

双蛋白对冰淇淋品质的影响

连家威¹ 张婧婕¹ 韩迪¹ 李琥² 赵博雅¹ 都阳¹ 王靖^{1,*}

(1.农业农村部食物与营养发展研究所,北京 100081;

2.中南民族大学武陵山区特色资源植物种质保护与利用湖北重点实验室,湖北武汉 430074)

摘要: 本文研究了不同浓度的双蛋白的起泡性、泡沫稳定性、乳化性和乳化稳定性。并以不同比例的添加量(0.5%、10%、15%、20%)加入到冰淇淋中,通过测定料液的黏度、冰淇淋的硬度、融化率、膨胀率等指标,研究双蛋白添加量对冰淇淋品质的影响。结果表明,蛋白起泡性和泡沫稳定性随双蛋白溶液浓度增加,起泡性先上升后下降,泡沫稳定性先上升后保持稳定;蛋白乳化性和乳化稳定性随双蛋白溶液浓度的增加先上升后保持不变。随着双蛋白添加量的增加,冰淇淋料液黏度呈先上升后下降趋势,硬度呈上升趋势,融化率呈下降趋势;当添加量在0~10%的范围时,膨胀率先下降后上升;当添加量大于10%后,膨胀率和感官评分开始下降,冰淇淋品质变差。此外,10%双蛋白添加量同对照组感官评分无显著差异,口感可以被消费者接受,选择双蛋白的添加量为10%。

关键词: 双蛋白,大豆分离蛋白,浓缩乳清蛋白,冰淇淋

Effect of the Dual Protein on the Quality of Ice Cream

LIAN Jia-wei¹ ZHANG Jing-jie¹ HAN Di¹ LI Hu² ZHAO Bo-ya¹ DU Yang¹ WANG Jing^{1,*}

(1. Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China;

2. Key Laboratory for Protection and Application of Special Plant Germplasm in Wuling Area of Hubei Province, South-Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China)

Abstract: The foaming capacity, foaming stability, emulsifying activity index and emulsion stability index of the dual protein were studied with different concentrations in this paper. The effect of the dual protein on the quality of ice cream was studied by measuring the viscosity, hardness, melting rate and overrun rate of ice cream with different proportion of added amount (0.5%, 10%, 15%, 20%). The results showed that the foaming capacity and foaming stability increased with the increase of the concentration of dual protein solution, the foaming capacity firstly increased and then decreased, and foaming stability firstly increased and then remained stable. The emulsifying activity index and emulsion stability index of dual protein firstly increased and then remained unchanged with the increase of the concentration of dual protein solution. With the addition of dual protein, the viscosity of ice cream liquid firstly increased and then decreased, the hardness increased and the melting rate decreased. In the range of 0~10%, the overrun rate firstly decreased and then increased. When the amount of addition was more than 10%, the overrun rate and sensory score began to decline and the quality of the ice cream deteriorated. In addition, there was no significant difference between the sensory score of the 10% dual protein addition and that of the control group, and the taste could be accepted by consumers. The added amount of dual protein was 10%.

Key words: dual protein; soyprotein isolate; whey protein concentrate; ice cream

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)17-0008-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.17.002

引文格式: 连家威, 张婧婕, 韩迪, 等. 双蛋白对冰淇淋品质的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(17): 8-12.

冰淇淋是以饮用水、乳和(或)乳制品等为主要原辅料,添加或不添加食品添加剂,经混合、灭菌、均

质、冷却、老化、冻结、硬化等工艺制成的体积膨胀的冷冻饮品^[1]。它是一种含有乳固形物、冰晶、空气泡、

收稿日期: 2019-11-07

作者简介: 连家威(1991-),男,硕士研究生,研究方向: 食品加工与安全, E-mail: 82101175198@caas.cn。

* 通讯作者: 王靖(1967-),男,硕士,研究员,研究方向: 食物营养功能评价, E-mail: wangjing07@caas.cn。

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2016-IFND)。

[34] 姚行行. 云南深水鲷鱼皮酸溶性胶原蛋白的理化性质及其成膜性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.

[35] 王萌萌. 酶法提取林蛙皮胶原蛋白及其活性研究[D]. 吉林: 吉林农业大学, 2017.

[36] 夏凯. 芒鲶鱼皮胶原蛋白性质及其膜材料的应用研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017.

[37] 杨性民, 刘青梅, 罗海波, 等. 超声波结合嫩化剂对虾干嫩化效果的影响[J]. 农业工程学报, 2006(9): 267-269.

脂肪等的复杂的胶体体系^[2]。目前,市场上的冰淇淋主要以高脂、高热量、低蛋白为主,难以满足人们对营养的需求。同时,消费者对低脂、低热量、高蛋白等食品的关注度越来越高^[3]。

《中国食物与营养发展纲要(2014~2020年)》指出:要保障充足的能量和蛋白质摄入量,控制脂肪摄入量,到2020年,人均每日蛋白质摄入量78g,其中,优质蛋白质比例占45%以上。《国民营养计划(2017~2030)》指出,着力发展双蛋白食物等新型营养健康食品;以优质动物、植物蛋白为主要营养基料,开展双蛋白工程重点产品的转化推广,强化双蛋白工程等重大项目的实施力度。双蛋白是指以大豆蛋白等植物蛋白和以牛奶蛋白等动物蛋白为代表的天然优质动植物蛋白,按照营养量效关系和精准互作获得的食用蛋白源^[4]。大豆蛋白和乳清蛋白均属于优质蛋白^[5],研究表明以大豆蛋白和牛乳蛋白组成的混合蛋白能有效促进运动后骨骼肌细胞内氨基酸转运及蛋白合成^[6-7],而且双蛋白的摄入可以改善白血病患者蛋白质营养不良的状况,提高患者的肌肉水平和生存质量^[8]。

Zeini等^[9]研究了浓缩乳清蛋白对冰淇淋品质的影响。结果表明,浓缩乳清蛋白含量增加时,冰淇淋的黏附性、弹性和粘稠度随之增加,制作的冰淇淋感官评价良好。Pandiyar等^[10]将乳清浓缩蛋白加入到冰淇淋中,结果表明,浓缩乳清蛋白的加入降低了冰淇淋的融化率。张林^[11]采用超高压均质-磷脂复合方法对大豆分离蛋白进行改性,向冰淇淋中加入改性后的大豆分离蛋白,其乳化活性和稳定性均有所改善,且口感更细腻。郝建敏等^[12]研究了磷脂大豆分离蛋白复合物对冰淇淋品质的影响,结果表明,磷脂大豆分离蛋白复合物冰淇淋,具有较好的持水性,感官评价良好。现有的研究主要是基于单一蛋白对冰淇淋品质的影响,而对双蛋白在冰淇淋中的使用研究还较少。因此,本文以大豆分离蛋白和浓缩乳清蛋白为主,研究了双蛋白添加量对冰淇淋料液黏度、膨胀率、硬度和融化率等品质的影响,为冰淇淋未来的发展方向提供一定的理论参考,具有广泛的市场应用前景。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

大豆分离蛋白(Soy protein isolate, SPI) 杜邦双汇漯河食品有限公司;浓缩乳清蛋白(Whey protein concentrate, WPC) 脱脂乳粉 恒天然(商贸) 上海有限公司;白砂糖 舒可曼公司;淡奶油 青岛雀巢有限公司;复合乳化增稠剂 SE709 VEG-CN 丹尼斯克(中国)有限公司;十二烷基硫酸钠(纯度大于99%) 长春晶美生物工程有限公司。

YP2002型电子天平 上海越平科学仪器有限公司;LVDV-C型DV-1粘度计 美国博勒飞公司;PH-070A干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司;FA25型高速剪切机 弗鲁克公司;JHG-Q54-P60型高压均质机 上海普丽盛融合机械设备有限公司;Universal TA型质构仪 上海腾拔仪器科技有限

公司;XQM-2型球磨仪 上海天创粉末技术有限公司;ICM-1000B冰淇淋机 广东富信科技股份有限公司;UV-1780型紫外可见分光光度计 日本岛津公司。

1.2 实验方法

1.2.1 双蛋白溶液的配制 双蛋白粉大豆分离蛋白与浓缩乳清蛋白经球磨仪按照1:1(质量比)混合后形成双蛋白粉,按照0%、5%、10%、15%、20%的比例同冰淇淋配方中其它原辅料混合均匀。

双蛋白溶液分别称取1、2、3、4和5g上述制备的双蛋白粉(大豆分离蛋白:浓缩乳清蛋白=1:1),加入适当纯净水溶解,搅拌均匀,制成浓度梯度分别为1%、2%、3%、4%、5%,备用。

1.2.2 冰淇淋制作工艺 原料混合→杀菌→均质→老化→凝冻→硬化→成品

冰淇淋配方:脱脂奶粉10%,奶油8%,蔗糖8%,复合乳化增稠剂0.6%。

操作要点:原料混合:将所有干粉混合均匀,用温水充分溶解,以水定容,备用;杀菌:将混合均匀的冰淇淋料液在80℃下加热25s,准备均质;均质:采用二段均质法,第一次均质压力为15~20MPa,第二次均质压力5MPa;老化:对均质好的冰淇淋料液进行迅速降温至4℃左右,在此条件下老化6h;凝冻:对老化后的冰淇淋料液倒入冰淇淋机中进行凝冻,最后将凝冻好的冰淇淋放入冰箱中-20℃下进行硬化。

1.2.3 双蛋白溶液的起泡性及泡沫稳定性 取1.2.1中制备的不同浓度的双蛋白溶液50mL在10000r/min下均质2min,25℃下充入空气。搅打后的样品立即转移到量筒中,体积记为 H_0 ,搅打前蛋白样品的体积记作 H ,搅打后的蛋白样品在25℃下静置30min,体积记作 H_{30} ^[13]。蛋白起泡性(Foaming capacity, FC)和泡沫稳定性(Foaming stability, FS),计算公式如下:

$$FC(\%) = \frac{H_0 - H}{H} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

$$FS(\%) = \frac{H_{30} - H}{H_0 - H} \times 100 \quad \text{式(2)}$$

式中: H :搅打前蛋白溶液体积; H_0 :搅打后蛋白溶液体积; H_{30} :搅打后静置30min的蛋白溶液体积。

1.2.4 双蛋白溶液的乳化性及乳化稳定性 取1.2.1中制备的不同浓度的双蛋白溶液15mL与5mL大豆油以12000r/min的速度均质1min。用制备好的十二烷基硫酸钠溶液将0.25mL乳化液稀释至25mL(稀释25倍),立即测定稀释液吸光度(A_0)和乳化10min后用紫外分光光度计在500nm处测吸光度(A_{10})^[14]。蛋白乳化性(Emulsifying activity index, EAI)和乳化稳定性(Emulsion stability index, ESI)计算公式如下:

$$EAI = A_0 \quad \text{式(3)}$$

$$ESI(\text{min}) = \frac{A_0}{A_0 - A_{10}} \times 10 \quad \text{式(4)}$$

式中: A_0 :稀释液初始吸光度; A_{10} :稀释液乳化10min后吸光度。

1.2.5 冰淇淋黏度的测定 采用DV-1黏度计,测定

表1 冰淇淋的感官评分
Table 1 Sensory score of ice cream

得分(分)	色泽(25分)	组织(25分)	气味(25分)	口感(25分)
21~25	均匀白色	均匀紧密,无塌陷	香味浓郁	润滑细腻,无颗粒感
16~20	浅黄色或淡黄色	略有塌陷,组织较均匀	有轻微香味	较细腻,略有颗粒感
11~15	黄色	略有塌陷,空洞现象	无香味或异味	有粗糙感和较小颗粒
1~10	深黄色	严重塌陷,有较大空洞	有异味	很粗糙,颗粒较大

经4℃老化6h的冰淇淋浆料的黏度,选用2号转子,转速为50 r/min^[15]。

1.2.6 冰淇淋膨胀率的测定 用80 mL的量杯分别称取凝冻前的冰淇淋浆料和凝冻后的冰淇淋成品,将表面刮平,进行称重^[16],计算公式如下:

$$\text{膨胀率}(\%) = \frac{M_0 - M}{M} \times 100 \quad \text{式(5)}$$

式中: M_0 : 凝冻前冰淇淋料液质量; M : 凝冻后冰淇淋质量。

1.2.7 冰淇淋融化率的测定 称取30 g硬化48 h以上的冰淇淋产品,立即放置于(35±1)℃恒温培养箱中的筛网上,筛网下置一培养皿,用于盛放融化后滴下的冰淇淋,计时45 min,测定融化冰淇淋的质量,计算融化率^[17],计算公式如下:

$$\text{融化率}(\%) = \frac{\text{融化质量}}{\text{称取质量}} \times 100 \quad \text{式(6)}$$

1.2.8 冰淇淋硬度的测定 利用质构仪检测冰淇淋的硬度,样品在冰箱硬化48 h后,从冰箱中取出迅速测定,每个样品进行3次平行实验。参数设定:测试前探头下降速度2 mm/s,测试速度3 mm/s,测试后探头回程速度5 mm/s,测试距离15 mm,触发力10 g,探头类型P/5^[18]。

1.2.9 感官评价 对10名具有食品专业背景的人进行感官能力培训,根据表1^[19]对冰淇淋进行打分,总分100分,取10名感官评价员的平均值作为冰淇淋最终的感官分数。

1.3 数据处理与统计分析

所有数据均为三次平行测量的平均值,采用SAS9.2、GraphPad Prism5、Excel等软件对数据进行处理与分析,图或表中不同字母代表该组数据具有显著性差异($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同浓度双蛋白溶液的起泡性与泡沫稳定性的比较

本研究比较了不同浓度的双蛋白溶液的起泡性和泡沫稳定性,从图1中可以看出,随着蛋白溶液浓度的增加,蛋白的起泡性和泡沫稳定性先上升后下降,在4%的溶液浓度时,达到最大。双蛋白溶液浓度为2%时差异显著($P < 0.05$),且上升趋势较明显。随着蛋白浓度的进一步增加,3%~5%浓度区间内,蛋白起泡性差异不显著。原因可能是蛋白的发泡性主要取决于蛋白溶液的浓度、蛋白分子的快速扩散以及疏水基团的分布等性质^[20]。当蛋白溶液达到一定的浓度后,蛋白溶液起泡性趋于饱和,不再增加。

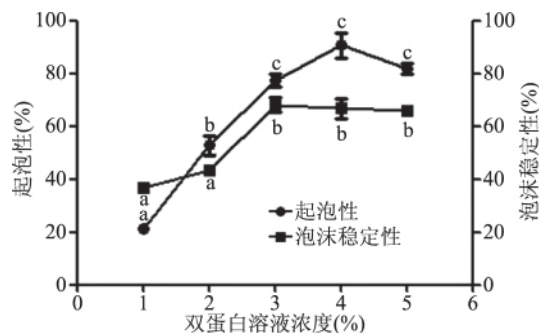


图1 浓度对双蛋白溶液的起泡性与泡沫稳定性的影响

Fig.1 Effect of concentration on foaming capacity and foaming stability of the dual protein

注:不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$),图2同。

而泡沫稳定性的变化趋势同蛋白起泡性相似,先上升后基本不变。1%浓度的蛋白泡沫稳定性同2%浓度的差异不显著。随着蛋白浓度的进一步增加,泡沫稳定性上升到一定程度后基本保持不变。因蛋白泡沫稳定性主要由蛋白质溶液的流变学性质决定,当蛋白质溶液达到一定的浓度后,膜的厚度、吸附膜中蛋白质的水合等作用至饱和状态,蛋白的泡沫稳定性便趋于稳定^[20]。因此,当双蛋白浓度为5%时,起泡性和泡沫稳定性趋于稳定。

2.2 不同浓度双蛋白溶液的乳化性与乳化稳定性的比较

从图2中可以看出,双蛋白溶液的乳化性和乳化稳定性变化相似,随蛋白溶液浓度的升高,先上升后保持不变。1%~2%区间内,双蛋白的乳化性和乳化稳定性无显著差异。随着浓度的提升,在3%~5%区间内,其乳化性和乳化稳定性无显著差异。可能是因为蛋白溶液升高到一定的浓度后,达到形成稳定胶束的乳化剂最低浓度,即临界胶束浓度,当溶液达到临界胶束浓度后,蛋白的乳化性及乳化稳定性不再随浓度的升高而升高^[21],选择双蛋白的浓度为5%。

2.3 双蛋白添加量对冰淇淋料液黏度的影响

如图3所示,随着双蛋白添加量的提高,冰淇淋料液黏度呈上升趋势。当双蛋白添加量为0时,其黏度是1854 cp;添加量为5%和10%,冰淇淋料液黏度没有显著性差异;当添加量增加至15%时,冰淇淋料液黏度大于双蛋白添加量为10%时的黏度,结果具有显著差异($P < 0.05$);随着双蛋白添加量继续增加至20%时,料液黏度下降,与添加量为15%时差异不显著。适当地加入双蛋白可以增加冰淇淋料液的黏度,提升冰淇淋的固形物含量,而且蛋白的加入有

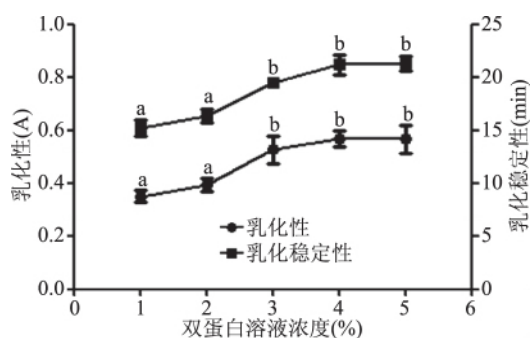


图2 浓度对双蛋白溶液的乳化性及乳化稳定性的影响

Fig.2 Effect of concentration on emulsifying properties and emulsion stability of the dual protein

助于形成三维网状结构,利于空气进入,但蛋白含量过多,会使得料液黏度过高,阻挡空气的进入。因此,选择双蛋白添加量5%~10%为宜。

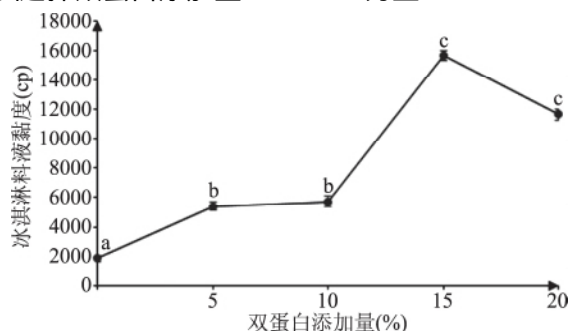


图3 双蛋白添加量对冰淇淋料液黏度的影响

Fig.3 Effect of addition amount of the dual protein on viscosity of ice cream liquid

注:图中不同字母表示该组数据

具有显著性差异 $P < 0.05$ 。图3~图7同。

2.4 双蛋白添加量对冰淇淋膨胀率的影响

如图4所示,随着双蛋白添加量的升高,冰淇淋的膨胀率呈先下降再下降的趋势。双蛋白添加量5%和添加量10%,其膨胀率差异不显著;但当双蛋白添加量达到15%时,冰淇淋的膨胀率同添加量10%相比,显著降低($P < 0.05$);同添加量20%相比,差异不显著。添加双蛋白后,冰淇淋膨胀率下降可能是因为冰淇淋料液黏度过大,影响了冰淇淋机的搅拌速度,导致进入冰淇淋料液中的空气含量逐渐减少,不能支撑冰淇淋的内部结构,最终降低了冰淇淋的膨胀率^[22]。因此,建议添加量为10%。

2.5 双蛋白添加量对冰淇淋融化率的影响

从图5中可以看出,冰淇淋融化率随双蛋白添加量的升高是逐渐下降的。与双蛋白添加量0时相比,双蛋白添加量为5%的冰淇淋的融化率降低,且差异显著($P < 0.05$)。且当双蛋白添加量为10%时,其融化率低于添加量为5%的融化率,差异显著($P < 0.05$);但同添加量为15%和20%的冰淇淋的融化率无显著差异。冰淇淋融化率下降,可能是因为加入双蛋白后,提高了冰淇淋料液的乳化性,使得冰淇淋料液中的脂肪颗粒更加均匀,体系也就更稳定,这同 Muse、Pandiyani 等研究结果相似^[10-23]。而且蛋白的加入,提升了料液的黏度和固形物含量,从而降

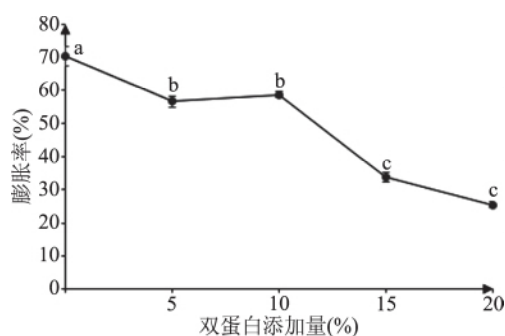


图4 双蛋白添加量对冰淇淋膨胀率的影响

Fig.4 Effect of addition amount of the dual protein on overrun rate of ice cream

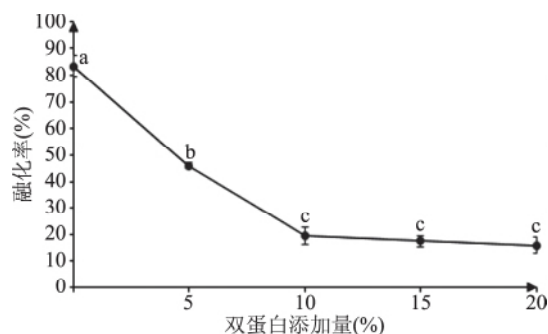


图5 双蛋白添加量对冰淇淋融化率的影响

Fig.5 Effect of addition amount of the dual protein on melting rate of ice cream

低了冰淇淋的融化率。

2.6 双蛋白添加量对冰淇淋硬度的影响

如图6所示,随着双蛋白添加量的升高,冰淇淋的硬度呈上升趋势。双蛋白添加量为0和双蛋白添加量为5%时,冰淇淋的硬度无显著差异;当添加量增加到10%时,其硬度与添加量为5%、15%时相比无显著差异($P > 0.05$)。但当添加量继续增加至20%时,其硬度达到14841 g,口感不能被消费者所接受。冰淇淋硬度的变化同其料液黏度、膨胀率和融化率的变化相符,其硬度越高,料液黏度越大,膨胀率和融化率越低^[24]。适当的硬度可以使冰淇淋具有良好的品质,过高或过低都会影响其感官评分,这一结果同周莉研究结果相似^[25]。因此,冰淇淋中双蛋白的添加量不应超过10%,否则品质会严重下降。

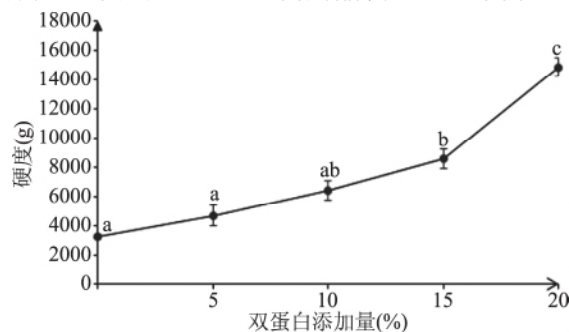


图6 双蛋白添加量对冰淇淋硬度的影响

Fig.6 Effect of addition amount of the dual protein on hardness of ice cream

2.7 双蛋白添加量对冰淇淋感官评分的影响

如图7所示,当双蛋白添加量低于10%时,其感官评分无显著性差异;当添加量继续增加至15%和20%后,其感官评分开始下降,结果具有显著性差异($P < 0.05$)。当双蛋白添加量低于10%时,蛋白的加入提高了冰淇淋的固形物含量,改善了冰淇淋组织,使其口感更饱满,香味更浓郁,可被消费者接受,这同Patel等的研究结果相似^[26];当双蛋白的含量进一步增加时,冰淇淋料液变稠,空气无法进入,使得冰淇淋硬度过大,风味和口感变差,难以被消费者所接受。因此,冰淇淋中双蛋白的含量不宜超过10%。

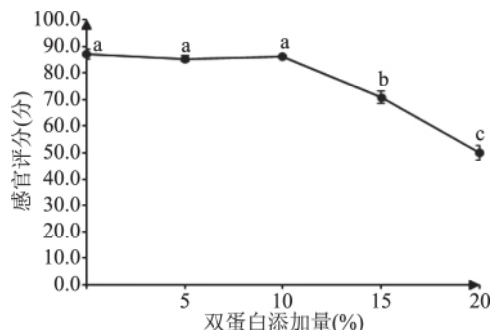


图7 双蛋白添加量对冰淇淋感官评分的影响

Fig.7 Effect of addition amount of the dual protein on sensory score of ice cream

3 结论

双蛋白具有良好的起泡性和乳化性,可以应用到冰淇淋中。随着双蛋白添加量的增加,冰淇淋料液的黏度先上升后下降,硬度逐渐升高,融化率逐渐下降;当添加量在0~10%的范围时,膨胀率先下降后上升;当添加量大于10%后,膨胀率和感官评分开始下降,冰淇淋品质变差。综上,双蛋白的添加量为10%时,其硬度、融化率和感官评分较好,制作的冰淇淋品质可被消费者接受。因此,推荐双蛋白的添加量为10%。

参考文献

- [1]张和平,张佳程.乳品工艺学[M].北京:中国轻工出版社,2015:370-390.
- [2]李宏梁,黄峻榕,杨大庆,等.冰淇淋复合乳化稳定剂流变特性及其应用的研究[J].中国食品添加剂,2001(4):45-48.
- [3]Akalin A S,Karagozlu C,Unal G.Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin[J].European Food Research and Technology,2008,227:889-895.
- [4]谢晋.双蛋白营养蛋糕的研制与营养分析[D].北京:中国农业科学院,2019:12-13.
- [5]任广旭,伊素芹,卢林纲,等.“牛乳与大豆”双蛋白运动营养功能的研究进展[J].中国食品学报,2015(6):154-161.
- [6]Reidy P T,Walker D K,Dickinson J M,et al.Soy-dairy protein blend and whey protein ingestion after resistance exercise increases amino acid transport and transporter expression in human skeletal muscle[J].Journal of Applied Physiology,2014,116(11):1353-64.

- [7]Reidy P T,Walker D K,Dickinson J M,et al.Protein blend ingestion following resistance exercise promotes human muscle protein synthesis[J].Journal of Nutrition,2013,143(4):410-416.
- [8]Ren G,Yi S,Zhang H,et al.Ingestion of soy-whey blended protein augments sports performance and ameliorates exercise-induced fatigue in a rat exercise model[J].Food & Function,2017,8(2):670.
- [9]Zeini H M E,Moneir E A M.Effect of incorporating whey protein concentrate on chemical, rheological and textural properties of ice cream[J].Journal of Food Processing & Technology,2016,7(2):1-7.
- [10]Pandiyani C,Kumaresan G,Annal Villi R,et al.Incorporation of whey protein concentrate in ice cream[J].Int J Chem Sci,2010,8(5):563-567.
- [11]张林.超高压均质-磷脂改性大豆分离蛋白的制备及在冰淇淋加工中的应用[D].哈尔滨:东北农业大学,2018:10-11.
- [12]郝建敏,李婷婷,朱秀清.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.
- [13]刘丽.大豆分离蛋白冰淇淋的研制及其功能特性的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2013:6-7.
- [14]Liu R,Wang L,Liu Y,et al.Fabricating soy protein hydrolysate/xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment[J].Food Hydrocolloids,2018,81:39-47.
- [15]李小琪.低糖低脂健康软冰淇淋浆料配方优化及营养学评价[D].扬州:扬州大学,2016:20-21.
- [16]付爽,张秋俊,倪辉,等.冰淇淋复配稳定剂的研究[J].泉州师范学院学报,2017(6):25-29.
- [17]杜鹃.菊粉在低脂冰淇淋中的应用[D].烟台:烟台大学,2014:46-47.
- [18]尤燕莉.全豆浆在冰淇淋中的应用研究[D].无锡:江南大学,2015:40-41.
- [19]蔡剑.豆乳冰淇淋加工工艺及稳定性的研究[D].济南:齐鲁工业大学,2016:29-32.
- [20]阚建全,谢笔钧.食品化学[M].北京:中国农业大学出版社,2010:74-77.
- [21]王趁趁,丁超,唐蕾,等.芥蓝叶片过氧化物酶稳定性的研究[J].食品工业科技,2012,33(3):70-71,312.
- [22]梁英红.冰淇淋配料的粘度控制[J].食品工业科技,1998,19(6):71-72.
- [23]Muse M R,Hartel R W.Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness[J].Journal of Dairy Science,2004,87(1):1-10.
- [24]周莉.复合乳化稳定剂在冰淇淋中的应用研究[D].南京:南京农业大学,2002:20-23.
- [25]Rossa P N,Burin V M,Bordignon-Luiz M T.Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents[J].LWT-Food Science and Technology,2012,48(2):224-230.
- [26]Patel M R,Baer R J,Acharya M R.Increasing the protein content of ice cream[J].Journal of Dairy Science,2006,89(5):1400-1406.