添加量越多浆料的稳定性越好, 而对于取代淡稀奶油, 添加量越少浆料的稳定性越好. 因此, 为了保证一定的添加量和兼顾浆料的稳定性, 以添加量 10% 为取代鲜牛奶或淡稀奶油的最佳条件.

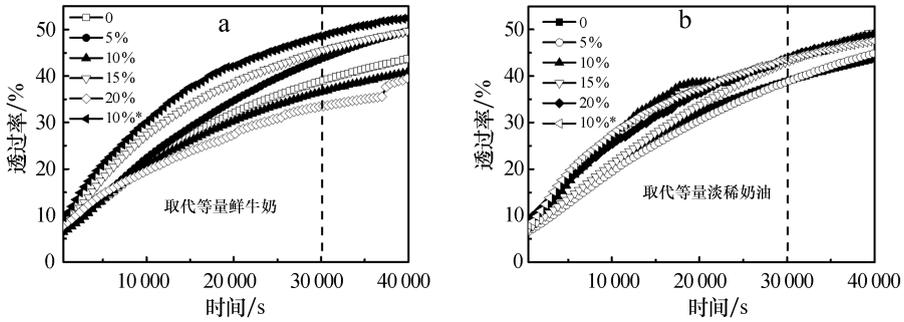


图 3 红豆/薏米粉的添加量对冰淇淋浆料稳定性的影响

### 2.3 红豆/薏米粉对冰淇淋流变特性的影响

冰淇淋的流变特性主要包括冰淇淋的黏弹性和黏度两个方面, 是表征冰淇淋持水性的重要指标. 图 4 给出了在 25 °C 和应力  $\tau = 0.3 \text{ Pa}$  下测试的冰淇淋样品的振荡剪切曲线, 它反映的是冰淇淋浆料的黏弹性, 冰淇淋的黏弹性越好越有利于其膨胀率、密度和硬度的提高<sup>[13]</sup>. 在振荡剪切实验中, 体系表现出与很多凝胶体系相似的明显弹性行为, 且在整个测量的角频率范围内, 弹性模量大于黏性模量且变化趋势相同, 因此图 4 中只给出了弹性模量的变化. 从图 4 可以看出, 取代鲜牛奶时添加量的变化(从 5% 到 20%)对冰淇淋黏弹

性的影响并不明显, 而取代淡稀奶油时添加量的变化则对体系的黏弹性影响较大, 由此说明体系的黏弹性对淡稀奶油的依赖性较强, 因此取代鲜牛奶更有利于保持冰淇淋原有的持水性.

图 5a 给出了红豆/薏米粉取代等量鲜牛奶情况下应力和剪切黏度随剪切速率的变化. 由图可以看出: 在较低剪切速率下 ( $< 0.1 \text{ s}^{-1}$ ), 随剪切速率增加, 体系黏度迅速下降, 表现出剪切稀释的行为, 之后体系黏度变化趋于平稳; 在较高剪切速率下 ( $> 1 \text{ s}^{-1}$ ), 体系表现出轻微的剪切增稠现象. 总体看, 添加红豆/薏米粉会逐渐降低体系的剪切黏度, 可见鲜牛奶取代量对体系的剪切黏度影响

较大. 对于同一样品, 随剪切速率增加, 应力值增加, 体系黏度降低, 表现为剪切降黏现象, 说明冰淇淋浆料属于假塑性流体<sup>[14]</sup>. 图 5b 给出了红豆/薏米粉取代等量淡稀奶油情况下的剪切黏度随剪切速率的变化. 由图可以看出, 对于取代淡稀奶油样品, 其剪切黏度的变化与取代鲜牛奶大致相同, 不同之处是 5% 添加取代淡稀奶油对剪切黏度无

影响, 但添加量大于 5% 时体系的剪切黏度呈下降趋势, 但此时增加添加量对剪切黏度影响不大, 表明此时体系的黏度趋于饱和. 由以上可知, 添加红豆/薏米粉取代鲜牛奶或淡稀奶油都会略微降低混合流体黏稠度, 且增加添加量不会对流体的黏度产生较大影响, 由此说明添加红豆/薏米粉仍可使冰淇淋保持较好的持水性.

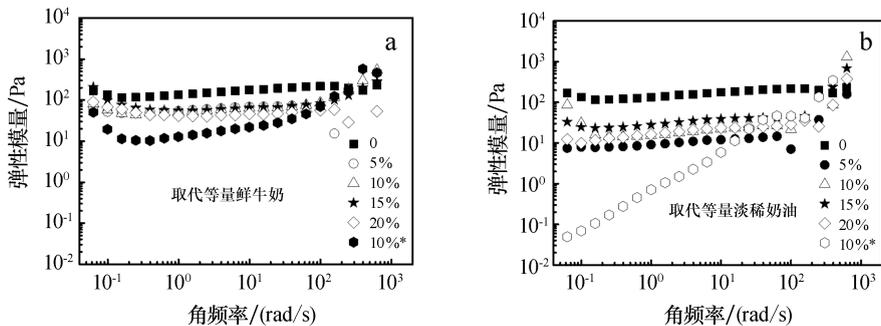


图 4 红豆/薏米粉添加量对冰淇淋浆料黏弹性的影响

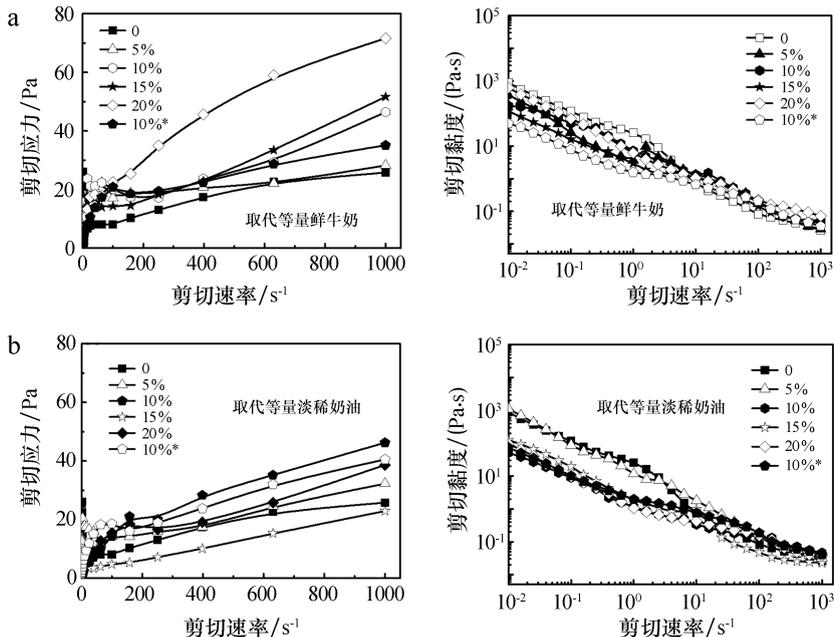


图 5 添加红豆/薏米粉后体系剪切应力/剪切黏度随剪切速率的变化

2.4 乳化剂添加量对冰淇淋品质的影响

通过上述研究发现, 选择 10% 的红豆/薏米粉添加量为保证红豆/薏米冰淇淋品质的最佳值. 另外, 通过调整复配乳化剂的含量可以进一步提高冰淇淋的各种品质参数. 图 1—图 5 中标注 10%\* 的样品均表明在 10% 添加量的基础上, 把复配乳化剂的基础配方剂量 0.2% 直接调整为 0.3%, 其值仍低于目前市场上常见冰淇淋中的乳化剂添加量(0.5%). 从图 1 至图 5 中的各种品质

参数的变化, 可以观察到标注 10%\* 样品与 10% 样品的对比变化. 从图可以看出, 当增加乳化剂至 0.3% 时, 冰淇淋的膨胀率会明显提高(超过 10% 样品, 见图 1 中箭头指示), 但会稍微降低冰淇淋的抗融性(见图 2 中箭头指示)和浆料的稳定性(见图 3), 同时还会降低体系的黏弹性及黏度(见图 4 和图 5); 因此, 增加乳化剂的添加量除了对膨胀率有较好的增强作用外, 均不利于其他冰淇淋品质参数的改善. 该结果与已报道的结果并不

一致<sup>[15]</sup>,这是因为添加红豆/薏米粉带来的淀粉及植物蛋白提高了蛋白-脂肪之间的相互作用,有利于增强泡沫的形成能力,从而提高了冰淇淋的膨胀率。

## 2.5 感官评价

选取不同职业(中学生、研究生及教师)和年龄段(16岁、26岁及40岁)的15人分成3组,分别对10种添加配方的冰淇淋进行感官评价测试,评价样品分别是基础配方中用红豆/薏米粉取代等量的鲜牛奶和淡稀奶油的样品,然后取分数平均值,并进行对比分析。图6给出两种添加配方冰淇淋的评分柱状统计数据。评分结果表明,添加适量的红豆/薏米粉因增加了植物蛋白和淀粉含量,冰淇淋的顺滑口感得到改善,同时增添了米香和豆香味;而使用鲜牛奶和淡稀奶油提高了冰淇淋的持水性和黏度及稳定性,无大冰晶出现,软绵可口<sup>[16]</sup>。红豆/薏米粉的添加量为5%时其对冰淇淋的感官评价影响不大,当添加量超过10%时感官评价分数降低。考虑到太少的添加量会影响预期的保健功效,因此选择10%为最佳的添加比例。在此基础上,调整乳化剂的添加量为0.3%,可以使10%样品的感官评价分数接近于5%样品的评价分数。

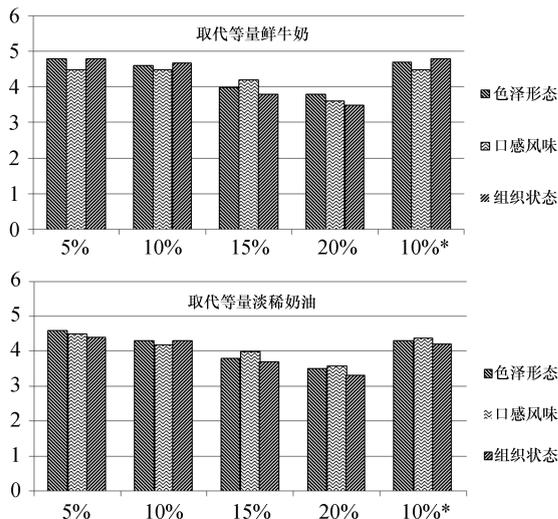


图6 红豆/薏米冰淇淋的感官评价

## 3 结论

本文将具有保健功效的红豆/薏米粉添加到冰淇淋中,探究其对冰淇淋品质的影响,并将膨胀

率、抗融性、稳定性、黏弹性、黏度和感官评价等作为指标,优化了配方设计。研究表明,当配比为1:1的红豆/薏米粉的添加量为10%(取代冰淇淋基础配方中等量的鲜牛奶或淡稀奶油),乳化剂添加量为0.3%时,冰淇淋的膨胀率可达到66%,其抗融性较高且浆料稳定性好,具有较好的持水性和口感。本文提出的红豆/薏米粉添加配方可以获得口感与营养俱佳的冰淇淋,可为研制新一代营养健康冰淇淋提供有价值的参考。

## 参考文献:

- [1] 贾娜,刘宁.大豆磷脂对牛乳蛋白乳状液热稳定性的影响[J].中国乳品工业,2010,38(4):42-45.
- [2] 周原,丁文平.糯米淀粉质低脂冰淇淋的品质研究[J].食品科技,2011,36(2):79-89.
- [3] 刘婷婷,陈雪,徐玉娟,等.滑菇在冰淇淋生产中的增稠稳定作用[J].食品科学,2014,35(14):273-279.
- [4] 刘月好.薏米的营养及其在食品中的开发应用[J].食品科技,2003,28(9):47-49.
- [5] 赵晓红.薏米的营养、医用价值及制作饮料的发展前景[J].山西食品工业,2002(3):35-36.
- [6] 张丽芳.保健型南瓜冰淇淋的研制[J].食品工业,2011,32(2):42-43.
- [7] 刘晶晶,沈桂奇,郭芝琳,等.开菲尔酸豆乳冰淇淋的研制[J].食品工业科技,2016,37(1):237-241.
- [8] 郝建敏,李婷婷,朱秀清,等.高纤维杏鲍菇冰淇淋生产配方的研究[J].食品工业科技,2016,37(6):302-319.
- [9] 刘艳霞,张月.薏米红豆冰淇淋的研制[J].食品研究与开发,2015,36(23):60-63.
- [10] 蔺毅峰.冰淇淋加工工艺与配方[M].北京:化学工业出版社,2008:134.
- [11] 徐哲,邓林林,王嘉琳,等.红豆薏米保健饮料的研制[J].山东化工,2015,44(19):34-38.
- [12] 屠用利.冰淇淋结构对融化速率、硬度的影响[J].食品工业,2005,26(1):15-17.
- [13] 刘梅森,何唯平,陈胜利.4种稳定剂对软冰淇淋品质协同作用研究[J].中国乳品工业,2005,33(12):19-21.
- [14] 程建军,刘丽,石琳,等.大豆分离蛋白对冰淇淋品质及流变学特性的影响[J].大豆科技,2013,124(3):41-46.
- [15] 郝建敏,李婷婷,朱秀清,等.添加磷脂大豆分离蛋白复合物对冰淇淋品质的影响[J].食品工业科技,2016,37(6):302-307.
- [16] 李文博,鹿保鑫.麦胚冰激凌配方研究[J].江苏调味食品,2015,141(2):29-33.