文章编号:1009-038X(2004)03-0046-05

黄原胶和瓜尔豆胶的复配稳定剂对冰淇淋品质和流变性的影响

何强, 江波*
(江南大学 食品学院,江苏 无锡 214036)

摘 要:研究了黄原胶和瓜尔豆胶的复配胶作为冰淇淋稳定剂对冰淇淋品质和流变性的影响,测定了冰淇淋浆料的粘度,应用小幅振荡测定经硬化后冰淇淋成品的动态粘弹性,以及硬化冰淇淋的硬度和粘结度. 结果表明,随复配胶用量的增加,冰淇淋浆料的粘度也随之增加,另外,Power-law 模型的流动指数和粘度指数、冰淇淋成品储能模量、及硬度、粘结度均呈增加趋势. 实验结果还表明,随复配胶用量的增加,冰淇淋的弹性模量和稳定性得以提高. 通过测定冰淇淋的膨胀率和抗融性,得出冰淇淋中复配胶的最佳添加量质量分数为 0.35%.

关键词:冰淇淋;稳定剂;黄原胶;瓜尔豆胶;复配稳定剂
中图分类号:TS 277 **文献标识码**:A

Influecce of Xanthan Gum and Guar Gum Blends on the Quality and Rheological Properties of Ice Cream

HE Qiang, JIANG Bo*
(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: The quality and rheological property of ice cream influenced by different stablizer levels of xanthan gum and guar gum mixtures were studied in this paper. The viscosity of ice cream mixtures as well as hardness and stickness of frozen ice cream were measured. The oscillation test was also applied to determine the dynamic rheological property of frozen ice cream. The results revealed the viscosity and Power-law model index of the ice cream mixture, the storage modulus, hardness, and stickness of frozen ice cream increase with the increases of the gum mixture amounts. By detecting the overrun and melting resistance, the optimum amount of stabilizer was 0.35%

Key words: ice cream; stabilizer; xanthan gum; guar gum; stabilizer blends

冰淇淋是一个极为复杂的胶体体系,既可看作是一个泡沫体系,又可看作是 O/W 乳状液. 在冰淇淋的开发和生产过程中,稳定剂起着很关键的作用[1].

稳定剂具有亲水性,其作用是与冰淇淋中的自由水结合,成为结合水,从而减少物料中自由水的数量. 在冰淇淋生产中加入稳定剂的目的可概括为:(1) 提高混合料的粘度和冰淇淋的膨胀率;(2) 防止或抑制冰晶的生长,提高抗融化性和保藏稳定

收稿日期:2003-07-29; 修回日期:2003-09-28.
作者简介:何强(1979-),男,四川都江堰人,食品科学与工程硕士研究生; *通讯作者.

万方数据

性；(3) 改善冰淇淋的形体和组织结构. 能用于冰淇淋的稳定剂种类很多，由于使用单一稳定剂不够理想，在实际生产应用中多使用两种或两种以上的多糖复配，本实验采用黄原胶和瓜尔豆胶的复配胶作为冰淇淋的稳定剂.

瓜尔豆胶是由瓜尔豆(产于印度和巴基斯坦)种子的胚乳提取精制而成，为白色至浅黄褐色粉末，其特点是水溶性好，吸水性强，粘度高，老化时间短，与其它胶体共存时有良好的协同增效作用，而且价格较低，是目前使用较为广泛的一种稳定剂，但其抗融性较差[2]. 黄原胶是由黄单孢菌属细菌发酵产生的一种胞外杂多糖，为浅黄至淡棕色粉末，其特点是假塑流变性，即粘度随剪切速度增加而降低，随剪切速度的减少又迅速恢复，易溶于冷、热水中，能耐酸碱及高温，在较低浓度下也能获得较高的粘度，有良好的悬浮稳定性. 黄原胶与其它稳定剂的协同性较好，与瓜尔豆胶复合使用可提高粘性，在食品中有很好的口感和风味释放能力[3]. 黄原胶与瓜尔豆胶复配可增加料液粘度，形成柔软的凝胶状，在冰淇淋产品中可抑制水分子迁移，防止冰晶长大，又有膨松的质地和良好的保形性. 瓜儿胶和黄原胶是冰淇淋生产中的常用胶，但有关这两种胶体的复配在冰淇淋生产中的应用报道尚不多，作者主要研究了冰淇淋浆料和硬化后成品的流变性并结合冰淇淋的膨胀率，抗融性，探讨复配胶对冰淇淋品质影响的机理.

1　材料与方法

1.1　材料与设备

黄原胶：丹尼斯克公司产品；瓜尔胶：无锡轻工大学科技园提供；麦芽糊精：安徽丰原生物化学股份有限公司产品；分子蒸馏单甘酯：广东番禺市食品添加剂厂生产；BQ-Ⅱ型冰淇淋机：航空工业部无锡第二机械研究所产品；TA. TX2 i 质构仪：Stable Micro Systems 公司产品；AR1000 流变仪：TA Instruments 公司产品.

1.2　冰淇淋配方

蔗糖 16 g/dL，脱脂奶粉 4 g/dL，麦芽糊精 4 g/dL，棕榈油 10 g/dL，乳化剂 0.15 g/dL，黄原胶和瓜尔胶(质量比为 1∶4)复配稳定剂 0.3～0.4 g/dL.

1.3　冰淇淋生产工艺

按配方称取配料. 稳定剂和蔗糖在加料前搅拌混合均匀，乳化剂加入棕榈油中，加热使其完全溶解，当水温升高到 40 ℃时，依次加入脱脂奶、糊精、稳定剂和蔗糖，完全溶解后加入乳化剂和棕榈油，加热至 80 ℃，保温 30 min. 在 65～70 ℃进行均质，一级均质压力为 16 MPa，二级均质压力为 4 MPa. 均质后的冰淇淋浆料在 0～4 ℃冰箱中老化 4 h，在 BQ-Ⅱ型冰淇淋机中进行凝冻，凝冻温度为 −2～−4 ℃，凝冻时间为 14 min. 然后在 −20 ℃冰箱中硬化 48 h 以上.

1.4　冰淇淋浆料粘度的测定

采用 Haake RV12 粘度计，测定经 4 ℃老化的冰淇淋浆料粘度，选用 MVⅡ型转子测定在不同剪切速率下冰淇淋浆料粘度，选用 MVⅡ型转子测定在不同剪切速率下冰淇淋浆料表观粘度，稠度指数 k 及流动指数 n[4].

1.5　冰淇淋膨胀率的测定

冰淇淋凝冻前后分别量取冰淇淋浆料和冰淇淋成品，装满 100 mL 铝盒后进行称重[2].

膨胀率＝(冰淇淋浆料质量−冰淇淋质量)/冰淇淋质量×100%

1.6　冰淇淋抗融性的测定

取经硬化的冰淇淋成品称重后置于 35℃培养箱中的金属网上，金属网下放一表面皿，在 60 min 时间内，每隔 15 min 测融化物质量. 抗融性以融化率表示，融化率越低，抗融性越好[6].

融化率＝ 融化的冰淇淋浆料质量/冰淇淋总质量

1.7　冰淇淋成品硬度与粘结度的测定

采用 TA-TX2i 质构仪测量. 用 P5 Cylinder stainless 探头，直径 5 mm，速度 1 mm/s，探入深度 25 mm，记录探入过程中所需的应力，探入过程中最大峰值为硬度，探头回缩过程中负峰最大值为粘结度. 样品为在冰箱硬化 48 h 以上的冰淇淋，样品从冰箱取出后立即在室温下(25 ℃左右)测定 3 次，取平均值[8,10].

1.8　动态粘弹性的测定

采用 AR1000 流变仪测定，直径 40 mm 的平行板，间距 0.5 mm，测量温度 −4 ℃，扭距(torque bar)90 g·cm，应变扫描为 0.25%(在线性粘弹范围内)，频率 0.5～10 Hz，样品为在冰箱硬化时间大于 48 h 的硬化冰淇淋[7].

2　结果与讨论

2.1　稳定剂对冰淇淋浆料的影响

从表 1 可以看出，冰淇淋浆料的流动指数 n 都小于 1，属剪切稀化的假塑性流体. 随复配胶用量的增加，冰淇淋浆料的表观粘度和稠度指数都有所增加，流动指数也随之增加，即随复配胶用量的增加，

万方数据

浆料的流变性更趋于牛顿流体，剪切稀化现象变得不明显.

在混合料冷却至老化温度及以后的老化过程中有大量的水分子与稳定剂结合(主要是氢键结合)，水被有效地束缚固定在稳定剂所形成的三维网状物中.这种网状物的形成是由于单个稳定剂分子间和分子内部或几个分子之间同乳蛋白质的结合，水被有效地束缚固定，这种情况可以从稳定剂用量增加混合料粘度增加得到证实.

表 1 稳定剂对冰淇淋浆料表观粘度、流动指数、稠度指数的影响

Tab. 1 Effect of stablizer on apperent viscosity and Power-law index of ice cream mixture

稳定剂添加量/%	表观粘度*/(mPa·s)	流动指数 n	稠度指数 k/(mPa·s^n)
0.30	505.08	0.535	3.599
0.35	565.56	0.561	4.183
0.40	651.72	0.593	4.382

注：表观粘度测定时剪切速率为 115 s^{-1}.

2.2 稳定剂对冰淇淋膨胀率的影响

膨胀率是冰淇淋质量的一个重要指标，膨胀率对于冰淇淋的生产具有重要的意义.浆料在凝冻过程中由于搅打而混入空气，空气以气泡形式分布于浆料中，形成乳状液，从而使冰淇淋体积膨胀，粘度太低，浆料持泡能力不够，粘度太高，冰淇淋充料困难.由于实验条件限制，本实验所用冰淇淋机的最大膨胀率为 70%～80%.

从图 1 可以看出，复配胶用量在 0.35%(质量分数)时冰淇淋的膨胀率最大，稳定剂用量为 0.30%(质量分数)和 0.40%(质量分数)时冰淇淋的膨胀率有所降低，可能由于在 0.30%(质量分数)用量时粘度过小，在表面张力作用下气泡逐渐变小，空气泡不能被有效保持在浆料中，在 0.40%(质量分数)时粘度过大，浆料充气困难，导致膨胀率下降.

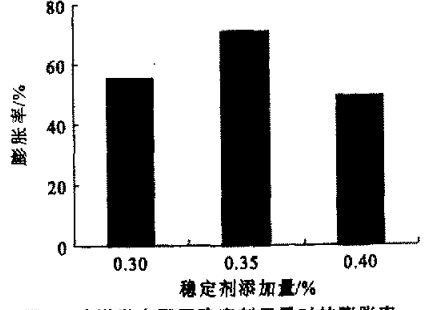


图 1 冰淇淋在不同稳定剂用量时的膨胀率

Fig. 1 Overrun of ice cream tested at different level of stabilizer

2.3 稳定剂对冰淇淋抗融性的影响

从图 2 可以看出，随稳定剂用量的增加，冰淇淋的抗融性也增加，添加 0.30%(质量分数)的稳定剂的冰淇淋融化率最高，45 min 时达到 40.2%(质量分数)；添加量在 0.35%(质量分数)，45 min 为 26.69%(质量分数)，而添加量在 0.40%(质量分数)时，冰淇淋的融化率显著下降，在 60 min 时只有 4.56%(质量分数).冰淇淋的制作过程中稳定剂会通过多糖分子间的作用与多糖、蛋白质作用形成凝胶网络结构，其持水性及保持空气泡的能力均较强.稳定剂所形成的三维网络中，水会变成结合水，使其自由流动性减少，故能增加混合料的粘度；与此同时，稳定剂能防止混合料在冻结时出现粗大的冰结晶，有助于使混入的空气达到更均匀的分布，对气泡保持能力增加，而气泡是热不良导体，从而取得更佳的抗融效果.

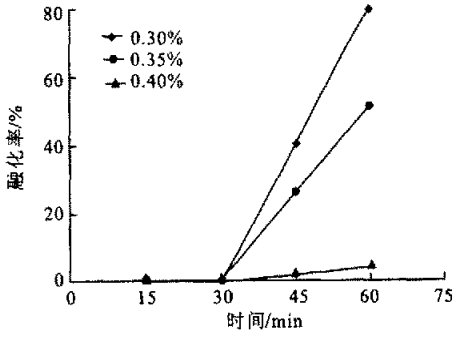


图 2 冰淇淋在不同稳定剂用量时的融化速率

Fig. 2 Melting rate of ice cream at different level of stabilizer

2.4 硬化冰淇淋动态粘弹性的测定

从图 3～5 可以看出，3 种添加量动态粘弹曲线的 G' 始终大于 G''，体系以弹性为主，即冰淇淋经过硬化后呈现明显的固态性质.从 3 个图中都可以看出，在低频范围内随频率的增加 G' 逐渐增加，最终在高频趋于平稳，G'' 随频率的增加变化不明显，说明稳定剂用量的增加主要对冰淇淋的弹性产生影响.从图 3～5 可以看出，在稳定剂用量为 0.35%(质量分数)时，在频率 4 Hz 附近 G' 和 G'' 比低频区有显著的增加，可能由于低频时样品受力时间较长，对样品易产生破坏作用，因此在低频时产生波动，随着频率的增加 G' 逐渐增加，最后在高频区趋于平稳.从图 3～5 可以看出，到了高频区，G' 变化不大，其中添加 0.30%(质量分数)稳定剂的冰淇淋在高频区 G' 值维持在 13 kPa 附近，稳定剂添加量 0.35%(质量分数)的冰淇淋频率在 10 Hz 时接近 14 kPa，而添加0.40%(质量分数)稳定剂的冰淇淋

万方数据

G'和G''值都比添加 0.30%(质量分数)和 0.35%(质量分数)的冰淇淋有很大提高，其中G'值增加最为明显. 在高频区G'值在 25 kPa 附近，几乎是以上两种用量冰淇淋的两倍，而储能模量G'表示粘弹体的固态性质，说明稳定剂用量达到 0.40%(质量分数)时，冰淇淋体系形成的油/水/空气乳状液体系更加稳定. 这点可以从冰淇淋的抗融化曲线可以看出，从而进一步说明了稳定剂用量增加，冰淇淋稳定性得以增加.

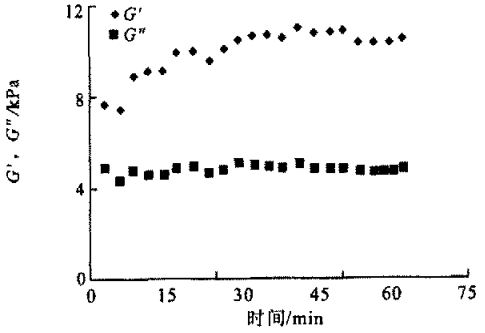


图 3　添加 0.30%(质量分数)稳定剂冰淇淋成品的动态粘弹图

Fig. 3　Effect of 0.30% stablizer on the storage modulus and loss modulus of ice cream

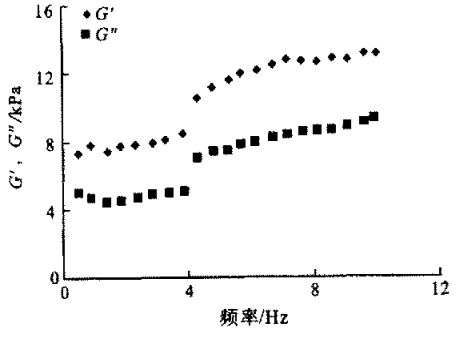


图 4　添加 0.35%(质量分数)稳定剂冰淇淋成品的动态粘弹图

Fig. 4　Effect of 0.35% stablizer on the storage modulus and loss modulus of ice cream

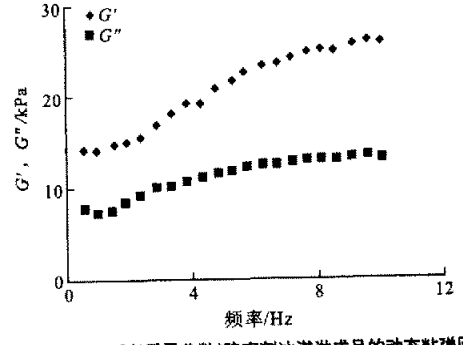


图 5　添加 0.40%(质量分数)稳定剂冰淇淋成品的动态粘弹图

Fig. 5　Effect of 0.40% stablizer on the storage modulus and loss modulus of ice cream

2.5　硬化冰淇淋硬度和粘结性的测定

从图 6 可以看出，冰淇淋的硬度随稳定剂用量的增加而增加，其中稳定剂用量为 0.40%质量分数时，硬度的增加最为显著，从动态粘弹曲线中已经看出，加入 0.40%质量分数稳定剂时储能模量有显著上升，反映在硬度上即是硬度显著上升. 从图 7 可以看出，粘结度随稳定剂用量也呈缓慢增加，说明随稳定剂加入量的增加，冰淇淋粘结度的增加并不明显. Guinard 等人报道，冰淇淋硬度的变化与可溶性固形物含量增加引起冰点的变化有关. 硬度太大影响产品的膨胀率和感官评分[8]. 由于加入 0.40%质量分数稳定剂时硬度增加较大，使得冰淇淋体系结构变硬，不利于产品的感官性质.

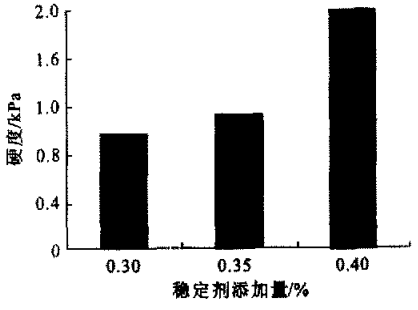


图 6　不同稳定剂添加量冰淇淋硬度曲线

Fig. 6　Hardness of ice cream tested at different level of stablizer

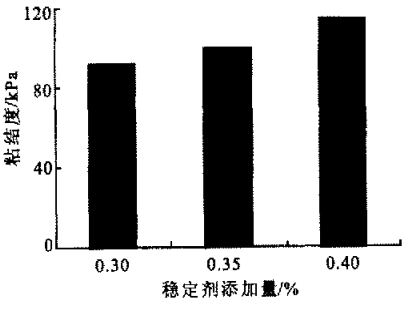


图 7　不同稳定剂添加量冰淇淋的粘结度曲线

Fig. 7　Stickiness of ice cream tested at different level of stablizer

3　结　论

黄原胶和瓜尔胶的复配体系在冰淇淋中作为稳定剂时，随胶用量的增加，浆料的粘度增加；同时，冰淇淋硬化后的储能模量和硬度也增加，说明稳定剂的加入主要提高了冰淇淋产品的弹性即固态稳定性，这可以从抗融性随复配胶用量增加而增加可以看出. 复配胶的用量在 0.30%和 0.40%(质

万方数据

量分数)时的膨胀率和抗融性比0.35%时都有所下降,加入量0.40%时,抗融性虽然最好,但体系的膨胀率下降,而且硬度增加太大也不利于感官评价,因此复配胶的最佳用量为0.35%(质量分数).

参考文献:

[1] 许时婴,葛宇,王璋.冰淇淋复配稳定剂的开发及其稳定机理研究[J].无锡轻工业学院学报,1994,13(4):274-279.

[2] 胡国华,陈明. 瓜儿豆胶在冰淇淋中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业,2002,8(3):33-35.

[3] 梁英红. 黄原胶在冰淇淋在生产中的应用[J]. 食品科技,2002,(2):120-123.

[4] 袁博,许时婴,冯忆梅. 稳定剂和乳化剂对低脂冰淇淋品质的影响[J]. 无锡轻工大学学报,2003,22(2):79-82.

[5] 李基红. 冰淇淋生产工艺与配方[M]. 北京:中国轻工业出版社,2000.

[6] Nagar G, Clowes G, Tudorica C M, *et al*. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin [J]. **International Journal of Dairy Technology**, 2003,55(2):89-93.

[7] Adapa S, Dingeldein H, Schmidt K A. Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers [J]. **J Dairy Sci**, 2000,83:2224-2229.

[8] Guinaro J X, Zoumas Morse C, Mori L, *et al*. Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream [J]. **Journal of food science**, 1997,62(5):1087-1093.

[9] Schmidt k, Lundy A, Reynolds J, *et al*. Carbohydrate or protein based fat mimicker effect on ice milk properties [J]. **J of Food Sci**, 1993,58:761-763.

[10] Roland, Lance G Philips, Kathryn J Boor. Effects of fat replacers on the sensoryproperties, color, melting, and hardness of ice cream[J]. **J Dairy Sci**, 1999,82:2094-2100.

(责任编辑:朱 明)

(上接第22页)

[5] 章汝平,何立芳. 用后道味精母液提取谷氨酸后的废液生产γ-氨基丁酸[J]. 长沙电力学院学报(自然科学版),1998,13(4):433-435.

[6] Seppo Salminen, Atte Von Wright. Lactic Acid Bacteria, Microbiology and Functional Aspects[M]. New York: Marcel Dekker Inc, 1998.

[7] 三枝贵代,冈田忠司. The effect of defatting with organic solvent on accumulation of 4-aminobutyric acid (GABA) in the rice germ[J]. 日本食品科学工学会誌,2001,38(3):61-66.

[8] 许建军,江波,许时婴. 生物合成γ-氨基丁酸的乳酸菌的筛选[J],食品科技,2002,(10):7-10.

[9] Bernard Fried, Joseph Sherma. Thin-Layer Chromatography, Techniques and Applications[M]. New York: Marcel Dekker Inc, 1986.

[10] Yoshie Ueno, Kiyoshi Hayakawa, Saori Takahashi, *et al*. Purification and characterization of glutamate decarboxylase from *lactobacillus brevis* IFO 12005[J]. **Biosci Biotech Biochem**, 1997,61(7):1168-1171.

[11] Thompson D R. Response surface experimentation[J]. **J Food Proc Pres**, 1982, (6):155.

[12] 葛宇,许时婴,王璋. 响应面优化冰淇淋复配稳定剂配方研究[J]. 食品科学,1995,16(11):5-9.

[13] 吴有炜. 试验设计与数据处理[M]. 苏州:苏州大学出版社,2003.

(责任编辑:李春丽)

万方数据