

乳状液微聚集体的粒径分析和稳定性表征联用



蛋白质、油脂、多糖是食品体系中重要的 3 类生物大分子，是影响食品结构和质构的主要因素。在实际体系中 3 种分子往往共存，由于两种分子之间的相互作用，此时体系的稳定性和质构特性并非这 3 种分子作用的简单加和。水包油体系乳状液的异型聚集为提高食品乳状液体系流变特性提供了研究思路。本研究基于乳状液微滴间静电组装，构建大豆分离蛋白（SPI）和亚麻籽胶（FG）两种乳状液异型微聚集体，考察其粒径大小与分布、物理稳定性、微观结构、剪切流变特性，确定最佳混合比例，构建具有高流变特性同时具有良好稳定性的异型微聚集体，为脂肪模拟物的研究提供思路。

1. 试验方法

1.1 大豆分离蛋白 SPI/MCT 乳状液的制备

准确称取一定量的大豆分离蛋白（SPI），溶解于 5mmol/L 磷酸盐缓冲溶液（pH 7.0）中，50 °C 搅拌 2h，溶胀过夜，使用前于 50 °C 搅拌 30 min，确保 SPI

充分溶解，制备 SPI 溶液（1%），形成水相。将溶解好的 SPI 溶液用 1 mol/L HCl 调节 pH 值至 3.0。准确称取一定量的 MCT（10%），作为油相。以高速乳化均质机 19 000 r/min 剪切 5 min，形成粗乳状液；粗乳状液通过微射流进一步均质得到 SPI/MCT 乳状液，均质压力 50 MPa，均质 3 次。

1.2 亚麻籽胶 FG/MCT 乳状液的制备

准确称取一定量的亚麻籽胶（FG），溶解于 5 mmol/L 磷酸盐缓冲溶液（pH 7.0）中，于 50 °C 搅拌 2 h，溶胀过夜，使用前 50 °C 搅拌 30 min，确保 FG 充分溶解，制备 FG 溶液（0.6%），形成水相。将溶解好的 FG 溶液用 1 mol/L HCl 调节 pH 值至 3.0。准确称取一定量的 MCT（10%），作为油相。在高速乳化均质机 19 000 r/min 剪切 5 min，形成粗乳状液，将其通过微射流进一步均质得到 FG/MCT 乳状液，均质压力为 50 MPa，均质 3 次。

1.3 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体的制备

将 1% 的 SPI 乳状液与 0.6 % 的 FG 乳状液按不同比例分别混合（0 : 10, 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3, 8 : 2, 9 : 1, 10 : 0），混合均匀，用 1 mol/L HCl 将混合乳状液 pH 值调至 3.0，形成不同组成的 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体。

1.4 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体粒径分析

采用激光粒度仪测定 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体粒径。乳状液（或其稀释液）的粒径是衡量乳状液微聚集体的尺寸分布。为减小多重光散射对测量的误差，样品在分析测试前用 5 mmol/L 磷酸盐缓冲液（pH 3.0）稀释 400 倍。每个样品分析重复 3 次，结果以粒径平均值（nm）表示。

1.5 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体物理稳定性分析

应用 Lumisizer 稳定性分析仪，通过加速分层和量化沉淀、悬浮的方法（STEP-Technology）快速测定乳状液的稳定性。不稳定性指数（Instability index）是在离心的过程中，平行的近红外光照射在样本试管上，通过记录样品不同位置的透射率分布的变化，确定乳状液粒子的迁移过程。取乳状液约 0.4 mL，均匀注射至样品试管底部，温度设定为 25 °C，离心转数为 2 500 r/min，样品的透射率的特征线每 30 s 记录 1 次，共 255 次。



2 结果与分析

2.1 FG 乳状液微滴含量对 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体粒径的影响

不同含量的 FG 乳状液微滴对 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体粒径的影响如图 2 所示。随着 FG 乳状液微滴含量的增加，FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体的粒径呈先增大后减小的趋势，这主要是因为带有负电荷的 FG 乳状液微滴吸附至 SPI 乳状液微滴上，形成微聚集体使粒径变大。当 FG 乳状液微滴含量小于 30% 时，乳状液粒径变化较小，这主要是 SPI 占主导地位，只有小部分的 FG 乳状液微滴通过静电相互作用与 SPI 乳状液微滴吸附，形成少部分的微聚集体。而后，随着 FG 乳状液微滴的增多，带负电荷的 FG 乳状液微滴可与带正电荷的 SPI 乳状液微滴相互作用（微滴间和游离 FG、SPI 分子间）形成具有特定结构的空网络结构的微聚集体。当 FG 乳状液微滴含量为 60% 时，乳状液微聚集体的粒径最大，FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集效应最强。随着 FG 乳状液微滴含量的增加，FG 乳状液微滴占主导地位，FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集效应减弱，表明带异型电荷的 FG 乳状液-SPI 乳状液聚集效应的最佳比例为 6：4。

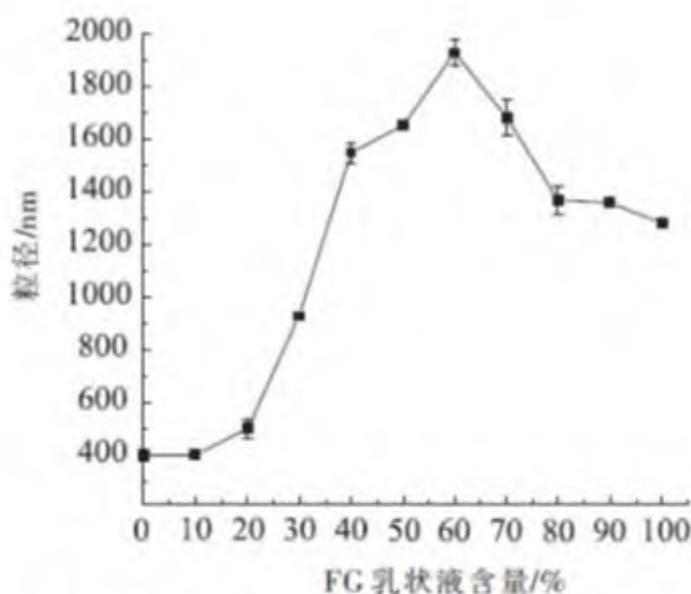


图 2 FG 乳状液含量对 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体粒径的影响

Fig.2 Effect of FG emulsion content on the droplet size of the heteroaggregated emulsions of FG-coated droplets and SPI-coated droplets

2.2 FG 乳状液微滴含量对 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体稳定性的影响

采用 Lumisizer 稳定性分析仪，通过不稳定性指数（Instability Index）分析不同含量的 FG 乳状液微滴对 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体稳定性的影响。不稳定性指数越小，乳状液越稳定。从图 3 可以看出，随着 FG 乳状液微滴含量的增加，FG-SPI 乳状液微聚集体的不稳定性指数先增大后减小再增大。FG 乳状液含量较少或较多（0~20%，80%~100%）时，乳状液的不稳定性指数较小，表明乳状液稳定性较好，这可能是因为乳状液微滴-微滴间相互作用较弱，对乳状液的稳定性影响较小。当 FG 乳状液含量分布于 30%~70% 时，乳状液的不稳定性指数明显增大，表明乳状液微滴间相互作用较强时，乳状液的物理稳定性被破坏。通常乳状液界面聚电解质之间静电相互作用强度以及在界面形成的复合物的性质取决于其质量分数、本身表面带电基团的分布、分子结构的稳定以及所带电荷的分布及密度等。此外，从热力学方面考虑，进一步开拓这个新方法面临的主要问题是乳状液微聚集体在制备过程中的絮凝问题，即多糖乳状液微滴的加入过程中，其含量的过小或过大引起的乳状液不稳定现象。由此可知，并不是所有应用聚电解质微滴及其分子间的相互作用都能提高乳状液的稳定性，乳状液体系及乳化剂含量选择不当，可能会导致絮凝，最终导致乳状液的不稳定。当 FG 乳状液含量为 60% 时，乳状液的不稳定性指数（ <0.2 ）相对较小，较稳定。

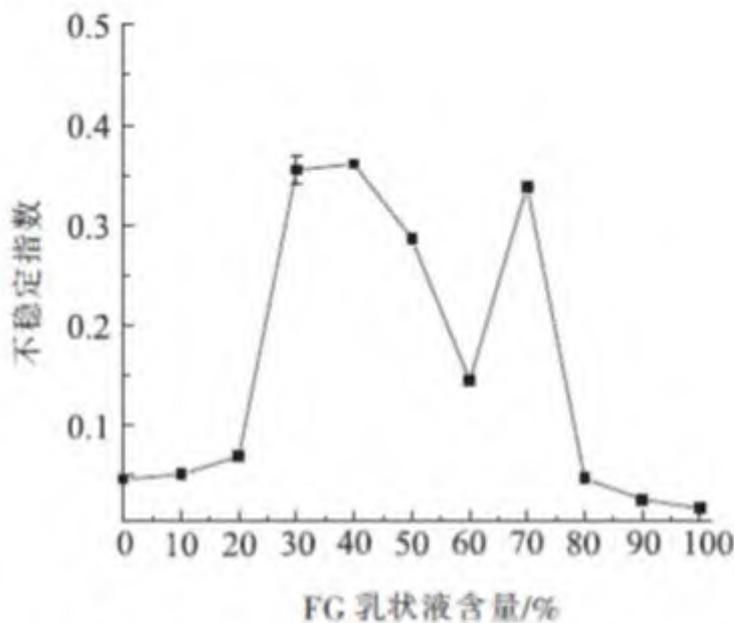


图 3 FG 乳状液含量对 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体不稳定性指数变化的影响

Fig.3 Effect of FG emulsion content on the instability index of the heteroaggregated emulsions of FG-coated droplets and SPI-coated droplets

3 结论

本研究结果表明，60%FG 乳状液-40%SPI 乳状液异型聚集时，粒径最大，体系的稳定性系数较小，两种乳状液发生异型聚集，二者之间的稳定效应主要依靠空间位阻效应，从微观结构推测，形成了一种特定的空间网络结构，两种微滴牢牢结合在一起。本研究通过异型聚集效应，制备高流变特性的 FG 乳状液-SPI 乳状液微聚集体，为开发油脂模拟物提供数据。

本文节选自《中国食品学报》

Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology

亚麻籽胶-大豆分离蛋白乳状液微滴聚集体的制备及其流变特性

销售代理公司：北京西正元投资管理有限公司

联系电话：010-84762885 18515180881 18910341840