

β -环糊精协同酪蛋白酸钠稳定南极磷虾油 Pickering 乳液

董 焯¹, 白 雪¹, 戴志远¹, 郑振霄^{1*}, 徐雪姣^{2*}

¹浙江工商大学海洋食品研究院 全省食品微生物与营养健康重点实验室 杭州 310018

²浙江树人学院 生物与环境工程学院 杭州 310015)

摘要 为探究 β -环糊精(β -CD)与酪蛋白酸钠(SC)对南极磷虾油 Pickering 乳液的协同稳定效果,分别采用 β -CD、SC 和 β -CD/SC 复合物为稳定剂,制备南极磷虾油 Pickering 乳液。以乳液的宏观和微观形貌变化、粒径、 ζ -电位和黏度为特征指标,对乳液进行表征。结果表明: β -CD/SC 复合物制备的乳液具有更小的粒径(13.66 μm)、更高的 ζ -电位绝对值(31.90 mV)以及更高的黏度。比较离心处理、热处理以及冻融处理前、后乳液特征指标的变化,评价不同稳定剂制备的南极磷虾油 Pickering 乳液的稳定性,结果表明, β -CD/SC 复合物制备的乳液具有更好的总体稳定性。 β -CD 与 SC 复合物对南极磷虾油 Pickering 乳液具有协同稳定作用,在乳液领域具有显著的应用潜力。

关键词 β -环糊精;酪蛋白酸钠;协同稳定;南极磷虾油;Pickering 乳液

文章编号 1009-7848(2024)08-0291-07 DOI: 10.16429/j.1009-7848.2024.08.028

南极磷虾(*Euphausia superba*)是一种生活在南极海洋深处的一种甲壳类浮游生物,其具有强大的繁殖能力,生物储量巨大,每年的捕捞量约为 25 万 t,仅为其捕捞限量的 1/3^[1]。拓展南极磷虾资源的利用形式,推进其开发和利用具有重要的意义。南极磷虾富含磷脂型 n-3 多不饱和脂肪酸(Polyunsaturated fatty acids, PUFA),相比于源自鱼类中的甘油酯型 n-3PUFA,磷脂型 n-3PUFA 更容易与细胞膜融合,被人体吸收和利用。南极磷虾油是利用南极磷虾资源的重要形式^[2],然而,其较强的腥味和较差的水溶性,限制了在食品领域中的应用。将南极磷虾油加工成乳液可以有效化解这些限制,提高南极磷虾资源的利用率。

Pickering 乳液作为一种由固体颗粒稳定的乳液体系,具有稳定性好,制备方便等优点,在替代传统乳液方面很有潜力^[6]。近年来,随着人们对食品绿色加工制造认知的不断深化,由天然有机颗粒(如蛋白质颗粒、多糖颗粒、磷脂颗粒等)稳定的 Pickering 乳液成为研究热点^[7]。 β -环糊精(β -cy-

clodextrin, β -CD)作为一种天然多糖,具有内部疏水而外部亲水的特殊结构,具备较强的乳化能力,兼具良好的生物相容性和降解性,被广泛应用于 Pickering 乳液的制备^[3-4]。李学红等^[5]研究了不同油水比和 β -环糊精添加量对 β -环糊精稳定紫苏油 Pickering 乳液稳定性的影响,结果表明,当油水比为 7:3, β -环糊精的添加量为 3%时,制得乳液的稳定性最好。Liu 等^[6]采用 β -CD 为稳定剂,以葵花籽油为内相制备葵花籽油 Pickering 乳液,对其机制分析表明 β -CD 可在水相中形成三维网络结构阻止油滴的聚结,进而稳定乳液。 β -CD 虽可作为稳定剂制备 Pickering 乳液,但其会在乳液表面形成晶体和聚集体^[7],这样的结构在一定程度上削弱乳液的稳定性,而复合胶体颗粒可以提高单一颗粒的乳化能力,有助于增强乳液凝胶体系的稳定性^[8]。研究发现,多糖和蛋白质的结合有助于改善乳液的功能特性,减小乳液粒径并提高乳液稳定性^[9-12]。酪蛋白酸钠(Sodium caseinate, SC)是天然乳液的主要成分,具有很强的疏水性。此外,研究表明 SC 的疏水基团可以穿透 β -CD 的疏水内腔,形成更稳定的多糖-蛋白复合物^[13-14]。推测 β -CD 和 SC 对南极磷虾油乳液具有协同稳定的作用。

本文分别采用 β -CD、SC 和 β -CD/SC 复合物为稳定剂,制备南极磷虾油乳液,通过乳液的宏观和微观形貌变化、粒径、 ζ -电位和黏度等指标对乳

收稿日期: 2023-08-23

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(LQ22C200008, LQ22C200010); 国家重点研发计划项目(2023YFD2100004)

第一作者: 董焯,女,博士生

通信作者: 郑振霄 E-mail: zzx@zjgsu.edu.cn

徐雪姣 E-mail: xuxuejiao@zjsru.edu.cn

液进行表征,之后对比乳液离心处理(3 000 r/min, 10 min)、热处理(65 °C, 30 min)以及冻融处理(-18 °C冷冻 24 h, 25 °C解冻 30 min)前、后的形貌及特征变化,评价不同稳定剂制备南极磷虾油乳液的稳定性,以期为南极磷虾资源的合理利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

南极磷虾油,辽渔集团有限公司; β -环糊精和酪蛋白酸钠(均为化学纯级),上海麦克林生化科技有限公司。

1.2 主要仪器与设备

Nano-ZS 激光粒度仪,英国马尔文仪器有限公司;AE2000 倒置显微镜,麦克奥迪实业集团有限公司;MCR302 流变仪,奥地利安东帕有限公司;Evolution 60S 紫外-可见分光光度计,赛默飞世尔科技公司;Litesizer 500 动态激光散射仪,奥地利安东帕有限公司;T18 高速均质机,德国 IKA 公司;DK-8D 恒温水浴锅,上海一恒科学仪器有限公司;IKA Basic S025 磁力搅拌器,德国 IKA 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 β -CD/SC 复合物的制备 将 β -CD (2.0 g)溶解在超纯水(100 mL)中,以 10 000 r/min 的速度均质 1 min,然后磁力搅拌器搅拌,直到其完全溶解。将 2.0 g SC 溶解在 100 mL 超纯水中,以 10 000 r/min 均质 1 min,然后用磁力搅拌器搅拌 12 h,使 SC 充分水化。将 SC 溶液逐滴加入 β -CD 溶液中,充分搅拌 24 h。将复合物溶液冻干,得到 β -CD/SC 复合物颗粒。

1.3.2 乳液的制备 β -CD Pickering 乳液(β -CD-PE)制备:将 2.0 g β -CD 溶解在 70 mL 超纯水中,加入 30 mL 南极磷虾油,然后 15 000 r/min 乳化均质 3 min,制得 β -CD-PE。

SC Pickering 乳液(SC-PE)制备:将 2.0 g SC 溶于 70 mL 超纯水中,加入 30 mL 南极磷虾油中,15 000 r/min 乳化均质 3 min,制得 SC-PE。

β -CD/SC Pickering 乳液(β -CD/SC-PE)的制备:将 2.0 g β -CD/SC 混合颗粒溶解在 70 mL 超纯水中,加入 30 mL 南极磷虾油,15 000 r/min 乳

化均质 3 min,制得 β -CD/SC-PE。

1.3.3 乳液的光学显微观察 分别吸取 10 μ L 不同稳定剂制备的 Pickering 乳液滴于载玻片上,用盖玻片小心压平,采用倒置显微镜观察乳液的微观形貌。

1.3.4 乳液粒径和 ζ -电位的测定 吸取适量不同稳定剂制备的乳液,用去离子水稀释,充分混匀,采用 Nano-ZS 激光粒度仪测定乳液的平均粒径,采用 Litesizer 500 动态激光散射仪测定乳液的 ζ -电位。

1.3.5 乳液黏度的测定 取适量新鲜制备的乳液,在 25 °C 下控制应变 0.5%,固定频率 0.1 Hz,剪切速率 0~100 s⁻¹ 的条件下,采用流变仪测定乳液的表观黏度。

1.3.6 乳液的稳定性评价 乳液的离心稳定性和冻融稳定性参照朱凯等^[15]的方法测定。乳液的热稳定性通过观察乳液在 65 °C 下加热 30 min 前、后乳液的宏观和微观形貌的变化以及乳液粒径和 ζ -电位值的变化来评价。

1.4 数据分析

每组试验平行 3 次,数据以平均值 \pm 标准差表示。采用 OriginPro 9.0 和 SPSS 16.0 软件绘图和数据处理。显著性分析采用单因素方差分析中的邓肯多重范围检验,显著性差异以 $P < 0.05$ 表示。

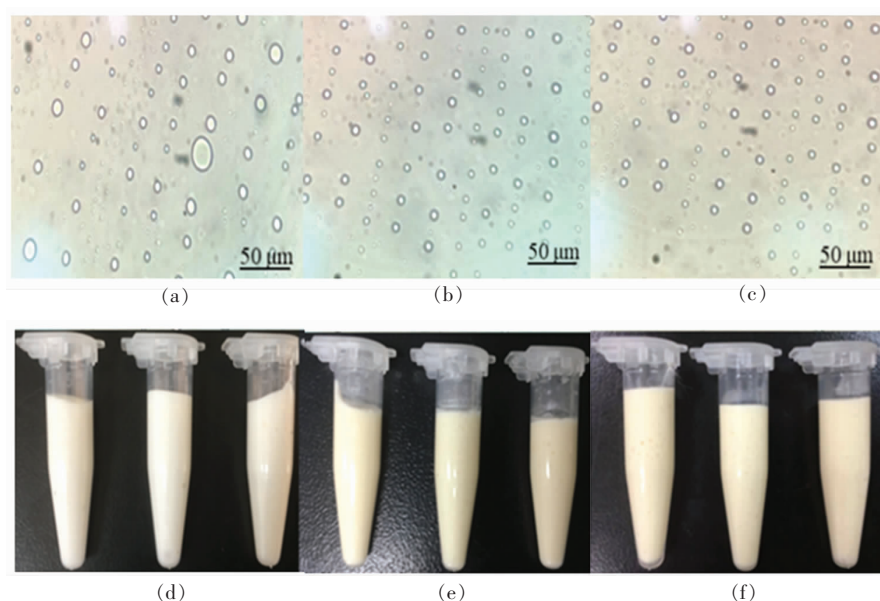
2 结果与分析

2.1 乳液的微观形貌和宏观形貌

不同稳定剂制备的南极磷虾油乳液的微观及宏观形貌如图 1 所示。 β -CD-PE 的外观呈现均匀的乳白色,而 SC-PE 呈淡黄色,球形油滴均匀地聚集在乳液的水相中。 β -CD-PE 的油滴明显比其它两种乳液的油滴大。此外,SC-PE 和 β -CD/SC-PE 的液滴比 β -CD-PE 的液滴分布均匀。这一结果表明, β -CD 的乳化能力不如 SC 和 β -CD/SC。由于 SC 的特殊空间结构,SC 更易吸附在油-水界面上,在形成乳状液时降低了界面张力^[16]。

2.2 乳液的黏度

不同稳定剂制备的南极磷虾油乳液的黏度分析见图 2。 β -CD/SC 复合物制备乳液的表观黏度明显高于 β -CD 或 SC 单一稳定剂制备的乳液。通常来讲,乳液的黏度较大,意味着液滴在分散相中



注:(a)~(c)为 β -CD-PE、SC-PE 和 β -CD/SC-PE 的微观形貌;(d)~(f)为 β -CD-PE、SC-PE 和 β -CD/SC-PE 的宏观形貌。

图 1 不同稳定剂制备的乳液微观及宏观形貌分析

Fig.1 Microscopic and macroscopic morphological analysis of emulsions prepared by different stabilizers

的移动速度较慢,液滴不容易发生聚结,乳液的稳定性越强^[17]。 β -CD/SC-PE 的表观黏度值明显高于其它两种,说明 β -CD/SC-PE 具有较高的黏性和稳定性。南极磷虾油中高含量的 n-3PUFA 导致 β -CD 和南极磷虾油自组装过程中的巨大立体阻力。客体分子进入 β -CD 的内腔后,仍有疏水的碳链暴露出来,导致复合固体颗粒的结构松散,由固体颗粒堆积形成的界面膜的刚性较弱,稳定性较差。有研究表明, β -CD 可与 SC 形成包合物,其中 β -CD 作为宿主,SC 作为客体分子占据 β -CD 的空腔,SC 吸附在 β -CD 形成的界面膜上,使 β -CD 形成的三维网状界面膜更加密集,从而增强了乳液的黏弹性^[18]。SC 吸附在 β -CD 形成的界面膜上,使 β -CD 形成的三维网状界面膜更加紧密,从而增强了乳液的黏度。

2.3 乳液的粒径和电位

粒径是乳液的一个重要指标,它与乳液中功能组分的吸收率和乳液的稳定性密切相关。粒径越小,乳液的吸收率和稳定性越好。由表 1 可知, β -CD,SC 和 β -CD/SC 复合物制备乳液的粒径分别为 29.50,15.24 μm 和 13.66 μm ,其中以 β -CD/SC 为稳定剂制备的乳液粒径最小,而以 β -CD 为稳定剂制备的乳液粒径最大。 ζ -电位是乳液的另

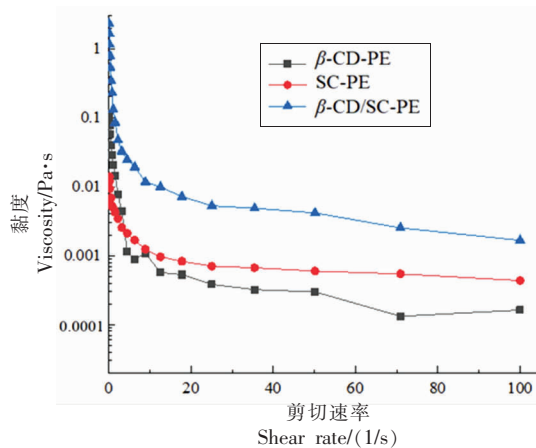


图 2 不同稳定剂制备乳液的表观黏度分析

Fig.2 Apparent viscosity analysis of emulsions prepared with different stabilizers

一个重要指标。通常 ζ -电位的绝对值越大,液滴间的排斥力越强,说明乳液体系越稳定。 ζ -电位的绝对值越小,液滴间的排斥力越弱,液滴趋于聚集。 β -CD-PE、SC-PE 和 β -CD/SC-PE 的 ζ -电位分别为-10.10,-31.50 mV 和-31.90 mV。 β -CD-PE 的绝对 ζ -电位显著低于 SC-PE 和 β -CD/SC-PE ($P < 0.05$), β -CD/SC-PE 与 SC-PE 之间无显著性差异。当 SC 吸附在 β -CD 表面时,电荷分布发生变化,由于 SC 携带的电荷大于 β -CD,SC 在 β -CD

表1 不同稳定剂制备的乳液热处理前、后的粒径和 ζ -电位Table 1 Particle size and ζ -potential of emulsions prepared with different stabilizers before and after thermal treatment

类别	粒径/ μm		ζ -电位/mV	
	未处理	65 °C/30 min	未处理	65 °C/30 min
β -CD-PE	29.50 \pm 0.11 ^a	325.11 \pm 1.25 ^a	-10.10 \pm 1.20 ^b	-3.50 \pm 0.15 ^c
SC-PE	15.24 \pm 0.20 ^c	46.19 \pm 1.15 ^b	-31.50 \pm 1.50 ^a	-15.30 \pm 0.25 ^b
β -CD/SC-PE	13.66 \pm 0.15 ^b	32.21 \pm 0.75 ^c	-31.90 \pm 1.70 ^a	-20.10 \pm 0.75 ^a

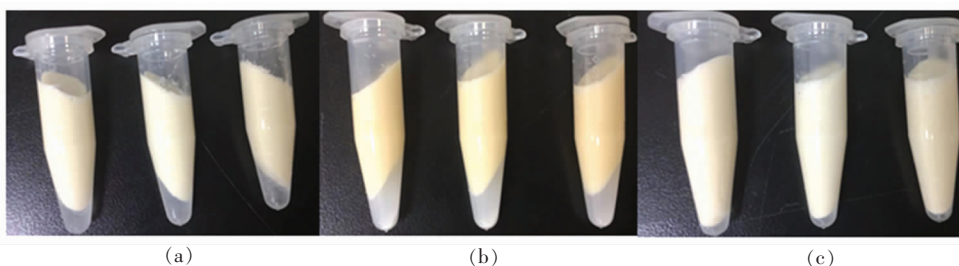
注:不同的字母表示不同组间的显著差异($P < 0.05$)。

表面的附着增加了由 β -CD/SC稳定的乳液中液滴的 ζ -电位。

2.4 乳液的稳定性分析

2.4.1 离心稳定性 乳液中水相和油相的保持能力可通过离心力反映出来。离心稳定性是乳液的一个重要指标^[19]。图3显示在3 000 r/min条件下离心10 min后乳液的外观变化。离心处理加速乳

液的分层,其中 β -CD-PE和SC-PE均出现严重的分层现象, β -CD/SC-PE的分层现象最不明显。用分光光度法测定乳液的离心稳定性, β -CD-PE、SC-PE和 β -CD/SC-PE的离心稳定性分别为86.15%,74.72%和93.19%,这一结果与外观变化的结果相一致。乳液的离心稳定性与其黏度性密切相关,黏性越强,离心稳定性越好^[20]。



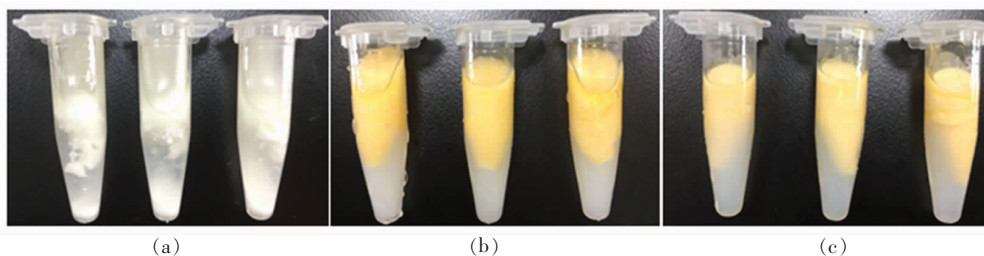
注:(a)~(c)为 β -CD-PE、SC-PE和 β -CD/SC-PE离心后的形貌变化。

图3 不同稳定剂制备的乳液离心后的形貌变化

Fig.3 Morphological changes of emulsions prepared with different stabilizers after centrifugation

2.4.2 冻融稳定性 乳液型的食品在运输和储存过程中可能被冷冻,研究乳液的冻融稳定性很有必要。图4显示冻融处理后乳液外观的变化。乳液解冻后,油相和水相完全分离,不具备乳液原有的特性。在乳液加工和贮藏过程中应避免冷冻。乳液在冻融处理后失去基本的乳液特性,这涉及各种

物理和化学变化,包括冰晶形成、冰晶生长、离子冻结浓缩等^[21]。乳液中的油相可能会在低温下完全或部分结晶,这可能导致脂肪液滴形状和稳定性发生变化,油滴中形成的脂肪晶体可能渗透到另一个油滴的流体区域,从而促进部分聚结^[22]。



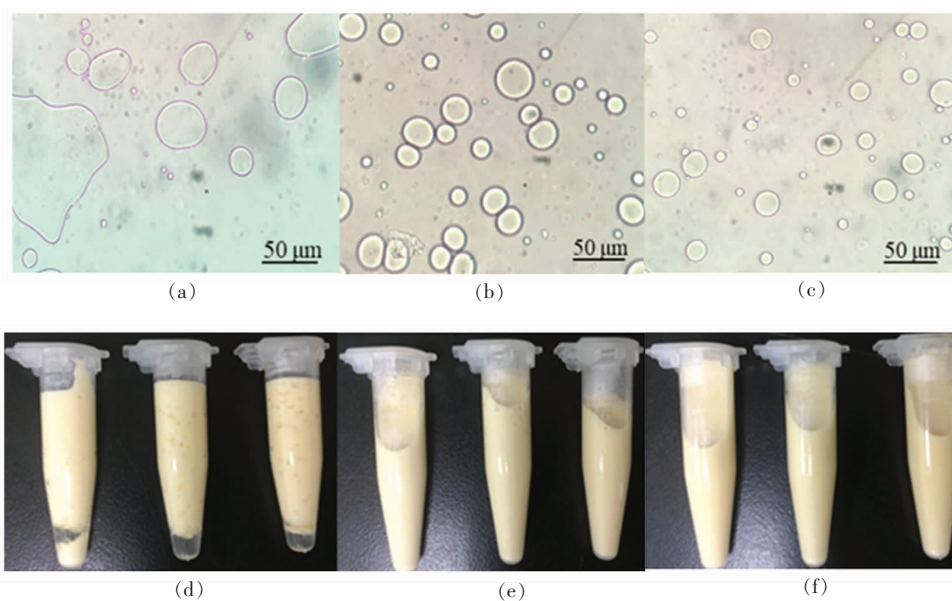
注:(a)~(c)为 β -CD-PE、SC-PE和 β -CD/SC-PE的冻融后的形貌变化。

图4 不同稳定剂制备的乳液冻融后的形貌变化

Fig.4 Morphological changes of emulsions prepared with different stabilizers after freeze-thawing

2.4.3 热稳定性 热处理是抑制乳液型食品中微生物生长的重要手段。研究乳液的热稳定性具有重要意义。常用的巴氏杀菌操作为 65 °C 保持 30 min。本研究采用此参数对乳液进行热处理。如图 5 所示,3 种乳液在 65 °C 处理 30 min 后, β -CD-PE 出现明显的凝固和分层,乳液液滴变大,一些液滴的形状开始变得不规则,而 SC-PE 和 β -CD/SC-PE 都表现出良好的耐热性,热处理后乳液的外观没有发生明显的变化。从乳液的微观形貌变化也可看出, β -CD-PE 的变化最为显著,液滴间发生相互聚集,呈现液滴变大的情形,并且部分液滴的形状呈不规则多边形,失去乳液滴的特性。SC-PE 和 β -CD/SC-PE 的微观形貌变化虽较小,但也出现一定程度的液滴聚集,液滴尺寸增大,其中 β -CD/SC-PE 液滴的分布均匀性好于 SC-PE。从表 1 可知,65 °C 处理 30 min 后, β -CD-PE 的粒径变化最大,由 29.50 μm 增到 325.11 μm ,而 β -CD/SC-

PE 粒径的变化最小,由 13.66 μm 增到 32.21 μm 。这些结果表明, β -CD/SC-PE 稳定的乳液具有较好的热稳定性,65 °C/30 min 处理对其宏观形貌、微观形貌以及粒径的影响较小。在 β -CD 稳定的乳液中, β -CD 和油滴凝集物的形成是自发的,水相中的 β -CD 自发地分布在油相中的分子表面上,形成凝集物,并积累成微晶。这些微晶体附着在液滴表面,形成一个致密的积累层,从而保持乳液的稳定性^[21]。然而,由于南极磷虾油中磷脂型 n-3 PUFA 的含量很高,空间结构很复杂,因此自组装后形成的固体颗粒结构松散,结合力弱,导致耐热性差。SC 具有许多疏水基团,这些基团进入 β -CD 的疏水腔,形成 β -CD/SC 混合颗粒,使与客体分子形成的界面膜紧密,增强了界面膜的稳定性。此外,SC 还在固体颗粒表面形成坚韧的亲水蛋白膜,具有良好的耐热性,增强了乳液的热稳定性^[23]。



注:(a)~(c)为 β -CD-PE、SC-PE 和 β -CD/SC-PE 热处理后的微观形貌;(d)~(f)为 β -CD-PE、SC-PE 和 β -CD/SC-PE 热处理后的宏观形貌。

图5 不同稳定剂制备的乳液热处理后微观及宏观形貌分析

Fig.5 Microscopic and macroscopic morphological analysis of emulsions prepared with different stabilizers after thermal treatment

3 结论

本文比较了由 β -CD、SC 和 β -CD/SC 复合物制备的南极磷虾油 Pickering 乳液的特性和稳定性。结果表明, β -CD/SC 复合物制备的南极磷虾油 Pickering 乳液具有优良的性能,包括更均匀的形

貌,最小的粒径(13.66 μm),最高的绝对 ζ -电位(31.90 mV)和最强的黏度。在稳定性试验中, β -CD/SC 复合物制备的南极磷虾油 Pickering 表现出更优异的离心稳定性和热稳定性。本研究结果为南极磷虾资源的加工利用提供了参考。

参 考 文 献

- [1] VEYTIA D, CORNEY S, MEINERS K M, et al. Circumpolar projections of Antarctic krill growth potential[J]. *Nature Climate Change*, 2020, 10(6): 568–575.
- [2] FU J J, SONG L, GUAN J J, et al. Encapsulation of Antarctic krill oil in yeast cell microcarriers: Evaluation of oxidative stability and *in vitro* release [J]. *Food Chemistry*, 2021, 338(2): 128089.
- [3] XIAO Z B, LIU Y F, NIU Y W, et al. Cyclodextrin supermolecules as excellent stabilizers for Pickering nanoemulsions[J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2020, 588(3): 124367.
- [4] LIU Z B, LI Y B, GENG S, et al. Fabrication of food-grade Pickering high internal phase emulsions stabilized by the mixture of β -cyclodextrin and sugar beet pectin[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, 182(7): 252–263.
- [5] 李学红, 陆勇, 郝晓萍, 等. 环糊精稳定紫苏籽油 Pickering 乳液的制备及其稳定性[J]. *中国粮油学报*, 2019, 34(12): 59–64.
- LI X H, LU Y, HAO X P, et al. Preparation of perilla seed oil emulsion stabilized by cyclodextrin and its stability[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2019, 34(12): 59–64.
- [6] LIU Z B, GENG S, JIANG Z J, et al. Fabrication and characterization of food-grade Pickering high internal emulsions stabilized with β -cyclodextrin [J]. *LWT—Food Science and Technology*, 2020, 134(12): 110134.
- [7] TIAN Y C, YUAN C, CUI B, et al. Pickering emulsions stabilized by β -cyclodextrin and cinnamaldehyde essential oil/ β -cyclodextrin composite: A comparison study[J]. *Food Chemistry*, 2022, 377(5): 131995.
- [8] VÉLEZ-ÉRAZO E M, BOSQUI K, RABELO R S, et al. High internal phase emulsions (HIPE) using pea protein and different polysaccharides as stabilizers[J]. *Food Hydrocolloids*, 2020, 105(8): 105775.
- [9] SIVAPRATHA S, SARKAR P. Multiple layers and conjugate materials for food emulsion stabilization[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018, 58(6): 877–892.
- [10] ZHOU H L, LV S S, LIU J N, et al. Modulation of physicochemical characteristics of Pickering emulsions: Utilization of nanocellulose- and nanochitin-coated lipid droplet blends[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2020, 68(2): 603–611.
- [11] CAO C N, ZHAO S C, CHEN J X, et al. Physical properties and stability of filled hydrogel particles based on biopolymer phase separation: Influence of the ratio of protein to polysaccharide[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 142(1): 803–810.
- [12] XU D X, QI Y M, WANG X, et al. The influence of flaxseed gum on the microrheological properties and physicochemical stability of whey protein stabilized beta-carotene emulsions[J]. *Food & Function*, 2017, 8(1): 415–423.
- [13] PERUGINI L, CINELLI G, COFELICE M, et al. Effect of the coexistence of sodium caseinate and Tween 20 as stabilizers of food emulsions at acidic pH[J]. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2018, 168(8): 163–168.
- [14] SABOURI S, CORREDIG M. Acid induced destabilization of emulsions prepared with sodium caseinate-epigallocatechin-gallate complexes[J]. *Food Hydrocolloids*, 2016, 61(12): 113–118.
- [15] 朱凯, 徐雪姣, 杨会成, 等. β -环糊精稳定南极磷虾油 Pickering 乳液的制备及其稳定性的研究[J]. *水产学报*, 2022, 46(3): 466–474.
- ZHU K, XU X J, YANG H C, et al. Preparation of Antarctic krill Pickering emulsion stabilized by β -cyclodextrin and its stability[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2022, 46(3): 466–474.
- [16] XU H N, LIU H H, ZHANG L. Blocking and blending: Different assembly models of cyclodextrin and sodium caseinate at the oil/water interface [J]. *Langmuir*, 2015, 31(33): 9061–9069.
- [17] YANG T, ZHENG J, ZHENG B S, et al. High internal phase emulsions stabilized by starch nanocrystals[J]. *Food Hydrocolloids*, 2018, 82(9): 230–238.
- [18] LEE M, FENNEMA O R. Ability of cyclodextrins to inhibit aggregation of beta-casein[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1991, 39(1): 17–21.
- [19] HU Y Q, YIN S W, ZHU J H, et al. Fabrication and characterization of novel Pickering emulsions and Pickering high internal emulsions stabilized by

- gliadin colloidal particles[J]. *Food Hydrocolloids*, 2016, 61(12): 300–310.
- [20] LI Z F, MING T, WANG J F, et al. High internal phase emulsions stabilized solely by microgel particles[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2009, 48(45): 8490–8493.
- [21] ZHU X F, ZHENG J, LIU F, et al. Freeze-thaw stability of Pickering emulsions stabilized by soy protein nanoparticles. Influence of ionic strength before or after emulsification[J]. *Food Hydrocolloids*, 2018, 74(1): 37–45.
- [22] ZHU Y Q, MCCLEMENTS D J, ZHOU W, et al. Influence of ionic strength and thermal pretreatment on the freeze-thaw stability of Pickering emulsion gels[J]. *Food Chemistry*, 2020, 303(1): 125401.
- [23] MA X, CHATTERTON D E W. Strategies to improve the physical stability of sodium caseinate stabilized emulsions: A literature review[J]. *Food Hydrocolloids*, 2021, 119(10): 106853.

The Synergistic Effect of β -Cyclodextrin with Sodium Caseinate to Stabilize Pickering Emulsion of Antarctic Krill Oil

Dong Ye¹, Bai Xue¹, Dai Zhiyuan¹, Zheng Zhenxiao^{1*}, Xu Xuejiao^{2*}

(¹Provincial Key Laboratory of food Microbiology and Nutrition Health, Institute of Seafood, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018

²College of Biology and Environmental Engineering, Zhejiang Shuren University, Hongzhou 310015)

Abstract To investigate the synergistic stabilization effect of β -cyclodextrin (β -CD) and sodium caseinate (SC) on Antarctic krill oil Pickering emulsion. In this paper, Antarctic krill oil Pickering emulsions were stabilized by β -CD, SC and β -CD/SC complexes, respectively. The Pickering emulsions were characterized by macroscopic and microscopic morphological changes, particle size, ζ -potential, and viscosity. The results showed that the emulsion stabilized by β -CD/SC complex had the smallest particle size (13.66 μm), highest absolute value of ζ -potential (31.90 mV), and strongest viscosity. In addition, the stability of Antarctic krill oil Pickering emulsions stabilized by different stabilizers was evaluated by centrifugation treatment, thermal treatment, and freeze-thaw treatment. The results showed that the emulsion prepared by β -CD/SC complexes possessed the best overall stability. The complex of β -CD and SC had a significant synergistic stabilization effect on Antarctic krill oil Pickering emulsion and had remarkable potential for application in the emulsion field.

Keywords β -cyclodextrin; sodium caseinate; synergistic stabilization; Antarctic krill oil; Pickering emulsion