



دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده کشاورزی

علوم و صنایع غذایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

# بررسی اثر کونژوگه پروتئین آب پنیر و صمغ قدومه شیرازی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی امولسیون روغن ذرت در آب

آسیه علی پور

بهمن ۱۳۹۱



پایان نامه کارشناسی ارشد

# بررسی اثر کونژوگه پروتئین آب پنیر و صمغ قدومه شیرازی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی امولسیون روغن ذرت در آب

آسیه علی پور

اساتید راهنما

دکتر آرش کوچکی

دکتر رسول کدخدایی

استاد مشاور

دکتر مهدی وریدی

بهمن ۱۳۹۱



از این پیمان نامہ کارشناسی ارشد توسط دانشجوی در تاریخ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پیمان نامہ را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد / نداد.

عنوان پیمان نامہ: بررسی اثر کونژوگه پروتئین آب پیرو صمغ قدومه شیرازی بر پایداری امولسیون روغن ذرت در آب

هیات داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبہ علمی	سمت در هیات	امضاء
۱	آقای دکتر آرش کوچکی	استادیار	استاد راهنما	
۲	آقای دکتر رسول کدخدایی	استادیار	استاد راهنما	
۳	آقای دکتر مهدی وریدی	استادیار	استاد مشاور	
۴	آقای دکتر هاشم پور آذرنگ	استاد	داور	
۵	خانم دکتر محبت محبی	دانشیار	داور	
۶			نماینده تکمیلی	تحصیلات

## تعهد نامه

عنوان پایان نامه: بررسی اثر کونژوگه پروتئین آب پنیر و صمغ قدومه شیرازی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی امولسیون روغن ذرت در آب اینجانب آسیه علی پور دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی آقای دکتر آرشد کوچکی و آقای دکتر رسول کدخدایی متعهد می شوم:

- نتایج ارایه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

آسیه علی پور

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

## چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی امولسیون روغن ذرت در آب و مقایسه با ویژگی‌های امولسیون تثبیت شده با مخلوط کونژوگه نشده این بیو پلیمرها بود. کونژوگاسیون و تشکیل پیوند کووالانسی با روش حرارتی با نسبت های ۱-۱، ۱-۳ و ۳-۱ صمغ- پروتئین در دماهای ۶۰، ۶۵ و ۷۰°C و رطوبت ۷۹ درصد در زمان های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت انجام شد. به منظور تأیید تشکیل پیوند کووالانسی بین صمغ- پروتئین از الکتروفورز SDS PAGE استفاده گردید و رنگ نمونه ها با پارامترهای  $L^*a^*b^*$  گزارش شد. جذب روغن، کشش بین سطحی و ویژگی های امولسیون نظیر توزیع اندازه ذرات، پتانسیل زتا، رفتار جریان، گرانروی، پایداری حرارتی، رویه بستن بررسی گردید. نتایج نشان داد که در صمغ- پروتئین کونژوگه شده ظرفیت جذب روغن و کشش بین سطحی افزایش یافت و در امولسیون تثبیت شده با این نمونه ها ویژگی رقیق شوندگی با برش افزایش و بار منفی و اندازه ذرات کاهش یافت و توزیع آن یکنواخت تر شد. با افزایش نسبت صمغ جذب روغن، کشش بین سطحی، اندازه ذرات، بار منفی در سطح ذرات، ضریب قوام و تنش تسلیم و پسماند بین نمودار های بالارونده و پایین رونده زیاد شد. با افزایش دمای کونژوگاسیون کشش بین سطحی، ضریب قوام و تنش تسلیم افزایش و جذب روغن و شاخص رفتار جریان و اندازه ذرات امولسیون نیز کاهش یافت. افزایش دما تأثیر معنی داری بر پتانسیل زتا نداشت و افزایش زمان کونژوگاسیون باعث افزایش زتا و اندازه ذرات امولسیون شد. تمامی امولسیون های تثبیت شده با کونژوگه صمغ- پروتئین و مخلوط کونژوگه نشده این بیو پلیمر ها توزیع اندازه ذره تک پیک داشته و رفتار غیر نیوتنی و روان شونده با برش نشان دادند این امولسیون ها نسبت به حرارت پایدار بودند و رویه بستن در آنها مشاهده نشد.

**کلید واژه:** پیوند کووالانسی، صمغ قدومه شیرازی، کونژوگه، ویژگی های فیزیکی شیمیایی امولسیون

## فصل اول: مقدمه

۱ - مقدمه .....

## فصل دوم: پیشینه پژوهش

- ۱-۲-۱-امولسیون ها ..... ۵
- ۲-۲-پروتئین ها ..... ۸
- ۳-۲-دگرگونی پروتئین ها ..... ۸
- ۴-۲-پروتئین های آب پنیر ..... ۹
- ۱-۴-۲-بتالاکتوگلوبولین ..... ۱۰
- ۲-۴-۲-آلفا لاکتوآلبومین ..... ۱۱
- ۳-۴-۲-گلیکو ما کروپتید ..... ۱۱
- ۵-۲-ویژگی های فیزیکو شیمیایی آب پنیر ..... ۱۱
- ۶-۲-عملکرد پروتئین در سطح بین آب و روغن ..... ۱۲
- ۷-۲-کربوهیدرات ها ..... ۱۲
- ۸-۲-صمغ ها ..... ۱۳
- ۱-۸-۲-صمغ قدومه شیرازی ..... ۱۴
- ۹-۲-گلیکو کونژوگاسیون ..... ۱۴
- ۱۰-۲-واکنش میلارد ..... ۲۰
- ۱۱-۲-مراحل واکنش میلارد ..... ۲۰
- ۱-۱۱-۲-حرارت ..... ۲۱
- ۲-۱۱-۲-رطوبت ..... ۲۱
- ۳-۱۱-۲-pH ..... ۲۲
- ۴-۱۱-۲-نوع قند ..... ۲۲
- ۵-۱۱-۲-نوع اسید آمینه ..... ۲۲
- ۱۲-۲-تولید امولسیون ..... ۲۲

۲۳	۱۳-۲-تهیه امولسیون با استفاده از امواج فراصوت .....
۲۴	۱۴-۲-مکانسیم های ناپایداری امولسیون .....
۲۴	۱۴-۲-۱-تفکیک گرانشی .....
۲۵	۱۴-۲-۲-تجمع ذرات .....
۲۵	۱۴-۲-۳-معکوس شدن فاز .....
۲۵	۱۴-۲-۴-رسیدگی اسوالد .....
۲۶	۱۵-۲-خواص کلوئیدی امولسیون .....
۲۶	۱۵-۲-۱-غلظت فاز پراکنده .....
۲۷	۱۵-۲-۲-اندازه ذرات فاز پراکنده .....
۲۷	۱۵-۲-۳-بار ذرات فاز پراکنده .....
۲۷	۱۵-۲-۳-۱۰-پتانسیل زتا .....
۲۸	۱۵-۲-۴-برهمکنش بین ذرات فاز پراکنده .....
۲۸	۱۶-۲-عوامل موثر بر رفتار جریان امولسیون .....

### فصل سوم: مواد و روش ها

۲۹	۱-۳-مواد اولیه .....
۲۹	۲-۳-استخراج صمغ قدومه شیرازی .....
۳۰	۳-۳-آماده سازی مخلوط صمغ قدومه شیرازی- کنسانتره پروتئین آب پنیر کونژوگه نشده .....
۳۰	۴-۳-آماده سازی کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- کنسانتره پروتئین آب پنیر .....
۳۱	۵-۳-الکتروفورز .....
۳۲	۶-۳-اندازه گیری رنگ .....
۳۲	۷-۳-جذب روغن .....
۳۳	۸-۳-بررسی ویژگی امولسیون .....
۳۳	۸-۳-۱-آماده سازی محلول فاز پیوسته .....
۳۳	۸-۳-۲-تعیین کشش بین سطحی .....
۳۴	۸-۳-۲-آماده سازی امولسیون .....
۳۴	۸-۳-۲-تعیین قطر قطرات امولسیون .....
۳۵	۸-۳-۲-تعیین بار الکتریکی ذرات .....

۳۶	..... تعیین گرانروی ظاهری و رفتار جریان امولسیون
۳۷	..... اندازه گیری سرعت رویه بستن
۳۷	..... پایداری حرارتی
۳۸	..... محاسبات آماری

## فصل چهارم- نتایج و بحث

۳۹	..... الکتروفورز
۴۸	..... اندازه گیری رنگ
۵۵	..... جذب روغن
۶۰	..... کشش بین سطحی
۶۳	..... پتانسیل زتا
۶۳	..... اثر نسبت پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۶۵	..... اثر دمای کونژوگه کردن پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۶۵	..... اثر مدت زمان حرارت دهی پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۶۷	..... اندازه ذرات
۶۷	..... اثر نسبت پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۶۹	..... اثر مدت زمان حرارت دهی پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۷۰	..... اثر دمای کونژوگه کردن پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۷۶	..... توزیع اندازه ذرات
۷۹	..... پایداری حرارتی
۸۱	..... رویه بستن امولسیون
۸۳	..... رفتار جریان امولسیون
۸۴	..... اثر نسبت پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۸۶	..... اثر دمای کونژوگه کردن پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۸۷	..... اثر مدت زمان حرارت دهی پروتئین آب پنیر-صمغ قدومه شیرازی
۹۲	..... گرانروی



## فصل پنجم: نتیجه گیری

۹۶.....	۱-۵- نتیجه گیری
۱۰۰.....	۲-۵- پیشنهادات
۱۰۲.....	فهرست منابع
۱۱۲.....	فهرست اسامی لاتین

## فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲. مکانسیم ناپایداری امولسیون ..... ۲۶
- شکل ۴-۱. ژل الکتروفورز SDS PAGE کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر نسبت (۱-۱) ۴۵
- شکل ۴-۳. ژل الکتروفورز SDS PAGE کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر نسبت (۳-۱) ۴۶
- شکل ۴-۳. ژل الکتروفورز SDS PAGE کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر نسبت (۱-۳) ۴۷
- شکل ۴-۴. اثر نسبت و دما بر تغییرات رنگ کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر ..... ۵۲
- شکل ۴-۵. اثر دما و زمان بر تغییرات رنگ کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر ..... ۵۲
- شکل ۴-۶. اثر نسبت و زمان بر تغییرات رنگ کونژوگه صمغ قدومه شیرازی- پروتئین آب پنیر ..... ۵۳
- شکل ۴-۷. اثرات متقابل نسبت و دماهای تولید کونژوگه بر جذب روغن ..... ۵۹
- شکل ۴-۸. اثرات متقابل دما و زمان های تولید کونژوگه بر جذب روغن ..... ۵۹
- شکل ۴-۹. اثر متقابل دما و زمان بر کشش بین سطحی ..... ۶۲
- شکل ۴-۱۰. پتانسیل زتای نمونه های امولسیون کونژوگه ها در نسبت های مختلف صمغ- پروتئین ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۱. پتانسیل زتای نمونه های امولسیون کونژوگه ها در دماهای مختلف ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۲. پتانسیل زتای نمونه های امولسیون کونژوگه ها در زمان مختلف ..... ۶۷
- شکل ۴-۱۰. پتانسیل زتای نمونه های امولسیون کونژوگه ها در نسبت های مختلف صمغ- پروتئین ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۱. پتانسیل زتای نمونه های امولسیون کونژوگه ها در دماهای مختلف ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۲. پتانسیل زتای نمونه های امولسیون کونژوگه ها در زمان مختلف ..... ۶۷
- شکل ۴-۱۳. اندازه ذرات امولسیون های تثبیت شده با کونژوگه صمغ- پروتئین در نسبت های مختلف ..... ۶۹
- شکل ۴-۱۴. اندازه ذرات امولسیون های تثبیت شده با کونژوگه صمغ- پروتئین در زمان های مختلف ..... ۷۰
- شکل ۴-۱۵. اندازه ذرات امولسیون های تشکیل شده از کونژوگه صمغ- پروتئین در دماهای مختلف ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۶. توزیع اندازه ذره امولسیون های تثبیت شده با نسبت های مختلف صمغ- پروتئین کونژوگه نشده ..... ۷۸
- شکل ۴-۱۷. توزیع اندازه ذره امولسیون های تثبیت شده با نسبت های مختلف صمغ- پروتئین کونژوگه شده ..... ۷۹
- شکل ۴-۱۸. اثر سرعت برشی بر گرانروی ظاهری امولسیون های تثبیت شده با نسبت های مختلف صمغ- پروتئین کونژوگه نشده ..... ۹۳
- شکل ۴-۱۹. اثر سرعت برشی بر گرانروی ظاهری امولسیون های تثبیت شده با نسبت های مختلف صمغ- پروتئین کونژوگه شده ..... ۹۵

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۴-۱.  $L^*a^*b^*$  نمونه های صمغ و پروتئین کونژوگه نشده ..... ۵۳
- جدول ۴-۲.  $L^*a^*b^*$  نمونه های صمغ و پروتئین کونژوگه شده ..... ۵۴
- جدول ۴-۳. کشش بین سطحی محلول های حاوی کونژوگه های به دست آمده در نسبت ها و شرایط دمایی و زمانی مختلف ..... ۶۲
- جدول ۴-۴.  $D_{۴۳}, D_{۳۲}$  ، عدد اسپان و سطح ویژه ذرات نمونه های امولسیون حاوی صمغ قدومه شیرازی- کنسانتره پروتئین آب پنیر یک روز پس از تشکیل ..... ۷۳
- جدول ۴-۵.  $D_{۴۳}, D_{۳۲}$  ، عدد اسپان و سطح ویژه ذرات نمونه های امولسیون حاوی کونژوگه (صمغ قدومه شیرازی- کنسانتره پروتئین آب پنیر) تشکیل شده در نسبت، دما، زمان مختلف یک روز بعد از تشکیل ..... ۷۵
- جدول ۴-۶. پارامتر های تنش تسلیم (T.)، ضریب قوام (K)، شاخص رفتار جریان (n)، پسماند (H) نمودار های بالارونده و پایین رونده درامولسیون تثبیت شده با نمونه های صمغ و پروتئین کونژوگه نشده ..... ۸۹
- جدول ۴-۷. پارامتر های ضریب تبیین ( $R^2$ ) و ضریب تغییرات (RMSE) نمودار های بالارونده و پایین رونده حاصل از برازش مدل قانون نوان و هرشل بالکی درامولسیون تثبیت شده با نمونه های صمغ و پروتئین کونژوگه شده و کونژوگه نشده ..... ۹۰
- جدول ۴-۸. پارامتر های تنش تسلیم (T.)، ضریب قوام (K)، شاخص رفتار جریان (n)، پسماند (H) نمودار های بالارونده و پایین رونده درامولسیون تثبیت شده با نمونه های صمغ و پروتئین کونژوگه شده ..... ۹۱

## فهرست علائم و اختصارات

علامت اختصاری	معادل لاتین	معادل فارسی
ANOVA	Analysis of Variance	آنالیز واریانس
$R^2$	Coefficient of determination	ضریب تبیین
<i>RMSE</i>	Root Mean Square Error	ریشه میانگین مربعات خطا
<i>KDa</i>	Kilodalton	کیلو دالتون

## فصل اول: مقدمه

امولسیون‌ها دیسپرسیون‌های مایع در مایع هستند و اندازه قطرات فاز پراکنده در آنها بین ۰/۱ تا ۱۰۰ میکرومتر است. تعداد قابل توجهی از محصولات غذایی یا بخشی از یک ماده غذایی به صورت امولسیون هستند. همچنین بعضی از مواد غذایی در طی مرحله‌ای از فرآوری ممکن است به صورت امولسیون باشند (کروگ، ۱۹۸۳). شیرهای طعم‌دار، خامه، کره، ماست، پنیر، پوشش سالاد، مایونز و نوشیدنی‌های میوه‌ای از جمله امولسیون‌های غذایی فرآوری شده می‌باشند. امولسیون‌های غذایی پیچیده‌تر از سیستم امولسیونی ساده شامل (آب، روغن و امولسیفایر) می‌باشند. فاز آبی امولسیون ممکن است شامل مقدار زیادی از مواد قابل حل در آب مانند شکر، نمک، اسیدها و بازها، الکل، سورفاکتانت، پروتئین و پلی‌ساکارید بوده و بخش روغنی ممکن است شامل ترکیبات قابل حل در روغن مثل گلیسریدها، اسیدهای چرب، استرول‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی باشند. سطح بین آب و روغن در امولسیون می‌تواند شامل ترکیبات فعال سطحی مانند پروتئین، برخی پلی-ساکاریدها، فسفولیپید و سورفاکتانت‌ها باشد. در حال حاضر بسیاری از اطلاعات و یافته‌ها در مورد سیستم‌های امولسیونی از مطالعات سیستم مدل ساده حاصل شده است. بسیاری از محققان به بررسی فاکتورهایی مثل بر

همکنش بیوپلیمر-بیوپلیمر، بیوپلیمر-سورفاکتانت، بیوپلیمر-آب و همچنین شرایط فرآوری مثل هموژنیزاسیون، فریز کردن، استریلیزاسیون، همزدن مکانیکی، خشک کردن می‌پردازند (مک کلمنتس، ۲۰۰۵).

پروتئین‌ها علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، بر ویژگی‌های عملکردی مانند حلالیت، پایداری حرارتی، تشکیل ژل، امولسیفیکاسیون و کف‌کنندگی اثر داشته و باعث بهبود عملکرد سیستم‌های غذایی در طول فرآوری، نگهداری و مصرف می‌شوند. کاربرد صنعتی پروتئین‌های غذایی به علت حساس بودن این بیوپلیمرها در مقابل حرارت، حلال‌های آلی، واکنش‌های آنزیمی و پروتئاز محدود است. بنابراین با تبدیل کردن پروتئین به فرم پایدار کاربرد آن در فرآیندهای غذایی افزایش می‌یابد. یکی از روش‌های بهبود ویژگی‌های عملکردی پروتئین و افزایش پایداری آن کونژوگاسیون پروتئین می‌باشد (کیتو، ۲۰۰۲). کونژوگاسیون به هم پیوستن دو مولکول یا بیو مولکول توسط پیوند شیمیایی کووالانسی بدون تغییر در ویژگی‌های اصلی آنها می‌باشد. به طوری که ماده جدید تشکیل شده ویژگی‌های جدیدی را نیز به دست می‌آورد. بسیاری از پروتئین‌ها به طور طبیعی به صورت کونژوگه شده وجود دارند که شامل لیوپروتئین، گلیکوپروتئین، فسفوپروتئین، هموپروتئین، فلاووپروتئین، متالوپروتئین، سیتوکروم‌ها می‌باشند. پلیمرهای مناسب برای کونژوگاسیون و روش‌های تشکیل کونژوگه متفاوت است (نلسون، ۲۰۰۵).

اصلاحات شیمیایی پروتئین به دلیل تولید مواد مضر و خطرات احتمالی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند در حال حاضر استفاده از واکنش‌های طبیعی مانند واکنش میلارد و آمین زدایی بدون استفاده از ترکیبات شیمیایی برای تولید کونژوگاسیون قند-پروتئین کاربرد پیدا کرده است (کیتو، ۲۰۰۲).

انواع مختلفی از پروتئین‌ها می‌توانند در واکنش کونژوگاسیون شرکت کنند. سرعت واکنش کونژوگاسیون به ساختار پروتئین نیز بستگی دارد. به عنوان مثال حضور ۴ باقیمانده لیزیل در پروتئین  $\alpha_s$  کازئین

باعث انجام واکنش این پروتئین به مدت ۲۴ ساعت با پلی ساکارید می شود (کیتو وهمکاران، ۱۹۹۲).

لیزوزیم با ساختار تاخورده و ۲ گروه لیزیل حتی تا ۲ هفته بدون هیچگونه تغییری با پلی ساکاریدواکنش می دهد (ناکامورا و همکاران، ۱۹۹۲).

انواع مختلفی از پلی ساکاریدها مانند دکستران، گالاکتو مانان و زایلو گلیکان، صمغ ها، پکتین و کیتوزان و غیره می توانند به عنوان بخش پلی ساکاریدی استفاده شوند. گالاکتو مانان و زایلو گلیکان مشتق شده از صمغ گوار هستند که به عنوان تغلیظ کننده و پایدارکننده کاربرد دارند و گروه کربونیل آنها به آسانی با پروتئین واکنش می دهند (کیتو، ۲۰۰۲).

بهترین خصوصیتی که در نتیجه کونژوگه پروتئین و پلی ساکارید ایجاد می شود بهبود ویژگی امولسیفایری این ترکیبات نسبت به امولسیفایرهای تجاری است (کیتو ۲۰۰۲). کونژوگه پروتئین و پلی ساکارید می تواند به عنوان افزودنی پروتئینی، امولسیفایر، ترکیبات ضد باکتریایی و آنتی اکسیدانی کاربرد داشته باشد (کیتو ۲۰۰۲). در این پژوهش نیز اثر مخلوط کنسانتره پروتئین آب پنیر- صمغ قدومه شیرازی کونژوگه نشده و کونژوگه کنسانتره پروتئین آب پنیر- صمغ قدومه شیرازی بر پایداری امولسیون بررسی شده است.





## فصل دوم: پیشینه پژوهش

### ۲-۱-۱- امولسیون

امولسیون از دو مایع غیر قابل امتزاج معمولاً آب و روغن تشکیل شده که یکی از آنها به صورت ذرات کروی ریز درون مایع دیگر پراکنده شده است. امولسیون‌ها از نظر نوع فاز پراکنده به انواع آب در روغن (W/O)<sup>۱</sup>، روغن در آب (O/W)<sup>۲</sup>، روغن در روغن (O/O)<sup>۳</sup>، (تادروس، ۲۰۰۹) و از نظر اندازه ذرات به انواع نانو امولسیون (۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر)، ریز امولسیون (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر) و ماکرو امولسیون (۰/۵ تا ۱۰۰ میکرون) طبقه بندی می‌شوند (ویندهب و همکاران ۲۰۰۵). امولسیون‌های روغن در آب در مواد غذایی بسیار متداول هستند. بسیاری از محصولات لبنی، سس‌ها و نوشابه‌ها جزء امولسیون‌های روغن در آب طبقه‌بندی می‌شوند. امولسیون‌ها از نظر ترمودینامیکی حداقل پایداری را دارند که دلیل آن وجود نیروی کشش بین سطحی میان اجزای تشکیل دهنده این دو مایع است. تماس و افزایش سطح بین دو فاز قطبی (آبدوست) و غیر قطبی (آبگریز) مانند آب و

---

<sup>1</sup>. Water/Oil

<sup>2</sup>. Oil/Water

<sup>3</sup>. Oil/Oil

روغن از نظر ترمودینامیکی نامطلوب است. بنابراین، امولسیون‌ها در اثر گذشت زمان ناپایدار شده و ذرات فاز پراکنده از فاز پیوسته جدا می‌شوند (مک کلمنتس، ۲۰۰۵؛ تادروس، ۲۰۰۹).

با استفاده از امولسیفایرها (ترکیبات فعال سطح) و پایدارکننده‌ها می‌توان امولسیون تولید کرد که از نظر کینتیکی در مدت زمان طولانی پایدار باشد. امولسیفایرها یک ترکیب شیمیایی (یا مخلوط چند ترکیب) با خاصیت آمفی‌فیلیک هستند که در سطح بین روغن و آب جذب می‌شوند و باعث کاهش کشش بین سطحی شده و انرژی مورد نیاز برای امتزاج دو مایع در یکدیگر را کاهش می‌دهند. امولسیفایرها با تشکیل غشاهایی اطراف ذرات امولسیون و کمک به ایجاد لایه مضاعف الکتریکی از تجمع و به هم پیوستگی ذرات، جلوگیری می‌کنند (مک کلمنتس، ۲۰۰۵؛ دیکینسون، ۱۹۹۳).

سرعت جذب امولسیفایر به سطح قطرات فاز پراکنده، میزان جذب و برهم کنش امولسیفایرها با اجزای دیگر در تولید امولسیون نقش دارند. امولسیفایرهایی که معمولاً در صنعت غذا استفاده می‌شوند سورفاکتانت‌های با وزن مولکولی پایین و بیوپلیمرهای آمفی‌فیلیک هستند. سورفاکتانت‌های با وزن مولکولی پایین دارای یک سر قطبی هستند که به یک یا چند زنجیره اسید چرب متصل می‌شوند. سر قطبی سورفاکتانت ممکن است به صورت آنیونی (مانند نمک‌های اسیدهای چرب و...)، بدون بار (مانند مونوگلیسرید، پلی سوربات، توین و...) و دارای بار خنثی (مانند لیسیتین و...) باشند. سورفاکتانت‌های کاتیونی سمی بوده و اجازه مصرف آن‌ها وجود ندارد. دم غیرقطبی سورفاکتانت معمولاً از یک یا چند زنجیر هیدروکربن که دارای ۱۰ تا ۲۰ اتم کربن است تشکیل شده است. این زنجیر ممکن است به صورت اشباع یا غیر اشباع، خطی یا انشعابی و آلیفاتیک یا آروماتیک باشد (مک کلمنتس، ۲۰۰۵؛ دیکینسون، ۱۹۹۳).

سورفاکتانت‌های با وزن مولکولی پایین در زمان تشکیل امولسیون به سرعت به سطح بین روغن و آب

جذب می‌شوند و از تجمع و در هم آمیختن ذرات روغن یا آب جلوگیری می‌کنند (دیکینسون، ۱۹۹۳). با توجه به بررسی‌های انجام شده این امولسیفایرها به دلیل جذب سریع تر بین سطح دو فاز توانایی بالاتری در تشکیل امولسیون دارند، اما معمولاً پایداری طولانی مدت در امولسیون ایجاد نمی‌کنند. پایداری طولانی مدت امولسیون بیشتر توسط بیوپلیمرهای آمفی‌فیلیک صورت می‌پذیرد (دیکینسون، ۱۹۹۳؛ مک کلمنتس، ۲۰۰۵).

بیوپلیمرهای آمفی‌فیلیک به علت داشتن بخش‌های قطبی و غیر قطبی در ساختار خود قادرند بین دو سطح آبدوست و آب‌گریز قرار گیرند. این امر تمایل ذرات فاز پراکنده به پیوستن به یکدیگر و دور شدن از فاز پیوسته را کم کرده و باعث کاهش کشش سطحی در بین فازها شود. پروتئین‌ها و بعضی از پلی‌ساکاریدها به عنوان امولسیفایرهای بیوپلیمری عمل می‌کنند. این بیوپلیمرها باعث پایداری امولسیون در طی دوره نگهداری می‌گردند (مک کلمنتس، ۲۰۰۵؛ دیکینسون، ۱۹۹۳).

پایدارکننده‌ها با توجه به عملکرد و ویژگی رفتار جریان خود در محلول‌ها، به دو دسته ترکیبات قوام‌دهنده و ترکیبات ژل‌دهنده طبقه‌بندی می‌شوند. ترکیبات قوام‌دهنده با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و ترکیبات ژل‌دهنده با تشکیل ژل در فاز پیوسته باعث کاهش حرکت ذرات و قطرات می‌شوند و سرعت به هم پیوستگی ذرات و جدا شدن فازها از یکدیگر را کاهش می‌دهند. پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها در امولسیون روغن در آب (O/W)<sup>۴</sup> و کریستال‌های چربی در امولسیون آب در روغن (W/O)<sup>۵</sup> نقش پایدارکنندگی دارند (مک کلمنتس، ۲۰۰۵).

---

<sup>۴</sup>.Oil/Water

<sup>۵</sup>.Water/Oil

## ۲-۲- پروتئین‌ها

پروتئین‌ها از جمله متنوع‌ترین ماکرومولکول‌ها هستند که به دلیل ساختمان و ترکیب شیمیایی خاص خود نقش مهمی در ایجاد خصوصیات فیزیکی و بافتی در مواد غذایی ایفا می‌کنند. ویژگی‌های پروتئین‌ها توسط زنجیر جانبی R اسیدهای آمینه مشخص می‌شود. زنجیرهای جانبی آلیفاتیک غیر قطبی به شدت واکنش دهنده هستند. اسیدهای آمینه به دلیل داشتن یک گروه آمینی ( $\text{NH}_2$ ) و یک گروه کربوکسیل اسیدی ( $\text{COOH}$ ) می‌توانند در محیط‌های آبی به عنوان یک دهنده یا گیرنده پروتون عمل کنند. با توجه به pH محیط، پروتئین‌ها به صورت کاتیونی، آنیونی یا یون دو قطبی هستند. زنجیره‌های جانبی با گروه‌های کربوکسیل (مانند اسید آسپاراتیک و اسید گلوتامیک) یا گروه‌های آمین مانند (لیزین و آرژنین) در pH خنثی یونیزه شده، گروه‌های آمینی پروتونه می‌شوند و گروه‌های کربوکسیل به صورت دپروتونه باقی می‌مانند. گروه‌های کربوکسیل آزاد می‌توانند پیوند استری تشکیل دهند و گروه‌های آمین مانند لیزین در واکنش میلارد شرکت می‌کنند. بسیاری از ترکیبات مانند انواع ساکاریدها به گروه‌های هیدروکسیل یا آمیدی پروتئین متصل می‌شوند و گلیکو پروتئین تشکیل می‌دهند (والسترا و همکاران، ۲۰۰۶).

## ۲-۳- دگرگونی پروتئین‌ها

ساختمان دوم، سوم و چهارم پروتئین‌ها به وسیله پیوندهای ضعیف پایدار می‌باشند. اگر این ساختمان‌ها پایداری خود را از دست بدهند، پروتئین از حالت پیچ خورده خارج می‌شود و شکل کشیده و باز پیدا می‌کند و در نتیجه بسیاری از گروه‌ها در سطح پروتئین قرار می‌گیرند. دناتوره شدن پروتئین باعث کاهش حلالیت، کاهش