

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.12.008

酪蛋白-魔芋葡甘聚糖混合体系相互作用研究^①

吴云辉

厦门海洋职业技术学院, 厦门 福建 361002

摘要: 为了解决蛋白质-多糖混合体系在加工贮藏过程中由于相分离所造成的食品体系的不稳定问题, 以酪蛋白(CS)和魔芋葡甘聚糖(KGM)为原料, 通过观察混合体系相行为、流变特性等, 探讨 CS-KGM 混合体系相互作用机理. 结果表明: CS-KGM 混合体系的相行为与 pH 值密切相关, KGM 的浓度以及时间均会影响体系在酸性条件下的稳定性, KGM 的添加提高了体系的稳定性; 通过流变学分析发现 CS-KGM 混合体系属于假塑性流体, 呈溶胶的性质; 紫外光谱分析显示 CS 的紫外吸收随 pH 值变化而变化明显, 且 KGM 对 CS 的紫外吸收无影响.

关键词: 酪蛋白; 魔芋葡甘聚糖; 相分离; 流变性

中图分类号: TS201.2; Q512

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)12-0051-08

酪蛋白(Casein, 简称 CS)是一种全价蛋白质, 是乳制品中主要的蛋白质成分, 具有较高的营养价值和良好的功能特性^[1]. 在乳制品中, 酪蛋白通常以酪蛋白-磷酸钙络合物形式的胶束状态存在, 通过胶粒之间的静电排斥以及空间位阻的共同作用保持着一种不稳定的平衡, 但易受酸、受热、盐类、凝乳酶等加工环境和其他因素的影响. 特别是在 pH 值低于酪蛋白的等电点的酸性乳饮料中, 体系中酪蛋白因倾向于聚集而失稳, 使得蛋白质沉淀. 这一现象已成为制约酸性乳饮料生产和开发的关键问题之一. 因此, 在酸性乳饮料的生产过程中, 常需要加入稳定剂用以提高体系的稳定性. 通过多糖与酪蛋白的相互作用可提高体系的稳定性, 常用的多糖有果胶、CMC、黄原胶、可溶性大豆多糖、变性淀粉、海藻酸丙二醇酯等多糖高分子^[2].

随着人们生活水平及健康意识的不断提高, 高纤维、低脂肪、低热量的食品越来越受到人们的青睐. 魔芋葡甘聚糖(Konjac glucomannan, 简称 KGM)作为一种食物纤维, 具有高纤维、低脂肪和低热量的特点, 同时具有非常强的亲水性、凝胶性、流变学特性以及增稠性等^[3-4], 常常被作为稳定剂或增稠剂应用于茶饮料、冰淇淋、果冻等食品工业中^[5]. 此外, KGM 还具有较多的生物活性, 如降低血脂, 减肥, 抗癌等作用^[6-7]. 因此, KGM 的添加既可以提高食品体系的稳定性、改善和控制食品的流变特性和质构特征, 还可以提高产品的功能性, 为食品加工的多样性提供条件. 然而, 目前对 KGM 等中性非离子多糖在乳制品中的应用研究仍然较少.

此外, 研究表明食品的稳定性的不仅取决于蛋白质和多糖性质, 也取决于蛋白质和多糖之间相互作用的本质和作用强度^[8]. 因此, 本文对 CS 与非离子多糖 KGM 的相行为进行研究, 通过建立相图, 采用流变仪、紫外可见光谱分析仪来探讨 CS-KGM 混合体系的相分离机理, 利用相分离, 优化和控制食品加工条件, 达到解决在加工贮藏过程中由于相分离所造成的食品体系不稳定的问题, 并为生产中利用蛋白-多糖复合物作为稳定乳状液的重要组分, 制备具有一定货架期稳定性的乳状液提供一定的理论基础.

① 收稿日期: 2017-09-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(3121837); 福州市科技计划项目(2011-N-44).

作者简介: 吴云辉(1961-), 男, 副教授, 硕士, 主要从事食品加工与检测的研究.

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验材料

酪蛋白(纯度 92%), 郑州建达化工产品有限公司; 魔芋葡甘聚糖(纯度 92%, 重均分子量为 100~200 kDa), 云南省昭通市三艾有机魔芋发展有限公司; 无水磷酸氢二钠, 磷酸二氢钾, 氢氧化钠, 浓盐酸, 均为分析纯, 国药集团化学试剂有限公司.

1.1.2 仪器与设备

MCR301 流变仪, 奥地利安东帕有限公司; PL402-C 电子天平, 梅特勒-托利多仪器有限公司; BS224S 分析天平, 赛多利斯(北京)有限公司; S-2C pH 酸度计, 上海伟业器械厂; JB200-S 数显电动搅拌机, 上海标本模型厂; UV-2550 紫外可见光谱分析仪, 上海精密科学仪器有限公司; SC-3612 低速离心机, 科大创新股份有限公司中佳分公司.

1.2 方法

1.2.1 CS-KGM 混合溶液的配制

准确称取一定质量的 CS 和 KGM 样品, 分别溶于 0.05 mol/L 的磷酸盐缓冲液中, 于室温下搅拌 3 h 以上, 确保样品溶液充分水化以得到 CS 和 KGM 浓度分别为 4% 和 1% 的贮备液. 将水化好的 CS 和 KGM 以一定比例混合, 制备出 CS 质量分数为 1%, KGM 质量分数为 0~0.5% 的 CS-KGM 混合液, 室温下搅拌 1.5 h, 确保 CS 和 KGM 充分混匀, 4 °C 存放备用. 用 1 mol/L HCl 或 NaOH 调节体系的 pH 值.

1.2.2 相图的绘制

将配制好的含有 1% 的 CS 和不同质量分数的 KGM(0~0.5%) 按不同比例混合制备 CS-KGM 混合溶液, 用 1 mol/L HCl 或 NaOH 调节混合体系的 pH 值, 得到一系列 CS-KGM 混合溶液(pH 值为 3~7), 于室温下静置一段时间, 考察 KGM 的浓度(C_{KGM})、pH 值的变化和静置时间对混合体系的影响.

1.2.3 CS-KGM 混合溶液流变性测定

采用 MCR301 流变仪测定样品的粘度和应力随剪切速率的变化情况. 选用平板完成测试, 平板直径选用 50 mm, 间距设定为 1 mm. 剪切速率测定范围为 1~300 s⁻¹, 测定温度为 25 °C.

测定不同条件下混合体系的储能(弹性)模量 G' 、损耗(粘性)模量 G'' 对角频率(ω)的依赖性, 扫描频率 10⁻¹~10³ rad/s.

1.2.4 CS-KGM 混合溶液的紫外光谱分析

将制得样品以 4 200 r/min 离心 90min. 用 0.05 mol/L 磷酸盐缓冲液将得到的上清液稀释 30 倍后进行近紫外图谱扫描.

1.3 数据处理

用 Excel 2007 和 Origin 8.5 数据处理软件对结果进行画图分析.

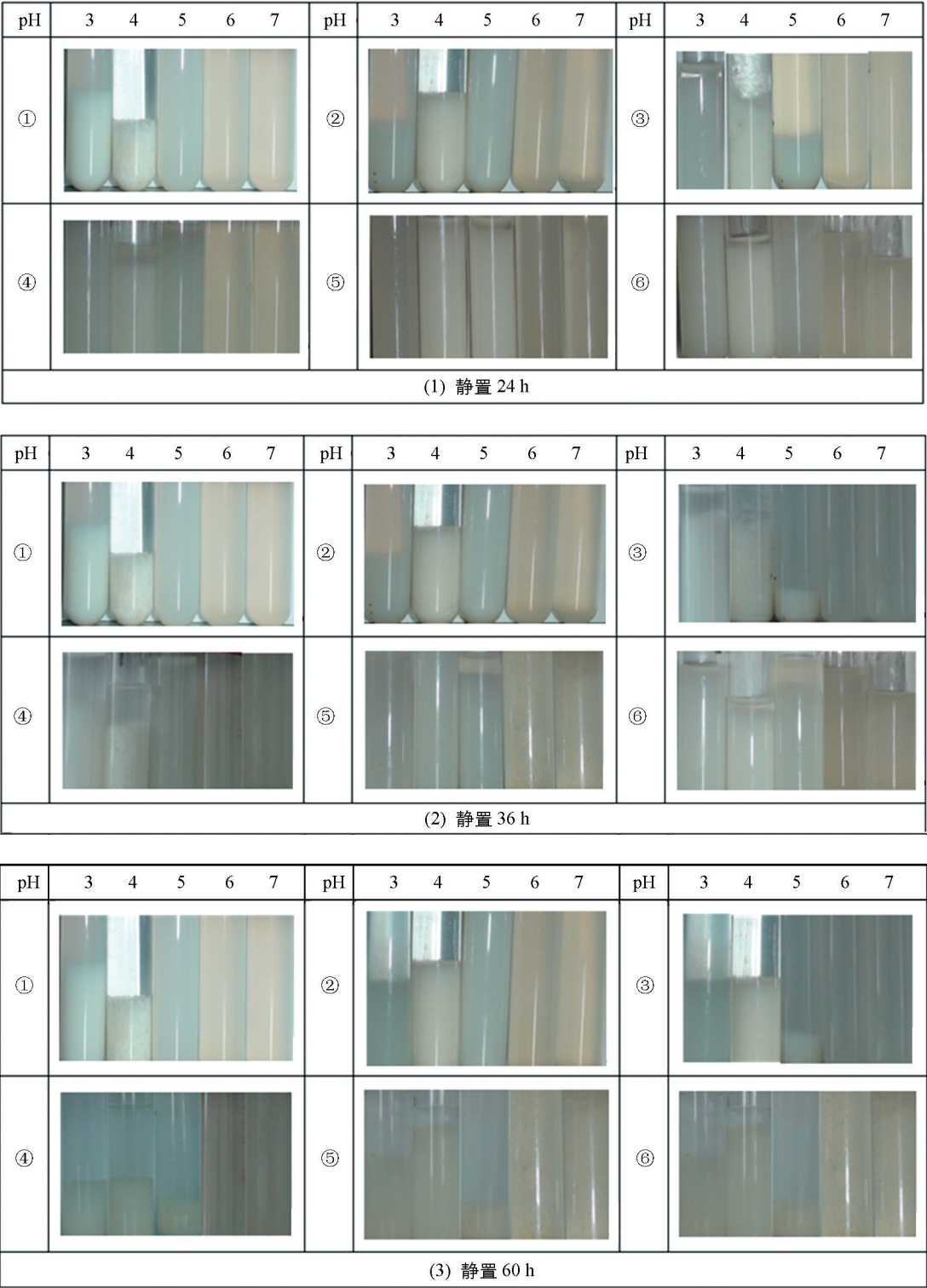
2 结果与分析

2.1 CS-KGM 混合体系相行为分析

相分离行为现象普遍存在于食品的加工和生产中, 控制生物大分子间的相分离行为对产品微结构设计及工艺具有重要的意义. 为了研究 CS-KGM 混合体系的相变化行为, 本文考察室温下静置不同时间、KGM 的浓度和 pH 值的变化对混合体系相行为的影响, 并对相变化结果进行拍照. 如图 1, 这些体系或者为沉淀相, 或为发生离散型相分离形成乳白色浑浊的下层相和相对透明的上层相, 或形成澄清、均匀的胶体体系, 或为乳白色的均一相.

如图 1(1)显示, 当混合体系的 pH 值高于 5 时, 形成的是均一的 CS-KGM 混合体系, 无肉眼可见的相

分离现象产生. 在 pH 值为 5 的条件下, 当 $C_{\text{KGM}} \leq 0.1\%$ 时形成的是乳白色均一相, 当 $C_{\text{KGM}} \geq 0.2\%$ 时 CS-KGM 混合体系发生了明显的离散型相分离, 形成了乳白色的下层相和半透明的上层相.



① 1% CS, ② 1% CS+0.1% KGM, ③1% CS+0.2% KGM, ④1% CS+0.3% KGM, ⑤1% CS+0.4% KGM, ⑥1% CS+0.5% KGM

图 1 KGM 浓度和 pH 值对 CS-KGM 混合体系相分离行为的影响

当 pH 值低于 5 的时候, 在 $C_{\text{KGM}} \leq 0.1\%$ 时, 体系产生沉淀, C_{KGM} 为 0.2% 时发生明显的相分离, 说明过低的 C_{KGM} 不能提高体系在酸性条件下的稳定性. 当 $C_{\text{KGM}} \geq 0.3\%$ 时, 形成的是乳白色的均一相. 在 pH 降低过程中, 混合体系的絮凝程度随着 C_{KGM} 的增加而逐渐降低. 这也说明在酸性条件下一定浓度的 KGM

可以增强体系的稳定性。

此外,从图 1 还可以观察到,在 $\text{pH} \leq 5$ 的条件下,随着时间的延长,当 $C_{\text{KGM}} < 0.4\%$ 时,相分离现象越来越明显,上层透明相的高度逐渐升高;在静置 60 h 后, C_{KGM} 为 0.4% 才有明显的相分离现象,且 pH 值为 5 的混合体系均产生沉淀。另外还观察到,当 C_{KGM} 为 0.5% 时,相分离现象并没有随着时间的增加而越来越明显,说明添加一定量的 KGM 也能在时间上一定程度地提高体系的稳定性。

为了进一步证明,CS 和 KGM 混合体系的相分离是由于排空相互作用所致的,在实验过程中震荡已发生相分离的试管,并且发现富含蛋白质的下层相相对较容易被稀释分散,这说明了相分离过程是可逆的,而后上下层相又混合均匀并重新形成单相体系,这与排空相互作用的机理是一致的^[9]。

2.2 CS-KGM 混合体系流变学性质分析

2.2.1 pH 值对 CS-KGM 混合溶液的粘度随剪切速率变化的影响

流变性是反应物质在力的作用下所呈现出的流动与变形的特性。在流体食品的生产加工过程中,把握其流变性,在控制食品的质量、口感及工艺设计等方面都具有重要的意义^[10]。

KGM 溶于水会形成粘稠溶胶,其具备非牛顿流体的特征,属于假塑性流体,即有剪切变稀的性质^[11]。图 2 表示了不同 pH 条件下, KGM 溶液和 CS-KGM 混合溶液的粘度随剪切速率的变化情况。由图可见, CS-KGM 混合体系在流变学上也属于非牛顿流体,其粘度随着剪切速率的增加而降低,并且当剪切速率达到一定程度后,粘度趋于稳定。这是由于随着剪切速率的增加,聚合物的分子间的线团结构被破坏,使得分子定向性更强,导致分子间作用力减小^[12]。

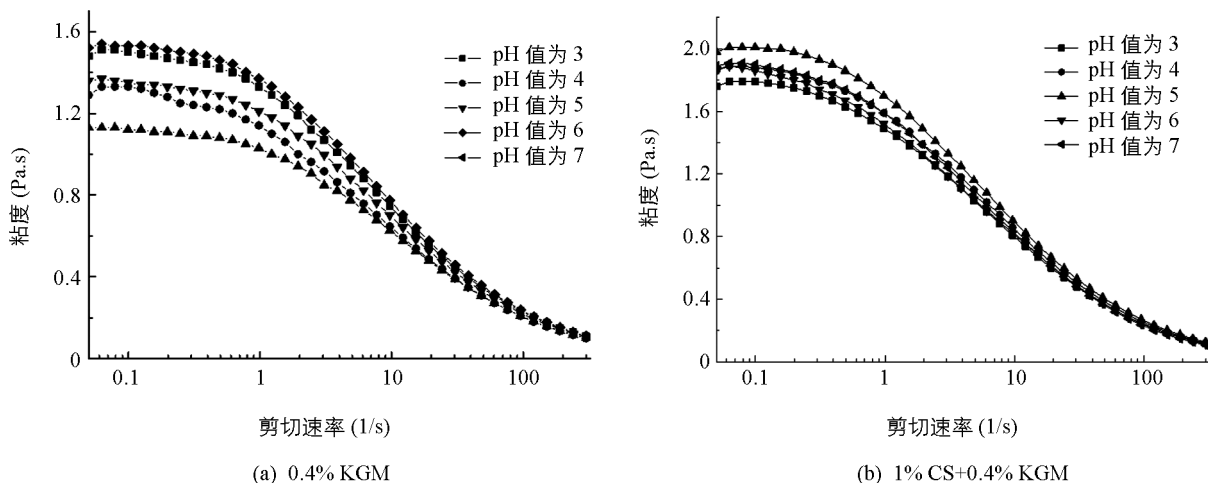


图 2 KGM 及 CS-KGM 混合溶液的粘度随剪切速率变化的情况

从图 2 还可以看出, CS-KGM 混合溶液的粘度高于单纯的 KGM 溶液。KGM 是非凝胶性中性多糖,自身不带电荷,溶液粘性增加的主要原因是 KGM 的空间占位效应(occupy effect)增加了体系中的 CS 有效凝胶的形成浓度。随着 pH 值的降低, KGM 的粘度变化不大,显示了 KGM 在低浓度下具有较好的耐酸性,符合龚加顺等^[13]的研究结论。同时可以观察到 pH 值的降低也未对 CS-KGM 混合溶液产生显著影响,说明混合溶液在酸性条件下的粘度稳定性得到提高,低浓度的 KGM 具有作为稳定剂的作用。

同时在实验过程中还观察到,当 CS 溶液中加入 KGM 后, CS-KGM 混合体系的粘弹性质显著大于单纯的 CS 体系,这是因为 KGM 的增加对凝胶网络形成有协同增加效应,从而使得凝胶强度显著增加。

图 3 表示了不同 pH 条件下, CS-KGM 混合溶液的剪切应力随剪切速率的变化情况。由图可见,在整个剪切速率范围内,剪切应力随着剪切速率的增大而增大,呈现出非线性关系,属于非牛顿型流体,符合剪切变稀流体,直观地反映了假塑性流体的触变性。可用 Herschel-Bukley^[14]模型拟合,其方程为

$$\tau = \tau_0 + \eta \cdot \gamma^n$$

式中, τ 为剪切应力, Pa; τ_0 为屈服应力, Pa; η 为粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; γ 为剪切速率, r/min , n 为速率指数。 n 为假塑性流体的量度, n 值越小, 剪切越易变稀, 假塑性程度越大, 拟合结果见表 1。

表 1 应力-应变扫描曲线拟合参数

pH	3	4	5	6	7
τ_0	-0.219 92	-0.237 95	-0.260 06	-0.230 26	-0.259 33
η	1.648 80	1.750 40	1.875 90	1.689 60	1.761 50
n	0.588 43	0.584 88	0.580 47	0.580 68	0.564 59
R^2	0.923 72	0.920 89	0.922 09	0.919 77	0.914 41

由表 1 可以看出，随着 pH 值的降低，混合体系的 τ_0 值、 η 值、 n 值相对稳定无显著变化，对 pH 值的变化表现出无依赖性，表明 pH 值对混合溶液的假塑性基本无影响。

2.2.2 KGM 浓度对 CS-KGM 混合溶液的粘度随剪切速率的影响

图 4 表示在不同 KGM 浓度条件下，CS-KGM 混合溶液的粘度随剪切速率的变化情况。由图可见，随着 KGM 浓度的增加，混合溶液的粘度也显著提高，这是因为 KGM 具有很强的增稠性和凝胶特性，因而混合溶液的粘度会随着浓度的升高而升高^[15]。在低浓度条件下，高分子主要是以无规则线团状态孤立地存在于溶液介质中，随着浓度的不断增大，高分子数目也相应不断地增加，相互接触，继而发生相互覆盖和穿越交叠，使溶液成为各处链段大致均匀的缠结网，因而导致溶液粘度不断增大^[16]。

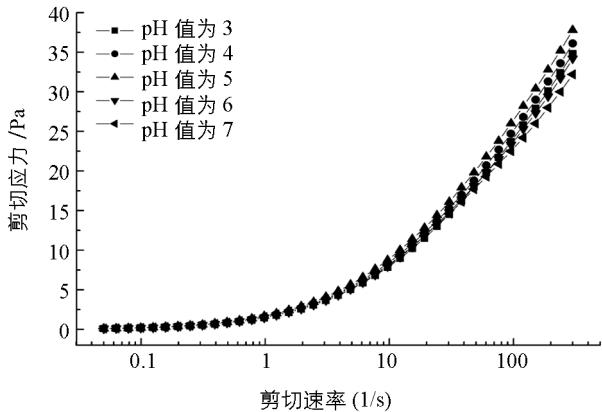


图 3 不同 pH 条件下 CS-KGM(1% CS+0.4% KGM) 混合溶液的剪切应力随剪切速率的变化情况

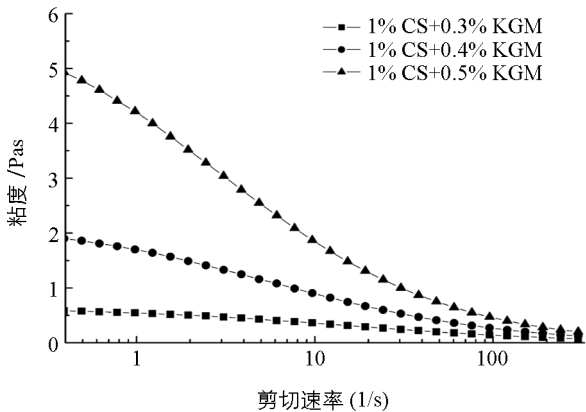


图 4 不同 KGM 浓度条件下，CS-KGM 混合溶液的粘度随剪切速率的变化情况(pH 值为 5.0)

2.2.3 pH 值和 KGM 浓度对 CS-KGM 混合溶液的粘弹性的影响

物质所具有的粘弹性，可以用储能模量 (G') 和耗能模量 (G'') 对角频率 ω 的依赖性来表征。如图 5，在低频区， G'' 大于 G' ，说明在较长时间的外力作用下，分子链段的取向是一致的，它易于流动，其网络结构或片段遭到了破坏；而在高频区，在短时间的的外力作用下，分子链段还来不及完全取向，其熵弹性产生了回复，从而导致体系呈现弹性， G' 始终明显大于 G'' ^[17]。在整个过程中体系表现出明显的频率依赖性，成溶胶的性质。

2.3 CS-KGM 混合体系紫外图谱分析

如图 6 为不同 pH 值条件下 CS-KGM 混合溶液的紫外光谱。从图中可以看出，在 pH 值为 3~5 间，样品的上清液中所含的蛋白质在 280nm 处的吸收

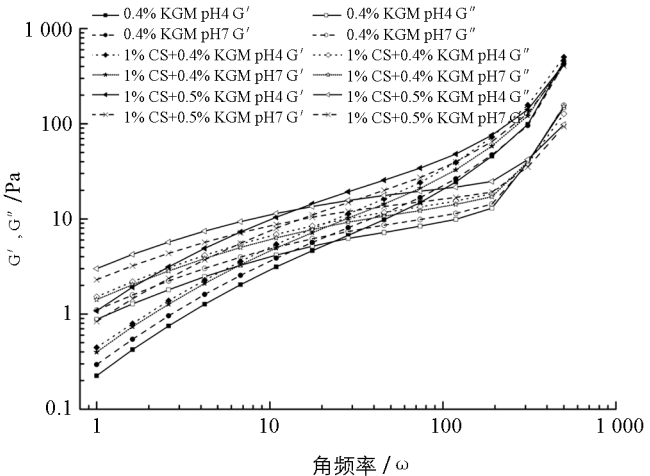


图 5 弹性模量(G')和粘性模量(G'')随角频率(ω)的变化曲线

强度基本相似,且明显低于 pH 值为 6 以上的样品.这可能是由于 pH 值为 6 以下体系发生了相分离,蛋白质主要分布在下相,而 pH 值为 6 和 pH 值为 7 时,形成的是均一稳定的混合溶液,蛋白质分布均匀.图 7 表示在 pH 值为 6 的条件下,不同 KGM 浓度的混合溶液上清液中蛋白质的紫外图谱,发现不同 KGM 浓度没有对蛋白的吸收造成明显的影响,说明 KGM 的添加不会影响 CS 的吸收.

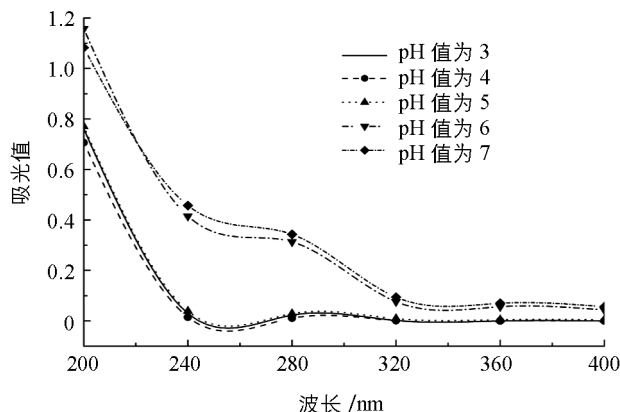


图 6 不同 pH 条件下 1% CS+0.4% KGM 混合溶液的紫外光谱图

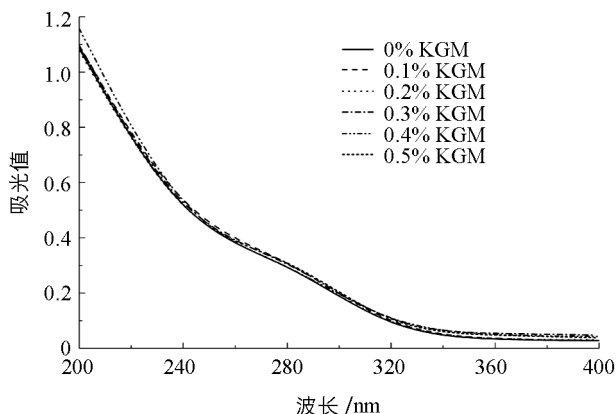


图 7 不同 KGM 浓度下 CS-KGM 混合溶液的紫外光谱图

3 讨 论

乳制品已经成为日常生活中不可或缺的一种食品,CS 作为乳制品中主要的蛋白质成分,以 CS-磷酸钙络合物形式的胶束状态存在于乳制品中,具有较高的营养价值和良好的功能特性,然而 CS 胶束状态易受多种因素(酸碱、盐类、温度等)的影响而不稳定,特别是在酸性乳饮料中易聚集产生沉淀,严重影响酸性乳饮料产业的发展.目前,大部分研究通过添加羧甲基纤维素(CMC)至乳制品体系中,借助于 CMC 分子链的阴离子基团与酪蛋白上氨基的分子间相互作用来起到稳定剂的作用.虽然 CMC 能达到很好稳定乳制品的作用,但是产品的口感和风味释放不好^[18-19].因此,寻找一种天然安全且效果好的乳制品稳定剂,一直是食品科学领域研究的焦点.KGM 作为一种天然的膳食纤维,具有非常强的亲水性、凝胶性、增稠性等功能性质,借助 KGM 与蛋白质的相互作用,可作为一种很好的乳制品稳定剂.然而目前有关酸性条件 KGM 与酪蛋白的研究还未见报道,本研究的结果对于 KGM 在酸性乳制品上的推广与运用有着重要意义.

本文在酸性条件下考察 KGM 对 CS 体系的稳定性,通过相分离分析发现当 KGM-CS 体系(pH 值为 5)中 KGM 浓度低于 0.1%,KGM-CS 能够形成一个均匀的体系,而当 KGM 浓度高于 0.2% CS-KGM 混合体系发生了明显的离散型相分离,且这种相分离行为还与静置时间相关.这可能是由于 CS 胶束表面会形成空位层,由于体系中 KGM 的浓度较低,存在于空位层中的 KGM 浓度显著低于存在于溶剂相中的 KGM 浓度,因而 CS-KGM 混合体系能够稳定存在.但随着体系中 KGM 浓度的增加,KGM 分子被迫接近 CS 胶束的表面,致使空位层变薄,CS-KGM 混合体系失稳,因而发生明显的离散型相分离现象^[9-11].而随着静置时间的延长,蛋白质组分之间相互作用力随之加强,导致富含 CS 的下层发生聚集,形成较大的颗粒,不利于体系的稳定.对中性条件下,KGM-鲜奶奶冻复配体系、KGM-卵蛋白复配体系的研究也得到相类似的结果^[20-21].对 CS-KGM 混合溶液的相行为研究还发现低酸性(pH 值低于 5)条件下 CS-KGM 混合体系的稳定性随着 KGM 的浓度增大还有所增加,这可能是低酸性条件下随着 KGM 浓度的逐渐升高,体系中 CS 和 KGM 之间的静电荷随之增加,二者之间的静电排斥作用也变强,使得体系中不稳定的蛋白质进行再次分散,进而防止 CS 的凝聚作用的发生,从而防止体系产生沉淀^[22].

对 CS-KGM 混合体系的流变学性质分析发现,CS-KGM 混合溶液属于假塑性流体,对角频率依赖性,是一种很好的溶胶体系,且体系中 KGM 浓度与 pH 值的变化未能影响混合溶液粘度与粘弹性.这可

能与 KGM 本身的性质有关^[23]。课题组前期研究发现 KGM 由于自身特殊的结构, 使得其在不同酸性 pH 下的稳定好^[24]。紫外光谱分析还发现 CS-KGM 混合溶液中蛋白质的紫外吸收随着 pH 值的变化而变化明显, 但随 KGM 浓度的变化不明显, KGM 不影响蛋白质的紫外吸收。这进一步验证了 CS-KGM 间主要靠的是物理相互作用力, 不会影响 CS 原来的结构, 同时借助 KGM 自身结构的特殊性, 起到一定程度的稳定 CS-KGM 混合体系的作用。

4 结 论

CS-KGM 混合体系的相行为受体系溶液 pH 值、KGM 添加量及静置时间的影响。在酸性条件下, 增加 KGM 的添加量有利于 CS-KGM 混合体系的稳定性。通过流变学分析发现 CS-KGM 混合体系属于假塑性流体, 呈溶胶的性质; 紫外光谱分析显示 CS 的紫外吸收随着 pH 值变化而变化明显, 且 KGM 对 CS 的紫外吸收无影响。

参考文献:

- [1] 葛 伟, 李晓东, 夏琪娜, 等. 超声协同美拉德反应对酪蛋白乳化性和凝胶性的影响 [J]. 中国食品学报, 2016, 16(10): 73—79.
- [2] 杜柏桥. 羧甲基纤维素钠(CMC)与酪蛋白的相互作用及其稳定酸性乳体系机理的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [3] XIAO M, WAN L, CORKE H, et al. Characterization of Konjac Glucomannan-Ethyl Cellulose Film Formation Via Microscopy [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 85: 434—441.
- [4] LI X, JIANG F T, NI X W, et al. Preparation and Characterization of Konjac Glucomannan and Ethyl Cellulose Blend Films [J]. Food Hydrocolloids, 2015, 44: 229—236.
- [5] FENNEMA O R. 食品化学 [M]. 3 版. 王 璋, 许时婴, 江 波, 等译. 北京: 中国轻工业出版社, 2003.
- [6] ZHAO X, LI J, JIN W, et al. Preparation and Characterization of a Novel pH-Response Dietary Fiber: Chitosan-Coated Konjac Glucomannan [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 117: 1—10.
- [7] 姚闽娜. 魔芋葡甘聚糖结构与其稳定性研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [8] JAIN A, THAKUR D, GHOSHAL G, et al. Formation and Functional Attributes of Electrostatic Complexes Involving Casein and Anionic Polysaccharides: An Approach to Enhance Oral Absorption of Lycopene in Rats in Vivo [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 93: 746—756.
- [9] XU G R, WANG C N, YAO P. Stable Emulsion Produced from Casein and Soy Polysaccharide Compacted Complex for Protection and Oral Delivery of Curcumin [J]. Food Hydrocolloids, 2017, 71: 108—117.
- [10] FUENZALIDA J P, GOYCOOLEA F M. Polysaccharide-Protein Nanoassemblies: Novel Soft Materials for Biomedical and Biotechnological Applications [J]. Current Protein & Peptide Science, 2015, 16(2): 89—99.
- [11] NI X W, CHEN W J, XIAO M, et al. Physical Stability and Rheological Properties of Konjac Glucomannan-Ethyl Cellulose Mixed Emulsions [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 92: 423—430.
- [12] 徐 潇. 魔芋葡甘聚糖/结冷胶共混材料的结构、流变性 & 释放性研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [13] 龚加顺, 刘佩瑛, 刘勤晋, 等. 魔芋多糖及其在茶汤中的流变学特性研究 [J]. 食品科学, 2003, 24(4): 23—26.
- [14] 谢小莉, 童 真. 高分子溶液为连续相的悬浮液的粘弹性 [J]. 高分子通报, 2000(3): 16—21.
- [15] 林海燕, 罗学刚. 魔芋葡甘聚糖溶胶流变特性及应用研究进展 [J]. 化学与生物工程, 2004, 21(4): 1—3.
- [16] 罗学刚, 姚 雪, 刘 锋, 等. 高纯魔芋葡甘聚糖制备与热塑性改性 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [17] 杨仁党, 陈克复. 甘蔗渣碱法制浆废液多聚物的动态粘弹特性 [J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2003, 31(4): 93—96.
- [18] 李彦旻, 冼超凡, 肖 强, 等. 城市居民食物氮消费变化特征与趋势预测——以重庆市为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(6): 131—135.
- [19] Burgardt V, Oliveira D F, Evseev I G, et al. Influence of concentration and pH in caseinomacropeptide and carboxymethylcellulose interaction [J]. Food Hydrocolloids, 2014, 35: 170—180.

- [20] 刘金金, 蛋清蛋白/魔芋胶复合体系功能特性及相行为研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [21] 黄能武. 工艺条件和配方组成对鲜奶奶冻品质影响的研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- [22] PANG Z, DEETH H, BANSAL N. Effect of Polysaccharides with Different Ionic Charge on the Rheological, Microstructural and Textural Properties of Acid Milk Gels [J]. Food Research International, 2015, 72: 62–73.
- [23] WANG S S, ZHAN Y F, WU X F, et al. Dissolution and Rheological Behavior of Deacetylated Konjac Glucomannan in Urea Aqueous Solution [J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 101(1): 499–504.
- [24] JIAN W J, SIU K C, WU J Y. Effects of pH and Temperature on Colloidal Properties and Molecular Characteristics of Konjac Glucomannan [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 134: 285–292.

Study on the Interaction in the Casein-Konjac Glucomannan Mixed System

WU Yun-hui

Xiamen Ocean Vocational College, Xiamen Fujian 361002, China

Abstract: Instability often occurs in the mixed system of protein polysaccharide of foods as a result of phase separation during processing and storage. In order to solve this problem, an experiment was made with casein (CS) and konjac glucomannan (KGM) as the raw materials, and the phase behavior and rheological characteristics of the mixed system were observed to investigate the interaction mechanism between casein and konjac glucomannan. The results showed that the phase behavior of the CS-KGM mixed system was closely related to its pH; both the concentration of KGM and time could affect the stability of the system under an acid condition; and the addition of KGM could improve the stability of the system. Rheological analysis indicated that the CS-KGM hybrid system was a pseudoplastic fluid and it exhibited the property of the sol. UV spectrum analysis demonstrated that the ultraviolet absorption of CS changed with pH value, but was not affected by KGM.

Key words: casein; konjac glucomannan; phase separation; rheological property

责任编辑 周仁惠