

海藻酸丙二醇酯的功能特性及其在焙烤食品中的应用

段成龙, 张天任, 王盼, 王晓梅, 王湘龙

青岛明月海藻集团有限公司, 海洋食品加工与安全控制全国重点实验室, 山东 青岛

收稿日期: 2023年10月7日; 录用日期: 2024年1月25日; 发布日期: 2024年1月31日

摘要

文章研究了海藻酸丙二醇酯(PGA)在焙烤制品中的应用, 通过探讨PGA的基本性质、结构特性及其在面点制作中的多重功能, 为理解其在焙烤领域的独特优势提供了借鉴。与传统乳化剂相比, PGA不同于传统乳化剂的独特之处在于, PGA不仅具备出色的乳化性能, 还表现出增稠的功能, 并可以显著改善面团的弹性。本文还探讨了PGA在焙烤制品中的稳定性和抗老化特性, 为产品的贮藏和保质期提供了重要参考。文章通过实际应用的介绍, 提供了PGA在面点和其他焙烤制品中的具体使用方法、用量和效果, 为生产实践提供了实用的指导。

关键词

海藻酸丙二醇酯, PGA, 焙烤食品

Functional Properties of Propylene Glycol Alginate and Its Application in Baked Food

Chenglong Duan, Tianren Zhang, Pan Wang, Xiaomei Wang, Xianglong Wang

National Key Laboratory of Marine Food Processing and Safety Control, Qingdao Mingyue Seaweed Group Co., Ltd., Qingdao Shandong

Received: Oct. 7th, 2023; accepted: Jan. 25th, 2024; published: Jan. 31st, 2024

Abstract

The application of propylene glycol alginate (PGA) in baking products was studied in this paper.

文章引用: 段成龙, 张天任, 王盼, 王晓梅, 王湘龙. 海藻酸丙二醇酯的功能特性及其在焙烤食品中的应用[J]. 食品与营养科学, 2024, 13(1): 1-6. DOI: 10.12677/hjfn.2024.131001

The basic properties, structural characteristics and multiple functions of PGA in pastry making were discussed, it provides a reference for understanding its unique advantages in the field of baking. Compared with traditional emulsifiers, PGA is different from traditional emulsifiers in that it not only has excellent emulsifying performance, but also shows thickening function, and can significantly improve the elasticity of dough. The stability and anti-aging properties of PGA in baked products were also discussed, which provided important reference for the storage and shelf life of products. Through the introduction of practical application, we provide the concrete application method, dosage and effect of PGA in pastry and other baked products, and provide practical guidance for production practice.

Keywords

Propylene Glycol Alginate, PGA, Baked Goods

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

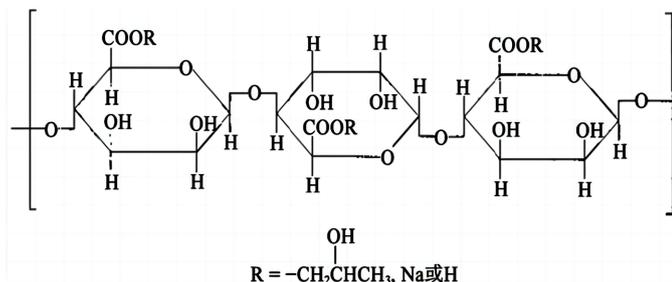
1. 引言

随着人们对食品质量和口感的要求不断提高,食品工业对于功能性食品添加剂的需求也在增加,包括改善食品的质地、延长保质期、提高口感等方面的需求。海藻酸丙二醇酯 PGA (Propylene Glycol Alginate) 作为在食品工业中广泛使用的添加剂,在欧美、日本等国家和地区已经成熟使用,并建立了相应的使用法规和标准[1]。2017年11月,国家卫计委公告通过了PGA用于发酵面制品、面包、糕点等领域的范围申请。PGA的应用不仅有助于食品制造商改进产品质量和口感,还有助于减少一些传统食品制造中需要使用的化学添加剂[2],从而提高了食品的安全性和可持续性。一些传统乳化剂可能源自化学合成或半合成的原料,其中可能包含一些对人体健康有潜在危险的成分。例如,用于调制沙拉酱的传统乳化剂如氧化乙酰丙酸酯(Acetem)与某些食品成分发生相互作用,形成可能对健康有害的氧化物[3]。业内专家表示,海藻酸丙二醇酯是一种性能优良的海洋食品添加剂,在沙拉酱中使用5%~10%的PGA添加量能够实现良好的乳化效果[4]。相比传统合成乳化剂,如羟丙基甲基纤维素(HPMC)等,有助于降低生产成本,同时减少了合成添加剂的使用量。在饼干制作中添加2%~5%的PGA来实现所需的乳化效果[5],可以减少对如甘油脂肪酸酯等合成化学物质的依赖。此外,PGA还具有良好的增稠、膨化、耐酸和泡沫稳定等特性,在低脂冰淇淋中需要使用增稠剂和增甜剂,添加3%~8%的PGA[6],可以实现更好的质地和口感。随着国家政策的支持和居民对食品安全和健康意识的不断提升,PGA未来具有良好的发展应用前景。

2. PGA 的结构与组成

2.1. PGA 的独特结构与性质

PGA的基本结构由 α -L-古洛糖醛酸(α -L-glutamic acid)和 β -D-甘露糖醛酸(β -D-glutamic acid)组成的多肽,具有线性排列的结构[7]。 α -L-古洛糖醛酸是一种氨基酸的异构体,即谷氨酸的光学异构体。在这里,它与 β -D-甘露糖醛酸通过肽键连接起来。 β -D-甘露糖醛酸是一种糖醛酸,是谷氨酸的另一种异构体,通过肽键与 α -L-古洛糖醛酸相连。PGA的结构具有一定的生物活性和生物相容性,因此在医药、食品等领域有一些应用。例如,PGA在食品工业中可用作增稠剂、稳定剂,同时在医药领域有潜在的药物传递和组织工程应用[8]。



2.2. 合成过程与分子特性

PGA 的制备是通过将海藻酸与环氧丙烷酯化合成制得，合成海藻酸丙二醇酯(PGA)的过程主要包括原料准备、环氧丙烷酯化、酸碱中和、提取和纯化[9]。为了获得高纯度的产物，合成后的 PGA 需要经过提取和纯化步骤，包括溶剂提取、结晶和过滤等操作。

由于 PGA 是由 α -L-谷氨酸和 β -D-甘露糖醛酸 通过肽键连接而成，其相对分子质量是 α -L-谷氨酸 (147.13 g/mol)和 β -D-甘露糖醛酸(87.08 g/mol)的相对分子两者质量之和，(理论值)为 234.21 g/mol。大分子相对分子质量 10,000~25,000 [10]。实际合成的 PGA 分子可能具有不同的分子量，具体取决于合成方法、反应条件等因素。

3. PGA 的主要物化特性

3.1. 乳化性和耐酸性

PGA 具有出色的乳化性能，由于 PGA 的亲水性的羟基和亲脂性的丙二醇基团相互作用，将水相和油相结合在一起，从而形成均匀的混合物。研究表明，添加 0.1%的 PGA 可以促进冰淇淋中油脂和含油脂固体微粒的均匀分散[11]，防止它们在制作和贮藏过程中发生不均匀沉积或分层现象，有助于提高冰淇淋的口感和质地，使其更加细腻和顺滑。其次，PGA 可以在酸性 pH 范围(通常在 pH 2.5 至 4.5 之间)保持其乳化和稳定性[12]。

3.2. 稳定性

PGA (海藻酸丙二醇酯)具有抗盐性和对金属离子的稳定性。对于一些需要高盐度的食品，PGA 的抗盐性能够有效地稳定这些金属离子，防止它们发生不必要的沉淀反应。一项研究发表于《Food Chemistry》杂志中，指出 PGA 在高盐度条件下(如海鲜制品中的盐分环境)仍然能够保持较高的乳化稳定性。实验结果显示，与其他乳化剂相比，PGA 在高盐环境中表现出更好的抗盐性，确保了食品制品的质量和口感。另外一项发表于《International Journal of Pharmaceutics》的研究表明，PGA 作为药物载体在存在金属离子的环境中表现出良好的稳定性[13]。实验结果显示，PGA 通过与金属离子形成稳定的配合物，不仅维持了其结构的完整性，同时保持了药物的释放性能。在复杂条件下，其稳定性和适应性使得 PGA 在食品、医药等领域中的应用更为可靠。

海藻酸是一种多糖类化合物，而添加 PGA 有助于维护海藻酸在不同环境条件下的稳定性，提高产品的质量和保质期。一些含有高价金属离子的食品中，金属离子的沉淀作用可能导致不良的效果，如质变、变色等。PGA 的存在可以阻止钙和其他高价金属离子引起的沉淀，维持食品的质感和颜色[14]。

3.3. 水合、抗老化、组织改良性

水合性：PGA 是一种亲水性的生物高分子，具有出色的保湿特性。它能够吸附并保留大量水分子，

有助于维持皮肤或食品中的水分，起到保湿的效果。在食品工业中，PGA 的水合性可用于改善食品质地，使其更加湿润、口感更佳[15]。PGA 的水合性使得其在水中溶解，形成具有可调控黏度的溶液。这在食品和化妆品制备中有广泛应用，例如作为增稠剂、乳化剂等。

抗老化性：一些研究表明，PGA 具有一定的抗氧化性，能够帮助抵御自由基的损害。自由基是导致细胞老化和组织损伤的原因之一。PGA 作为一种天然的抗氧化剂，有望在抗衰老的产品中得到应用[16]。PGA 的抗老化作用还表现在对胶原蛋白的促进上。胶原蛋白是皮肤中的主要结构蛋白，与皮肤的弹性和光泽有关。PGA 的使用可能有助于促进胶原蛋白的生成，对于维持皮肤的年轻和健康状态有积极作用。

组织改良性：PGA 具有良好的生物相容性，这使得它在医学领域中用于组织工程和生物材料方面的研究。它可以被细胞较好地接受，有助于组织修复和再生。其次，PGA 在医学上被用作支架或载体，用于细胞培养和组织工程。由于其可降解性，PGA 在组织修复完成后可以自行降解，而不会对身体造成不必要的影响。

4. PGA 在烘焙制品中的应用

4.1. 改善面团性能

面筋是面团中的蛋白质，PGA 能与面筋蛋白结合，形成复合物[17]，通过增强与面筋蛋白的相互作用，显著改善了面团的弹性，赋予其更好的延展性和韧性，使得面团更易于拉伸和形成。PGA 的添加还有助于创造更多丰富的气孔结构，提升了面包的体积和口感[18]。其次，由于复合物的形成，面团的稳定性得到提高，使其在发酵和烘焙的过程中更能够维持其形状和体积，特别适用于制作高体积的面点如法式面包等。同时，复合物调节了面团的黏性，使其更易于加工处理，为面点制作提供了更灵活的操作性，提高了生产效率。

冷冻面团技术最早主要应用于面包烘焙行业，但是容易出现水分散失、稳定性差以及成品冻裂等问题。因此，人们一直在研究改善的方法，其中一种较为成熟的方法是利用胶体来改善冷冻面团的品质[19]。在相关研究中，通过添加不同量的 PGA 进行实验，结果显示，添加 PGA 之后，面团的粉质和拉伸特性得到有效改善[20]。随着冻藏时间的延长，冷冻面团的品质呈现下降趋势。然而，在相同的冻藏时间下，当 PGA 的添加量为 0.2% 时，冷冻面团的内部结构能保持稳定[21]，失水率和可冻结水的含量降低，面团品质相较于未添加 PGA 的情况更佳。

此外，由于 PGA 具有优良的乳化特性，它与淀粉分子相互作用，可以显著减缓淀粉的老化过程，延缓产品的质量下降。

4.2. 提升口感

通过添加适量的 PGA，饼干的面团可以更均匀地混合，从而改善了其质地，使饼干更加松脆和口感出色。研究表明，海藻酸钠含量 0.16%，海藻酸丙二醇酯 0.16%，黄原胶 0.11% [22]，可以改善蛋糕面糊的质地，使其更加均匀，增加蛋糕的弹性，使其更加柔软，从而提高蛋糕的整体品质。在派和馅饼制作过程中，馅料中可能含有水分、果肉、糖浆等多种成分，PGA 的添加使得酱料更加浓郁和均匀，更容易涂抹在披萨饼或烤饼的面团上，从而提升了产品的口感和味道。

4.3. 延长保鲜期

在披萨饼和烤饼烘焙过程中，酱料中的水分可能会被面团吸收，导致产品质地不均匀或面团湿润，添加 PGA 通过与水分相互作用，减少了水分的迁移[23]，控制酱料中水分的分布，使得产品在整个货架期内能够保持一致的质地和口感。

其次, 长期储藏的蛋糕的水分会经历一系列老化现象, 蛋糕中的水分在储存过程中逐渐蒸发, 导致蛋糕变得干燥和硬化, 使其失去原有的湿润和柔软度, 降低了产品的整体品质。在贮藏阶段, 通过添加一定量的 PGA, 可以有效减缓蛋糕的干燥硬化和变质过程, 保持蛋糕的湿润口感[24]。

4.4. PGA 其他添加剂与优劣对比

对于具有乳化性能的添加剂如 CSL (氯化棕榈酰胺)、SSL (脱水山梨醇酯)、单硬脂酸甘油酯等, 在乳化效果方面, 传统的乳化剂表现出色, 能够有效稳定油水混合物, 提高食品均匀性和口感[25] [26] [27]。相比之下, PGA 在乳化方面功能较为有限。

而在面包制作的功能方面, PGA 具有独特的优势。PGA 同时具有乳化和增稠的功能, 这种双重功能使得 PGA 在面包制作中能够发挥更全面的作用[28]。如果注重纯粹的乳化效果, 传统的乳化剂可能更适用。然而, 如果在面包制作中既需要乳化效果又需要对面团的弹性进行改善, 那么 PGA 可能更为优越[29]。

5. PGA 与其它胶体协同特性

5.1. 复合稳定剂

(PGA)与果胶、黄原胶、卡拉胶等胶体材料相结合, 可以实现协同效应, 改善产品的质地、稳定性和口感。以搅拌型橙汁酸奶为例, 研究表明将 PGA 与单甘酯和 NaH_2PO_4 等复合稳定剂组合使用, 可以比单一的 PGA 稳定剂获得更好的稳定效果[30]。

5.2. 果胶

PGA 和果胶通常一起使用, 可以改善果酱、果冻和果汁饮料等产品的黏度和均匀性, 使产品更具口感和外观。通常用于果酱、果冻和果饼等产品中, 添加量一般在 0.2% 到 1.0% 之间。

5.3. 黄原胶

黄原胶在各种食品中都有广泛的应用, 其添加量通常在 0.1% 到 0.5% 之间[31], PGA 和黄原胶的协同作用可用于制备各种稳定的乳液体系, 如奶油、酱汁和沙拉酱。它们有助于防止分离和提高产品的口感。

6. 结论

PGA 在面制品、糕点、饼干多个烘焙食品领域都有应用。PGA 不仅有助于提高产品的均匀性, 还能显著改善面团的弹性, 为焙烤制品赋予独特的质地和口感。在实际应用中, 可以根据产品的具体需求选择使用 PGA, 尤其在追求多样化口感和质地的焙烤制品中, PGA 展现出了良好的适用性。随着研究和认识的深入, 有望进一步丰富我国焙烤食品市场, 满足消费者的多样化需求。

参考文献

- [1] 刘然然, 范素琴, 王晓梅, 等. 海藻酸丙二醇酯(PGA)在食品中应用进展[J]. 食品与营养科学, 2018, 7(3): 212-216. <https://doi.org/10.12677/HJFNS.2018.73025>
- [2] 刘海燕. 凝聚天然, 缔造健康 海藻酸丙二醇酯在发酵风味乳中的应用[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 30.
- [3] 陈鑫炳, 杨照悦, 范素琴, 等. 海藻酸丙二醇酯在果肉型果汁饮料中的应用[J]. 食品与营养科学, 2023, 12(2): 122-130. <https://doi.org/10.12677/HJFNS.2023.122016>
- [4] 薛玉清, 许丹虹, 冯玉红, 等. 海藻酸丙二醇酯和果胶在饮用型桑椹酸奶中的应用[J]. 食品工业科技, 2023, 44(20): 273-280. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023010129>
- [5] 陈野, 邓勇, 邵晓, 等. 一种荞麦杂粮面条及其制备方法[P]. 中国专利, CN202111394926.X. 2023-10-16.
- [6] 李红光. 一种复合饮料[P]. 中国专利, CN202110369598.1. 2023-10-16.

- [7] 邱艺超, 陈俊辉. 一种面包改良剂, 全麦面包及其制备方法[P] 中国专利, CN202110712579.4. 2023-10-16.
- [8] 陈迎琪, 姜启兴, 夏文水, 等. 海藻酸丙二醇酯流变学特性的研究[J]. 食品科技, 2016, 41(10): 208-212.
- [9] 李秀秀, 王凯, 连惠章, 等. 海藻酸丙二醇酯对面团流变学和速冻馒头品质的影响[J]. 农产品加工(上半月), 2022(9): 10-12, 19.
- [10] 王姣姣, 杨晓光, 秦志平, 等. 海藻酸丙二醇酯的主要特性及其在食品中的应用[J]. 安徽农业科学, 2016(7): 70-72.
- [11] 于清涛, 逢锦龙, 王晓梅, 等. 保温温度与时间对海藻酸丙二醇酯粘度影响的研究[J]. 食品与营养科学, 2020, 9(3): 355-359.
- [12] 臧梁, 傅宝尚, 姜鹏飞, 等. 海藻酸丙二醇酯对全麦冷冻面团冻藏稳定性和烘焙特性的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(21): 83-91.
- [13] 刘海燕, 逢锦龙, 王小霞, 等. 海藻酸丙二醇酯对面团流变学和面包烘焙特性的影响[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(6): 1-4.
- [14] 杨照悦, 陈鑫炳, 范素琴, 等. 海藻酸丙二醇酯在低脂半固体复合调味料中的应用[J]. 食品与营养科学, 2023, 12(2): 107-112.
- [15] 黄雪松, 杜秉海. 海藻酸丙二醇酯性质及其在食品工业中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 1996, 17(2): 13-16.
- [16] 钟璇. 脂肪酶在烘焙产品中的作用及应用[J]. 现代面粉工业, 2013(6): 35-36.
- [17] 刘海燕. 海藻酸丙二醇酯在发酵风味乳中的应用[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 30.
- [18] 尹晓洁, 陈铜, 简素平. 藻酸丙二醇酯对冷冻面团品质影响的研究[J]. 中国食品添加剂, 2017(5): 149-152.
- [19] 荣鸿裕, 沈益民. 乳化剂在烘焙食品中的应用技术[J]. 粮食与油脂, 1988(1): 30-36+27.
- [20] 秦益民, 张国防, 王晓梅. 天然起云剂——海藻多糖衍生物海藻酸丙二醇酯[J]. 食品科技, 2012(3): 238-242.
- [21] 青岛明月海藻集团有限公司. 高端面制品的新选择——海藻酸丙二醇酯[J]. 食品工业科技, 2014(7): 41.
- [22] 曹盼. 燕麦果汁复合饮料的研制[D]: [硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2012.
- [23] 龚淑婷, 田晓慧, 孙金煜, 等. 大豆分离蛋白-海藻酸丙二醇酯-天然乳胶共混膜的制备及性能研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2013, 40(2): 54-60.
- [24] 郭子璇, 张秀岩, 魏晓明, 等. 海藻酸丙二醇酯对馒头品质的影响研究[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(6): 26-33.
- [25] 胡国华, 甘果. 新型食品胶在冷食中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2004, 10(4): 22-24, 29.
- [26] 何名芳, 涂家涛. 焙烤食品添加剂的使用及发展探讨[J]. 食品安全导刊, 2022(3): 139-141.
- [27] 汪阳. 烘焙食品添加剂的使用现状与发展研究[J]. 中外食品工业, 2021(7): 163-164.
- [28] 李瑛. 烘焙食品中添加剂的应用与安全性浅析[J]. 中国食品, 2022(7): 87-89.
- [29] 姜丽华, 应欣, 谷静涵, 等. 食品添加剂在面包中的应用研究进展[J]. 粮食加工, 2021, 46(5): 21-25.
- [30] 胡国华. 新型食品胶在我国的开发应用现状及前景[C]//中国食品添加剂协会中国国际食品添加剂和配料展览会. 中国食品添加剂协会第三届会员代表大会暨第九届中国国际食品添加剂和配料展览会论文集. 2005: 45-54.
- [31] 李昊, 古志华, 李文莉, 等. 国内外焙烤食品分类比对研究[J]. 食品安全导刊, 2023(12): 188-192.