



دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی عوامل موثر در تهیه و پایداری نانوامولسیون نوشیدنی
طعم دار پرتقال

سعیده ولی بیگی

شهریور ۱۳۹۰



دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی عوامل موثر در تهیه و پایداری نانو امولسیون نوشیدنی
طعم دار پرتقال

سعیده ولی بیگی

استادان راهنما

دکتر سید علی مرتضوی

دکتر رسول کدخدایی

استاد مشاور

دکتر مسعود نجف نجفی

شهریور ۱۳۹۰

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1.....	فصل 1-1- مقدمه.....
9.....	فصل 2- بررسی منابع.....
9.....	1-2-1- خواص امولسیون ها.....
9.....	1-1-2- کشش سطحی.....
10.....	2-1-2- جزء حجمی فاز پراکنده.....
11.....	3-1-2- گرانروی امولسیون.....
12.....	4-1-2- بار الکتریکی قطرات.....
12.....	5-1-2- توزیع اندازه قطرات.....
13.....	2-2- تجهیزات و شرایط لازم برای تولید امولسیون.....
14.....	3-2- نانو امولسیون ها.....
19.....	4-2- امولسیفایر.....
21.....	1-4-2- مکانیسم عمل امولسیفایرها و تأثیر آنها بر ثبات امولسیون ها.....
25.....	2-4-2- روش های انتخاب امولسیفایر.....
29.....	5-2- پایداری امولسیون ها.....
29.....	6-2- ساز و کارهای ناپایداری امولسیون ها.....
32.....	1-6-2- ته نشینی و رویه بستن.....
35.....	2-6-2- به هم پیوستگی.....
36.....	3-6-2- بزرگ شدگی استوالد.....

- 37.....4-6-2- در هم آمیختگی.....
- 38.....5-6-2- وارونگی فاز.....
- 39.....7-2- امولسیون های نوشیدنی.....
- 40.....1-7-2- مروری بر پژوهش های انجام شده در زمینه تولید امولسیون های نوشیدنی.....
- 49.....فصل 3- مواد و روش ها.....
- 49.....1-3- مواد مورد استفاده.....
- 50.....2-3- تجهیزات مورد استفاده.....
- 50.....3-3- آماده سازی محلول هیدروکلوئید.....
- 51.....4-3- تشکیل امولسیون.....
- 52.....5-3- تعیین اندازه ذرات امولسیون.....
- 52.....6-3- تعیین ثابت سرعت بزرگ شدن اندازه ظاهری قطرات امولسیون.....
- 53.....7-3- تعیین ثابت سرعت در هم آمیختن قطرات امولسیون.....
- 53.....8-3- تعیین ثابت سرعت به هم پیوستگی قطرات امولسیون.....
- 53.....9-3- تعیین تغییرات سطح نسبی ذرات نسبت به زمان.....
- 53.....10-3- مشاهده میکروسکوپی امولسیون.....
- 54.....11-3- آزمون های رئولوژیکی.....
- 54.....1-11-3- مدل سازی رفتار جریان.....
- 56.....2-11-3- ارزیابی مدل های رئولوژیکی.....
- 56.....12-3- طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل آماری.....
- 57.....فصل 4- نتایج و بحث.....
- 57.....1-4- خصوصیات رئولوژیکی محلول صمغ.....

- 57.....1-1-4- اثر نوع و غلظت هیدروکلئید بر شاخص رفتار جریان (n).....
- 61.....2-1-4- اثر نوع و غلظت هیدروکلئید بر ضریب قوام (k).....
- 61.....3-1-4- اثر نوع و غلظت هیدروکلئید بر تنش تسلیم.....
- 63.....2-4- خصوصیات رئولوژیکی امولسیون.....
- 63.....1-2-4- اثر نوع و غلظت هیدروکلئید بر رفتار جریان و ضریب قوام.....
- 66.....2-2-4- نتیجه گیری.....
- 67.....3-4- بررسی پایداری امولسیون.....
- 67.....1-3-4- تأثیر نوع و غلظت هیدروکلئید بر پارامترهای توزیع اندازه ذرات امولسیون.....
- 75.....2-3-4- تأثیر عامل تنظیم کننده وزن مخصوص بر پارامترهای توزیع اندازه ذرات امولسیون.....
- 95.....3-3-4- نتیجه گیری.....
- 96.....4-4- به هم پیوستگی و در هم آمیختگی قطرات امولسیون.....
- 99.....1-4-4- در هم آمیختن قطرات.....
- 100.....2-4-4- به هم پیوستگی قطرات.....
- 103.....3-4-4- بر هم کنش های بین قطره ای و تغییرات سطح نسبی ذرات نسبت به زمان.....
- 106.....5-4-4- تأثیر صمغ استر بر سرعت به هم پیوستگی و در هم آمیختگی قطرات.....
- 110.....5-4- نتیجه گیری نهایی.....
- 111.....6-4- پیشنهادات.....
- 113.....فصل 5-منابع.....

فهرست جداول

- جدول 1-1- اثر اندازه ذرات بر ظاهر و ثبات امولسیون 3
- جدول 1-2- خواص امولسیون های مختلف 15
- جدول 2-2- محدوده اعداد HLB و کاربرد های آن 28
- جدول 3-2- اعداد HLB گروه های هیدروفیل و لیپوفیل امولسیفایرها 28
- جدول 1-4- پارامترهای مربوط به مدل های برازش شده محلول های کلوئیدی 58
- جدول 2-4- پارامترهای مربوط به مدل های برازش شده برای هر هیدروکلوئید به عنوان تابعی از غلظت آن 59
- جدول 3-4- آنالیز پارامترهای مربوط به مدل های برازش شده محلول های هیدروکلوئید 60
- جدول 4-4- پارامترهای رئولوژیکی برازش داده شده برای امولسیون های حاوی هیدروکلوئیدها با سطوح مختلف 65
- جدول 5-4- آنالیز پارامترهای مربوط به توزیع اندازه ذرات امولسیون های حاوی صمغ عربی، صمغ زانتان و نشاسته اصلاح شده (کپسول) با سطوح مختلف 69
- جدول 6-4- چگالی روغن پرتقال حاوی سطوح مختلف صمغ استر 78
- جدول 7-4- آنالیز پارامترهای مربوط به توزیع اندازه ذرات امولسیون های حاوی عامل وزن دهنده صمغ استر با سطوح مختلف تحت اعمال فرآیند حرارتی پاستوریزاسیون و انجماد-رفع انجماد 80
- جدول 8-4- سرعت افزایش اندازه قطرات امولسیون های حاوی صمغ عربی، صمغ زانتان و نشاسته اصلاح شده (کپسول) در غلظت های مختلف طی زمان نگهداری 99
- جدول 9-4- سرعت افزایش اندازه قطرات امولسیون های حاوی غلظت های مختلف صمغ استر در طی زمان نگهداری 108

فهرست اشکال

- شکل 1-1- تعدادی از انواع امولسیون 2
- شکل 1-2- تشریح فرایند اصلی فیزیکو-شیمیایی در تولید امولسیون ها 22
- شکل 2-2- تغییرات G_{mix} (برهمکنش اختلاط)، G_{el} (برهمکنش الاستیک)، G_A (جاذبه واندروالس) و G_T (مجموع انرژی برهمکنش) با h (فاصله جدایی) 24
- شکل 2-3- تغییرات G_T با h ، با افزایش δ/R 25
- شکل 2-4- فرایندهای مختلف مؤثر در ناپایداری و شکست امولسیون ها 30
- شکل 2-5- تغییرات سرعت استوک و گرانیوی نسبی بر حسب جزء حجمی ذرات فاز پراکنده 33
- شکل 2-6- شماتیک کلی بزرگ شدگی استوالد 36
- شکل 2-7- نمای کلی از نوسانات سطحی بین ذرات 37
- شکل 2-8- تغییرات هدایت (k) و گرانیوی (η) با جزء حجمی روغن ϕ 39
- شکل 4-1- تأثیر غلظت های مختلف هیدروکلوئید بر تنش تسلیم. الف) صمغ عربی، ب) صمغ زانتان و ج) نشاسته اصلاح شده (کپسول) 62
- شکل 4-2- پارامترهای توزیع اندازه ذرات امولسیون های حاوی غلظت های مختلف صمغ زانتان در مدت زمان نگهداری. الف) قطر متوسط، ب) عدد اسپان ذرات و ج) سطح ویژه قطرات 70
- شکل 4-3- پارامترهای توزیع اندازه ذرات امولسیون های حاوی غلظت های مختلف صمغ عربی در مدت زمان نگهداری. الف) قطر متوسط، ب) عدد اسپان ذرات و ج) سطح ویژه قطرات 71
- شکل 4-4- پارامترهای توزیع اندازه ذرات امولسیون های حاوی غلظت های مختلف نشاسته اصلاح شده (کپسول) در مدت زمان نگهداری. الف) قطر متوسط، ب) عدد اسپان ذرات و ج) سطح ویژه قطرات 72
- شکل 4-5- اثر دوتایی غلظت های مختلف هیدروکلوئیدها بر قطر متوسط ذرات امولسیون. الف) اثر صمغ زانتان و کپسول، ب) اثر صمغ زانتان و عربی و ج) اثر صمغ عربی و کپسول 74
- شکل 4-6- توزیع اندازه ذرات امولسیون حاوی 0/2 درصد زانتان، 15 درصد صمغ عربی و 10 درصد کپسول در طی مدت زمان نگهداری 40 روز 75

شکل 4-7- منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون حاوی 0/2 درصد صمغ زانتان، 15 درصد صمغ عربی و 10 درصد نشاسته اصلاح شده (کپسول) در غلظت های صفر، 0/5، 1 و 1/5 درصد صمغ استر در مدت زمان نگهداری.....77

شکل 4-8- منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون حاوی 1 درصد صمغ استر در مدت زمان نگهداری.....78

شکل 4-9- پارامترهای توزیع اندازه ذرات در امولسیون های حاوی غلظت های مختلف صمغ استر در مدت زمان نگهداری. الف) قطر متوسط، ب) عدد اسپان ذرات و ج) سطح ویژه قطرات.....81

شکل 4-10- منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون بعد از رفع انجماد، در غلظت های صفر، 0/5، 1 و 1/5 درصد صمغ استر در مدت زمان نگهداری83

شکل 4-11- منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون حاوی 1 درصد صمغ استر بعد از رفع انجماد، در مدت زمان نگهداری84

شکل 4-12- تغییرات پارامترهای مربوط به توزیع اندازه ذرات امولسیون های حاوی غلظت های مختلف صمغ استر، بعد از رفع انجماد در مدت زمان نگهداری. الف) قطر متوسط، ب) عدد اسپان ذرات و ج) سطح ویژه قطرات.....85

شکل 4-13- منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون پاستوریزه شده، در غلظت های صفر، 0/5، 1 و 1/5 درصد صمغ استر در مدت زمان نگهداری87

شکل 4-14- منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون حاوی 1 درصد صمغ استر پاستوریزه شده، در مدت زمان نگهداری88

شکل 4-15- پارامترهای مربوط به توزیع اندازه ذرات امولسیون های پاستوریزه شده حاوی غلظت های مختلف صمغ استر، در مدت زمان نگهداری. الف) قطر متوسط، ب) عدد اسپان ذرات و ج) سطح ویژه قطرات89

شکل 4-16- اثرات متقابل فاکتورهای آزمایش بر قطر متوسط ذرات امولسیون. الف) اثر نوع فرآیند و زمان نگهداری، ب) اثر نوع فرآیند و غلظت های مختلف صمغ استر و ج) اثر غلظت های مختلف صمغ استر و زمان نگهداری.....90

شکل 4-17- اثرات متقابل فاکتورهای آزمایش بر عدد اسپان منحنی توزیع اندازه ذرات. الف) اثر نوع فرآیند و غلظت های مختلف صمغ استر، ب) اثر نوع فرآیند و زمان نگهداری و ج) اثر غلظت های مختلف صمغ استر و زمان نگهداری.....92

شکل 4-18- اثرات متقابل فاکتورهای آزمایش بر سطح ویژه ذرات امولسیون. الف) اثر غلظت های مختلف صمغ استر و زمان نگهداری، ب) اثر نوع فرآیند و غلظت های مختلف صمغ استر و ج) اثر نوع فرآیند و زمان نگهداری 93

شکل 4-19- ساختار میکروسکوپی امولسیون حاوی 1 درصد صمغ استر در زمان تولید. الف) امولسیون تازه، ب) امولسیون بعد از رفع انجماد و ج) امولسیون بعد از اعمال فرآیند حرارتی..... 94

شکل 4-20- ساختار میکروسکوپی امولسیون حاوی 1 درصد صمغ استر پس از مدت 40 روز نگهداری. الف) امولسیون تازه، ب) امولسیون بعد از رفع انجماد و ج) امولسیون بعد از اعمال فرآیند حرارتی..... 94

شکل 4-21- روند تغییرات اندازه ذرات نسبت به زمان در امولسیون حاوی غلظت های مختلف صمغ عربی، صمغ زانتان و نشاسته اصلاح شده (کپسول) در طی زمان نگهداری. الف) صمغ عربی، ب) صمغ زانتان و ج) نشاسته اصلاح شده (کپسول)..... 98

شکل 4-22- روند تغییرات اندازه واقعی قطرات نسبت به زمان در امولسیون حاوی غلظت های مختلف صمغ عربی، صمغ زانتان و نشاسته اصلاح شده (کپسول) در طی زمان نگهداری. الف) صمغ عربی، ب) صمغ زانتان و ج) نشاسته اصلاح شده (کپسول)..... 102

شکل 4-23- روند تغییرات سطح نسبی ذرات نسبت به زمان در امولسیون حاوی غلظت های مختلف صمغ عربی، صمغ زانتان و نشاسته اصلاح شده (کپسول) در طی زمان نگهداری. الف) صمغ عربی، ب) صمغ زانتان و ج) نشاسته اصلاح شده (کپسول) 105

شکل 4-24- روند تغییرات اندازه ذرات نسبت به زمان در امولسیون حاوی غلظت های مختلف صمغ استر در طی زمان نگهداری. الف) شاهد، ب) انجماد و ج) پاستوریزاسیون..... 109

فصل 1- مقدمه

1-1- تعریف امولسیون

امولسیون ترکیبی از دو فاز امتزاج ناپذیر می باشد که یکی از فازها به شکل قطرات کروی در دیگری پراکنده شده است. فازی را که به صورت قطرات پراکنده است، فاز گسسته یا پراکنده¹ و فاز دیگری که قطرات را احاطه کرده است، فاز پیوسته² می گویند (جعفری و همکاران، 2008).

1-2- انواع امولسیون

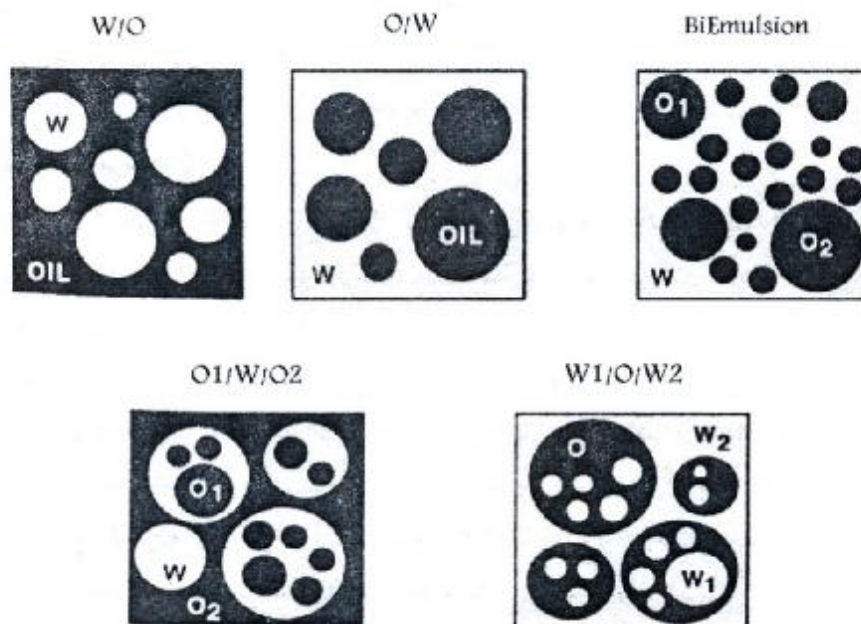
بر اساس نوع فازها، امولسیون ها را می توان به چند گروه طبقه بندی کرد که مهمترین آنها عبارت است از (تادروس، 2009): امولسیون روغن در آب (O/W) و امولسیون آب در روغن (W/O). امولسیون روغن در آب (O/W) شامل قطرات فاز روغن پراکنده در فاز آبی است؛ و امولسیون آب در روغن (W/O) متشکل از قطرات آب پراکنده در فاز روغنی می باشد. این دو نوع امولسیون بویژه امولسیون روغن در آب رواج و کاربرد بیشتری در صنایع غذایی دارند. افزون بر امولسیون های ساده، به تازگی نسل جدیدی از امولسیون ها توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده اند که اصطلاحاً امولسیون های چندگانه³ نامیده می شوند و به دو صورت آب در روغن در آب (W/O/W) و روغن در آب در روغن (O/W/O) وجود دارند. امولسیون های W/O/W شامل قطرات کوچک آب هستند که در داخل قطرات بزرگتری از روغن که خود در فاز آبی دیگری پراکنده شده اند، گرفتار گردیده اند. امولسیون های O/W/O از نظر ساختاری

¹ Dispersed phase

² Continuous phase

³ Multiple emulsions

شبيه انواع W/O/W هستند، با اين تفاوت كه فازهاي پراكنده دروني و پيوسته هر دو روغن مي باشند (ليل-كالدراي و اسميت، 2007). در شكل 1-1 تعدادي از انواع امولسيون هاي چندگانه نشان داده شده است (نيلود و مارتی - مسترز، 2000). اين امولسيون ها با اهداف گوناگوني توليد مي شوند كه از آن جمله مي توان به رهائش كنترل شده مواد شيميايي، بيولوژيك و ريز مغذي كه درون قطرات دروني بدام انداخته شده اند، اشاره كرد (آلواردو و همكاران، 2009). همچنين اين سيستم ها به منظور ريزپوشاني تركيبات مولد طعم و حفاظت از اجزاي غذايي ناپايدار و حساس به شرايط محيطي نيز به كار مي روند.



شكل 1-1- تعدادي از انواع امولسيون ها

توليد امولسيون پايدار به دليل ناپايداري ترموديناميكي آن و نفوذ مولكول هاي فاز دروني به فاز بيروني و بالعكس بسيار مشكل است و همواره به عنوان يك چالش و موضوع تحقيقاتي فرا روي دانشمندان و پژوهشگران حوزه سامانه هاي كلوئيدي مطرح بوده است (ليل-كالدراي و اسميت، 2007).

ظاهر امولسیون به اندازه ذرات و اختلاف ضریب شکست¹ دو فاز بستگی دارد. اگر دو فاز تشکیل دهنده امولسیون دارای ضریب شکست یکسان باشند و یا اینکه قطر قطرات فاز پراکنده بسیار کوچک باشد (به طوری که به دلیل کوچکی بیش از حد قادر به تفرق نور نباشد)، امولسیون پایداری بیشتری خواهد داشت. اثر اندازه ذرات بر ظاهر و ثبات امولسیون در جدول 1-1 آورده شده است (گلیکسمن، 1982).

جدول 1-1- اثر اندازه ذرات بر ظاهر و ثبات امولسیون

اندازه ذرات امولسیون	ظاهر امولسیون	پایداری امولسیون
بزرگتر از 10 میکرون	دو فاز قابل تشخیص	تمایل به جدایش سریع و کامل دو فاز
بین 1 تا 10 میکرون	نسبتاً شفاف تا شیری رنگ	تمایل به رویه بستن
بین 0/1 تا 1 میکرون	نسبتاً شفاف تا آبی رنگ	پایداری مناسب
بین 0/05 تا 0/1 میکرون	شفاف و خاکستری رنگ	پایداری خوب
کوچکتر از 0/05 میکرون	کاملاً شفاف	بسیار پایدار و با ثبات

معمولاً نوع امولسیون را می توان از روی فاز پیوسته آن تعیین کرد. از آنجایی که هدایت الکتریکی آب بویژه به واسطه انحلال انواع مختلف الکترولیت ها در آن 100 تا 1000 برابر بیشتر از روغن است، از این شاخص برای تعیین فاز پیوسته امولسیون استفاده می شود. غالباً هدایت الکتریکی فاز روغنی در مقایسه با فاز آبی، صفر در نظر گرفته می شود. از این رو کاهش هدایت الکتریکی به معنای تشکیل امولسیون روغن در آب و عدم تغییر محسوس آن به منزله ایجاد امولسیون آب در روغن است (نیلود و مارتی - مسترز، 2000).

¹ Refractive index

1-3-3- امولسیون های غذایی

امولسیون های غذایی باید دارای دو ویژگی کلی و مهم باشند: 1- تا لحظه مصرف از ثبات و پایداری مناسب و قابل قبولی برخوردار باشند. 2- به محض استفاده از امولسیون، رسانش و رهایش اجزا در محل مورد نظر به طور کامل انجام شود (لاکیس، 2007).

پایداری امولسیون به عوامل متعددی بستگی دارد که از آن جمله می توان به اندازه ذرات، ویژگی های غشای آنها، گرانیوی فاز پیوسته، اختلاف چگالی دو فاز، pH فاز آبی، نوع و شدت تنش های محیطی نظیر فرآیندهای حرارتی و انجماد-رفع انجماد اشاره کرد.

1-3-3-1 pH

فاز آبی امولسیون های غذایی روغن در آب محدوده وسیعی از pH خیلی اسیدی (2/5 تا 4، نظیر نوشیدنی های غیر الکلی) تا نسبتاً اسیدی و خنثی (6/6 تا 7/4) را در بر می گیرد. تغییرات pH در طی تولید، نگهداری یا مصرف محصولات غذایی امولسیونی تأثیر قابل ملاحظه ای بر ویژگی های کیفی و حسی آنها بویژه توده ای شدن و ایجاد لخته و در نتیجه دو فاز شدگی دارد.

میزان تأثیر pH بر توده ای شدن به شدت برهم کنش های الکترواستاتیک بین غشای در برگیرنده قطرات بستگی دارد. بنابراین برای تشکیل امولسیون پایدار در یک pH معین، ترکیب امولسیفایری تشکیل دهنده غشای اطراف ذرات باید به گونه ای انتخاب شود که امکان تجمع ذرات وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر ترکیب پلی ساکارییدی یا پروتئینی مورد استفاده به عنوان امولسیفایر باید بیشینه دافعه الکترواستاتیک بین قطره ای و یا فضایی را ایجاد کند، تا احتمال تجمع ذرات در کنار هم و تشکیل توده از بین برود (گازی، 2006).

1-3-2- فرآیند حرارتی

بسیاری از امولسیون های غذایی در طی تولید، نگهداری و مصرف در معرض عملیات حرارتی نظیر پاستوریزاسیون، استریلیزاسیون و پختن قرار می گیرند. از این رو میزان مقاومت آنها و در حقیقت پایداری غشای امولسیفایری پیرامون قطرات در برابر دو فاز شدن، به هم پیوستگی و خامه ای شدن حائز اهمیت می باشد. اغلب سورفکتانت ها و امولسیفایرها توانایی لازم برای حفظ یکپارچگی، استحکام و کشسانی غشاء در دماهای بالا و در حین عملیات حرارتی را ندارند و با جدا شدن از سطح مشترک قطرات با آب و یا تغییر آرایش فضایی و تشدید برهم کنش های هیدروفوبی موجب به هم پیوستگی ذرات و شکست امولسیون می شوند. نتایج مطالعات نشان داده است که استفاده از پلی الکترولیت ها (هیدروکلئید های باردار) باعث افزایش چگالی بار الکتریکی ذرات و کاهش برهم کنش های هیدروفوبی بین آنها شده و از این طریق مقاومت امولسیون در برابر عملیات حرارتی بهبود می یابد (گازی ، 2006).

1-3-3- سرد کردن و انجماد

سرد کردن و انجماد از فرآیندهای متداول و پرکاربرد در صنایع غذایی هستند. اکثر مواد غذایی از جمله امولسیون های نوشابه ای و نیز سایر محصولات غذایی امولسیونی نظیر فرآورده های لبنی، سس ها و بستنی اغلب در معرض دماهای پایین قرار می گیرند. نگهداری در هوای سرد برای حفظ کیفیت محصولات و تأخیر انداختن رشد میکروب ها و جلوگیری از وقوع واکنش های شیمیایی نامطلوب مانند اکسید شدن روغن ها بسیار رایج است. با این حال امولسیون ها به علت ماهیت ترمودینامیکی ناپایداری که دارند اغلب نسبت به این شرایط مقاوم نبوده و دچار شکست، دو فاز شدگی و از دست رفتن ویژگی های کیفی می شوند. این تغییرات عمدتاً نتیجه وقوع پدیده های فیزیکی شیمیایی نظیر کریستاله شدن چربی، تشکیل توده های یخ و تغییر خصوصیات غشای اطراف قطرات می باشد. به طور کلی وقتی یک امولسیون روغن در آب به اندازه ای سرد شود که کریستال های یخ تشکیل شوند، پدیده های زیر اتفاق می افتد که تأثیر نامطلوبی بر پایداری آن دارند:

1- تشکیل کریستال های یخ در فاز آبی باعث می شود که قطرات روغن به سوی یکدیگر رانده شوند و در مجاورت هم قرار گیرند.

2- کاهش آب آزاد در محیط اطراف قطرات باعث دهیدراته شدن مولکول های امولسیفایر جذب شده در سطح آنها شده و احتمال برهم کنش های ذره-ذره را افزایش می دهد.

3- تبدیل بخشی از آب به کریستال های یخ قدرت یونی را در فاز آبی غیر منجمد اطراف قطرات افزایش داده و دافعه الکترواستاتیک بین ذرات را کاهش می دهد.

4- کریستال های یخ به تدریج به داخل قطرات روغن نفوذ کرده و باعث پاره شدن غشاهای بین سطحی آنها می شوند و در نتیجه به هنگام رفع انجماد ذرات را مستعد در هم آمیختگی می سازند.

5- با تشکیل کریستال های یخ و کاهش آب آزاد امولسیفایرها از سطح قطرات جدا شده و جذب سطح کریستال های یخ می شوند. این شرایط موجب بروز نوعی رقابت در جذب امولسیفایر به سطح قطرات روغن و یا سطح کریستال های یخ می شود، که کاهش پوشش دهی سطح ذرات و وقوع به هم پیوستگی و در هم آمیختگی را به همراه خواهد داشت.

علاوه بر موارد فوق امولسیفایرها ممکن است با کاهش دما به کمتر از حد مشخصی، قدرت امولسیون کنندگی و ویژگی های سطحی خود را از دست بدهند. بنابراین لازم است خواص فیزیکی شیمیایی یک امولسیون و نیز غشای اطراف قطرات به گونه ای انتخاب شود که چنانچه در شرایط دمایی پایین واقع شد پایداری خود را در حد مطلوب و قابل قبولی حفظ کند.

تأثیر تعدادی از پلی ساکاریدها از قبیل صمغ عربی، صمغ زانتان ، پکتین ، کربوکسی متیل سلولز (CMC) ، نشاسته اصلاح شده و مانان بر روی توزیع اندازه ذرات، خصوصیات رئولوژی و پایداری امولسیون های نوشیدنی صورت گرفته است اما تأثیر همزمان نشاسته اصلاح شده و صمغ ها در پایداری امولسیون نوشیدنی ها هنوز ناشناخته است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، تأثیر هیدروکلوئید های صمغ عربی، صمغ زانتان و نشاسته اصلاح شده (کپسول) بر روی رشد اندازه ذرات، پایداری و خصوصیات رئولوژی امولسیون نوشیدنی روغن در آب، تهیه شده بوسیله اولتراسوند با انرژی بالا بود. از دیگر نکات مهم و قابل توجه در مورد امولسیون های نوشیدنی، ضرورت پایداری آنها طی فرآیند های پاستوریزاسیون و انجماد می باشد. بر همین اساس در این پژوهش، تأثیر غلظت های مختلف عامل وزن دهنده صمغ استر (صفر، 0/5، 1 و 1/5 درصد) در شرایط دمایی پاستوریزاسیون و انجماد-رفع انجماد بر روی پایدارترین نمونه امولسیونی مورد بررسی قرار گرفت.

فصل 2- بررسی منابع

2-1- خواص امولسیون ها

2-1-1- کشش سطحی¹

زمانی که یک مایع در معرض هوا قرار می گیرد بین سطح آن و هوا حالتی به وجود می آید که به آن کشش سطحی مایع می گویند. این خاصیت جزء خواص بنیادی مایع محسوب شده که برای هر مایع منحصر به فرد است. هر چه سطح مایع افزایش یابد، کشش سطحی کاهش می یابد. هنگامی که دو مایع امتزاج ناپذیر مانند روغن و آب در کنار همدیگر قرار می گیرند، در سطح تماس آنها نیروی کشش سطحی به وجود می آید که برآیند آنها را کشش بین سطحی می گویند. کشش سطحی موجب می شود که سطح تماس بین دو فاز در حداقل خود حفظ شود، به همین دلیل است که قطرات روغن بلافاصله بعد از پراکنده شدن در آب به یکدیگر متصل شده و به صورت یک لایه در سطح آن قرار می گیرند. در حالت کلی چنانچه از ترکیبات فعال در سطح استفاده شود، می توان سرعت به هم پیوستن قطرات روغن را کند کرد. ترکیبات فعال در سطح از دو بخش آبگریز (غیر قطبی) و آبدوست (قطبی) تشکیل شده اند. هنگامی که ترکیبات فعال در سطح به مخلوط آب و روغن اضافه می شوند، به سرعت به ناحیه بین سطحی دو فاز حرکت کرده و با اتصال قسمت قطبی به فاز آبی و قسمت غیر قطبی به فاز روغنی باعث ایجاد اتصال بین دو فاز می شوند. ترکیبات فعال در سطح به دو گروه سورفکتانت ها و امولسیفایرها

¹ - Surface tension

تقسیم می شوند. از جمله ترکیبات فعال در سطح طبیعی پروتئین ها هستند که به دلیل دارا بودن اسیدهای آمینه مختلف دارای نواحی قطبی و غیرقطبی می باشند. مونوگلیسیریدها، فسفولیپیدها، اسیدهای چرب و مشتقات آن ها از عمده ترین سورفکتانت ها می باشند (لیل-کالدرا و اسمیت، 2007).

سورفکتانت ها با کاهش کشش بین سطحی انرژی لازم برای پراکنده کردن قطرات یک فاز در فاز دیگر را کاهش می دهند. به طور مثال کشش سطحی آب در حضور سورفکتانت ها از حدود 72 mNm^{-1} به 30-50 mNm^{-1} کاهش می یابد.

2-1-2- جزء حجمی فاز پراکنده

غلظت قطرات در امولسیون را به طور معمول با عنوان جزء حجمی فاز پراکنده بیان می کنند و با Φ نشان می دهند و از رابطه زیر محاسبه می شود (کلمس زوسکی و همکاران، 1992):

$$\Phi_m = \frac{V_D}{V_E} = \frac{\rho_{aq} - \rho_{em}}{\rho_{aq} - \rho_{oil}} \quad (1-2)$$

در این رابطه، ρ_{em} ، ρ_{aq} و ρ_{oil} به ترتیب چگالی امولسیون، فاز آبی و فاز روغنی است و V_D و V_E به ترتیب حجم قطرات (فاز پراکنده) و حجم امولسیون است. در بعضی موارد، بهتر است ترکیب یک امولسیون را با عبارت جزء جرمی فاز پراکنده (Φ_m) بیان کرد که رابطه آن با جزء حجمی فاز پراکنده، به صورت زیر است (مک کلمنتس، 2000):

$$\Phi_m = \frac{\rho_2 \Phi}{\rho_2 \Phi + (1 - \Phi) \rho_1} \quad (2-2)$$

در این معادله ρ_1 و ρ_2 به ترتیب چگالی فازهای پیوسته و پراکنده اند. زمانی که چگالی دو فاز برابر باشد، جزء جرمی و جزء حجمی با هم برابر خواهند بود.

مقدار جزء حجمی فاز پراکنده روی هزینه های تولید، بافت، ظاهر و ویژگی های حسی و بالاخره پایداری امولسیون مؤثر است. مقدار جزء حجمی فاز پراکنده روی نوع امولسیون بسیار مؤثر بوده و تعیین

کننده نوع امولسیون است. به دلیل اینکه اجزای تشکیل دهنده امولسیون به دقت کنترل می شوند، از این رو جزء حجمی فاز پراکنده امولسیون، معلوم است. اما با وجود این، زمانی که پدیده های ته نشینی، به هم پیوستگی و یا در هم آمیختگی ذرات در امولسیون رخ می دهد، این پارامتر تغییر خواهد کرد (مک کلمنتس، 2000).

2-1-3- گرانروی امولسیون

گرانروی عامل مهمی است که از عوامل تعیین کننده رئولوژی امولسیون به شمار می رود. همچنین این عامل در پایداری امولسیون نقش اساسی و مهمی دارد. به طور کلی گرانروی امولسیون تحت تأثیر عوامل زیر است:

- گرانروی فاز پیوسته؛
- افزودنی ها و ویژگی های فیزیکوشیمیایی فاز پیوسته؛
- نسبت حجمی دو فاز؛
- اندازه ذرات.

با توجه به اینکه گرانروی فاز پیوسته از عوامل اصلی و تعیین کننده گرانروی امولسیون است، از گرانروی نسبی به جای گرانروی امولسیون استفاده می کنند. گرانروی امولسیون (η) به گرانروی فاز پیوسته (η_0) را گرانروی نسبی (η_r) می گویند.

$$h_r = \frac{h}{h_0} \quad (3-2)$$

بعد از گرانروی فاز پیوسته، جزء حجمی فاز پراکنده (Φ_{int}) دومین عامل مؤثر بر گرانروی امولسیون است. اگر قطرات موجود در امولسیون کروی، بدون تغییر شکل، هم اندازه و از نظر تعداد اندک (جزء حجمی فاز پراکنده پایین) فرض شوند، در نتیجه، رابطه بین گرانروی امولسیون و جزء حجمی فاز پراکنده (معادله انشتین) به صورت ذیل خواهد بود (جیرگنسون، 1954):

$$h_r = 1 + 2/5\Phi_{int} \quad (4-2)$$