

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده صنایع غذایی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (M. Sc.) در رشته
مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی

شفاف سازی غشایی آب نارنج به روش اولترافیلتراسیون

پژوهش و نگارش:

محمد مهدی سیدآبادی

استاد راهنما:

دکتر مهدی کاشانی نژاد

اساتید مشاور:

دکتر علیرضا صادقی ماهونک

دکتر یحیی مقصودلو

تابستان ۱۳۹۳



فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد شیوه آموزشی - پژوهشی

نام و نام خانوادگی: محمد مهدی سیدآبادی		گروه آموزشی: علوم و صنایع غذایی	
شماره دانشجویی: ۹۱۱۵۱۲۳۱۰۴		رشته تحصیلی: مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی	
ساعت و تاریخ دفاع: ۱۱:۳۰ - ۹۳/۰۶/۲۴		محل برگزاری: کلاس ۱۴ (دانشکده علوم دامی)	
عنوان پایان نامه:		فارسی: شفاف سازی غشایی آب نارنج به روش اولترافیلتراسیون	
English: clarification of sour orange juice by ultrafiltration			
جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد نامبرده با حضور اعضای محترم هیات داوران به شرح ذیل برگزار گردید و پایان نامه با نمره (با عدد) ۱۹,۸۰ (با حروف) نوزده و هشتاد و سه درصد پذیرفته شد.			
اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	نام دانشگاه
استاد راهنما	دکتر مهدی کاشانی نژاد	دانشیار	علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
استاد مشاور	دکتر علیرضا صادقی ماهونک	دانشیار	علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
استاد مشاور	دکتر یحیی مقصدلو	دانشیار	علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
استاد داور اول	دکتر سیدمهدی جعفری	دانشیار	علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
استاد داور دوم	دکتر امان محمد ضیائی فر	استادیار	علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تأیید مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه:			
تاریخ:			

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی - پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.

۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.

۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:

به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

۴. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.

۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

این جانب **محمد مهدی سیدآبادی** دانشجوی رشته مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

محمد مهدی سیدآبادی

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم به مادر مهربان و فداکارم:

او که وجودش سراسر محبت است و گذشت
او که کوشید تا بیاسایم و رنج کشید تا بیارامم

تقدیم به پدر بزرگوارم:

اسوه ایمان و گذشت و معنای حقیقی صداقت و محبت

تشکر و قدردانی

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که، هستی‌مان بخشید و به طرق علم و دانش رهنمونمان شد و به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزی‌مان ساخت.

از خانواده دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت‌های همه‌جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی را به نحو احسن به اتمام برسانم، سپاسگزاری می‌نمایم.

از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر مهدی کاشانی‌نژاد به خاطر راهنمایی‌ها و همیاری‌های ارزشمندشان تقدیر و تشکر می‌کنم.

از اساتید مشاور محترم جناب آقای دکتر صادقی ماهونک و دکتر مقصودلو به خاطر مشاوره‌های ارزشمندشان سپاسگزارم.

از نماینده تحصیلات تکمیلی و داور محترم جناب آقای دکتر جعفری که مدیریت جلسه دفاع از رساله را بر عهده داشتند و همچنین به دلیل راهنمایی‌های کارساز در انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از مدیر گروه محترم، جناب آقای دکتر ضیائی‌فر که زحمت بازخوانی این پایان‌نامه را تقبل نمودند، کمال تشکر را دارم.

از تمامی دوستان خوب و گران‌قدرم که وجودشان همیشه مایه دلگرمی و مباهات این حقیر بوده، به خاطر تمام محبت‌ها و کمک‌های بی‌دریغشان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

محمد مهدی سیدآبادی

تابستان ۱۳۹۳

چکیده

آبمیوه‌ها نوشیدنی‌هایی با ارزش تغذیه‌ای فراوان، سرشار از آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری برای سلامت انسان‌ها هستند. نارنج یکی از محصولات باغی غنی از ویتامین C در نواحی شمالی و مرکزی ایران می‌باشد. با توجه به اینکه کدورت آب نارنج پس از آبگیری بر کیفیت و ماندگاری آن اثر منفی داشته و تغلیظ آن را با مشکل مواجه می‌کند، شفاف‌سازی این آبمیوه حائز است. از آنجایی که روش‌های سنتی برای این منظور بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر است، روش غشایی به‌عنوان جایگزینی برای روش‌های سنتی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش تأثیر پارامترهای غشایی شامل فشار (۱۲۰ تا ۲۲۰ کیلوپاسکال) و دمای خوراک (۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) در طول فرآیند شفاف‌سازی به کمک فرایند اولترافیلتراسیون بر خواص عملکردی غشاء و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی تراوه حاصل بررسی شد. جهت انتخاب شرایط بهینه شفاف‌سازی از روش سطح پاسخ استفاده شد. نتایج نشان داد که افزایش دما باعث افزایش شار تراوه، اندیس قهوه‌ای شدن، ویسکوزیته، وزن مخصوص و کاهش کلیه مقاومت‌ها (R_g و R_{cp} , R_M , R_T)، محتوای ویتامین C، فعالیت آنتی-اکسیدانی کل و شفافیت شد. افزایش فشار باعث کاهش اندیس قهوه‌ای شدن، ویسکوزیته و افزایش شار تراوه و کلیه مقاومت‌ها شد. همچنین شار تراوه در طی زمان کاهش یافت. شرایط بهینه به‌منظور دستیابی به بیشترین شار تراوه، محتوای ویتامین C، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و شفافیت و کمترین اندیس قهوه‌ای شدن و گرفتگی در فرآیند شفاف‌سازی آب‌نارنج در دمای 25°C و فشار ۱۹۴ kPa حصول گردید. در این شرایط؛ شار تراوه: $21/89 \text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$ ، اندیس گرفتگی: $3/09\%$ ، محتوای ویتامین C: $24/87$ (میلی‌گرم در ۱۰۰ cc آبمیوه)، اندیس قهوه‌ای شدن: $0/105$ ، شفافیت: $97/13\%$ و خاصیت آنتی‌اکسیدانی کل: $87/95\%$ بود. نتایج این پژوهش نشان داد که فیلتراسیون غشایی آب‌نارنج بدون پیش‌تیمار آنزیمی، کارایی مطلوبی در شفاف‌سازی آن داشت.

واژگان کلیدی: نارنج، شفاف‌سازی، اولترافیلتراسیون، روش سطح پاسخ

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول

۱	۱- مقدمه و کلیات.....
۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۲-۱- خواص و ترکیبات شیمیایی نارنج.....
۵	۳-۱- کدورت و شفافیت در آبمیوه.....
۵	۱-۳-۱- تعریف کدورت و شفافیت.....
۶	۲-۳-۱- شفاف‌سازی.....
۶	۳-۳-۱- ترکیبات عامل کدورت در آبمیوه‌ها.....
۷	۱-۳-۳-۱- پکتین.....
۷	۲-۳-۳-۱- نشاسته.....
۷	۳-۳-۳-۱- آرابان.....
۷	۴-۳-۳-۱- پروتئین.....
۸	۵-۳-۳-۱- پلی فنل.....
۸	۴-۳-۱- کدورت ثانویه.....
۸	۴-۱- روش‌های شفاف‌سازی.....
۸	۱-۴-۱- روش کلاسیک.....
۹	۲-۴-۱- روش‌های غشایی.....
۱۱	۵-۱- اصول فرآیندهای غشایی.....
۱۱	۱-۵-۱- مقدمه.....
۱۳	۲-۵-۱- تقسیم‌بندی فرآیندهای غشایی.....
۱۳	۱-۲-۵-۱- بر مبنای نیروی محرکه.....
۱۳	۲-۲-۵-۱- بر اساس جنس غشاء.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۳	۱-۵-۲-۳- بر اساس ساختمان و ساختار غشاء.....
۱۴	۱-۵-۲-۴- بر اساس شکل هندسی غشاء.....
۱۴	۱-۵-۲-۴-۱- مدول لوله‌ای.....
۱۴	۱-۵-۲-۴-۲- مدول صفحه‌ای (قاب و صفحه).....
۱۵	۱-۵-۲-۴-۳- مدول حلزونی (ماریچی).....
۱۵	۱-۵-۲-۴-۴- مدول الیافی (فیبر توخالی).....
۱۵	۱-۵-۲-۴-۵- مدول سرامیکی.....
۱۵	۱-۵-۳- کارایی غشاء.....
۱۶	۱-۶- اصلاحات رایج در فرآیندهای غشایی.....
۱۶	۱-۶-۱- شار.....
۱۶	۱-۶-۲- تراوه و ناتراوه.....
۱۷	۱-۶-۳- قابلیت عبور مولکولی (MWCO).....
۱۷	۱-۶-۴- مدهای جریان.....
۱۷	۱-۶-۴-۱- مد جریان انتها بسته.....
۱۷	۱-۶-۴-۲- مد جریان عرضی.....
۱۸	۱-۶-۵- پلاریزاسیون غلظت.....
۱۹	۱-۶-۶- گرفتگی غشایی.....
۲۱	۱-۷- مزایای فرآیند شفاف‌سازی غشایی.....
۲۱	۱-۸- روش سطح پاسخ.....
۲۲	۱-۹- فرضیه‌ها.....
۲۲	۱-۱۰- اهداف.....

فصل دوم

۲۳	۲- سابقه تحقیق.....
----	---------------------

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۴	۱-۲- تحقیقات انجام گرفته در زمینه آب نارنج.....
۲۵	۲-۲- استفاده از روش‌های غشایی برای فرآوری آبمیوه‌ها.....
۲۸	۳-۲- استفاده ترکیبی از تکنیک‌های غشایی برای فرآوری آبمیوه‌ها.....
۳۰	۴-۲- لزوم انجام تحقیق.....
فصل سوم	
۳۱	۳- مواد و روش‌ها.....
۳۲	۱-۳- مواد آزمایشگاهی.....
۳۲	۲-۳- آماده‌سازی آبمیوه.....
۳۲	۳-۳- سیستم غشایی.....
۳۴	۴-۳- مراحل انجام عملیات غشایی و آزمایشات مربوطه.....
۳۶	۵-۳- فرآیند شستشوی غشاء.....
۳۷	۶-۳- بررسی شاخص‌های کارایی فرآیند اولترافیلتراسیون.....
۳۷	۱-۶-۳- شار تراوه.....
۳۷	۲-۶-۳- گرفتگی غشاء و بررسی مقاومت‌ها.....
۳۷	۱-۲-۶-۳- اندیس گرفتگی (FI).....
۳۷	۲-۲-۶-۳- نفوذپذیری هیدرولیکی.....
۳۸	۳-۲-۶-۳- مقاومت‌های هیدرولیک.....
۴۰	۷-۳- آزمایشات فیزیکوشیمیایی.....
۴۰	۱-۷-۳- آزمون اسیدیته کل.....
۴۰	۲-۷-۳- اندازه‌گیری pH.....
۴۱	۳-۷-۳- بریکس.....
۴۱	۴-۷-۳- مواد جامد معلق.....
۴۱	۵-۷-۳- پکتین.....

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۷-۶- وزن مخصوص.....	۴۱
۳-۷-۷- ویسکوزیته.....	۴۲
۳-۷-۸- اندیس قهوه‌ای شدن (رنگ).....	۴۲
۳-۷-۹- اندازه‌گیری میزان شفافیت.....	۴۲
۳-۷-۱۰- اندازه‌گیری ویتامین C.....	۴۲
۳-۷-۱۱- اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAA).....	۴۳
۳-۸- تجزیه و تحلیل آماری.....	۴۴

فصل چهارم

۴- نتایج و بحث.....	۴۵
۴-۱- بررسی اثر تیمارهای غشایی مختلف بر شاخص‌های کارایی فرآیند غشایی.....	۴۶
۴-۱-۱- شار تراوه.....	۴۶
۴-۱-۱-۱- اثر زمان.....	۴۶
۴-۱-۱-۲- اثر دما.....	۴۷
۴-۱-۱-۳- اثر اختلاف فشار.....	۴۸
۴-۱-۲- نفوذپذیری هیدرولیکی.....	۵۰
۴-۲- بررسی اثرات متغیرها بر خصوصیات عملکردی غشاء و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی تراوه حاصل توسط روش سطح پاسخ.....	۵۱
۴-۲-۱- تأثیر تیمارهای غشایی مختلف بر خصوصیات عملکردی غشاء.....	۵۲
۴-۲-۱-۱- شار تراوه.....	۵۲
۴-۲-۱-۲- اندیس گرفتگی (FI).....	۵۳
۴-۲-۱-۳- مقاومت‌های هیدرولیکی.....	۵۴
۴-۲-۱-۳-۱- مقاومت کل (R_T).....	۵۴
۴-۲-۱-۳-۲- مقاومت ذاتی (R_M).....	۵۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
..... (Rg) مقاومت لایه ژل ۳-۳-۱-۲-۴	۵۷
..... (Rcp) مقاومت لایه پلاریزاسیون غلظت ۴-۳-۱-۲-۴	۵۹
..... تأثیر تیمارهای غشایی مختلف بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی تراوه آب نارنج ۲-۲-۴	۶۱
..... اسیدیته کل و pH ۱-۲-۲-۴	۶۱
..... بریکس ۲-۲-۲-۴	۶۱
..... مواد جامد معلق (SS) ۳-۲-۲-۴	۶۱
..... میزان پکتین ۴-۲-۲-۴	۶۲
..... وزن مخصوص ۵-۲-۲-۴	۶۲
..... ویسکوزیته ۶-۲-۲-۴	۶۳
..... اندیس قهوه‌ای شدن (BI) ۷-۲-۲-۴	۶۴
..... شفافیت ۸-۲-۲-۴	۶۶
..... ویتامین C ۹-۲-۲-۴	۶۷
..... فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل ۱۰-۲-۲-۴	۶۸
..... بهینه‌سازی ۳-۴	۶۹

فصل پنجم

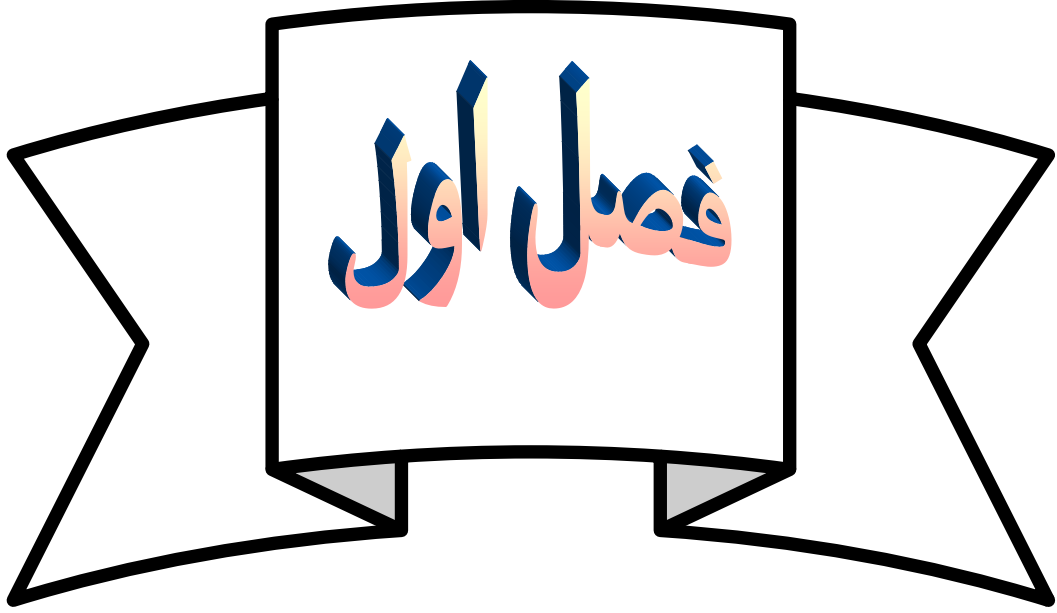
..... نتیجه‌گیری ۵	۷۲
..... نتیجه‌گیری کلی ۱-۵	۷۳
..... پیشنهادات ۲-۵	۷۳
..... پیشنهادات اجرایی ۱-۲-۵	۷۳
..... پیشنهادات پژوهشی ۲-۲-۵	۷۴
..... منابع ۷۵	۷۵

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- انواع فرآیندهای غشایی	۱۲
جدول ۱-۳- مواد شیمیایی مورد استفاده	۳۲
جدول ۲-۳- مشخصات فنی سیستم پایلوتی غشای UF	۳۴
جدول ۳-۳- تیمارهای طراحی شده توسط طرح مرکب مرکزی	۴۴
جدول ۱-۴- شاخص‌ها و محدوده‌های بهینه‌سازی	۷۰
جدول ۲-۴- پارامترها و پاسخ‌های پیش‌بینی شده توسط روش RSM	۷۰
جدول ۳-۴- درصد خطای بین پاسخ‌های پیش‌بینی شده و پاسخ‌های به‌دست آمده	۷۱

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- فیلتراسیون غشایی.....	۱۲
شکل ۲-۱- انواع مدهای جریان.....	۱۸
شکل ۳-۱- مکانیسم‌های گرفتگی غشاء.....	۲۰
شکل ۱-۳- شماتیکی از پایلوت غشایی اولترافیلتراسیون.....	۳۳
شکل ۲-۳- تصویری از پایلوت و مدول غشایی اولترافیلتراسیون.....	۳۵
شکل ۱-۴- منحنی شار-زمان در دماهای مختلف و فشار ۱/۲ بار.....	۴۷
شکل ۲-۴- منحنی شار-زمان در دماهای مختلف و فشار ۲/۲ بار.....	۴۸
شکل ۳-۴- منحنی شار-زمان در فشارهای مختلف و دمای ۲۵ درجه.....	۴۹
شکل ۴-۴- منحنی شار-زمان در فشارهای مختلف و دمای ۳۵ درجه.....	۴۹
شکل ۵-۴- نفوذپذیری هیدرولیکی غشای UF قبل و بعد از مراحل شستشو.....	۵۰
شکل ۶-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر شار تراوه.....	۵۲
شکل ۷-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر اندیس گرفتگی.....	۵۴
شکل ۸-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر مقاومت کل.....	۵۵
شکل ۹-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر مقاومت ذاتی غشاء.....	۵۷
شکل ۱۰-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر مقاومت لایه ژل.....	۵۸
شکل ۱۱-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر مقاومت پلاریزاسیون غلظت.....	۶۰
شکل ۱۲-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر وزن مخصوص تراوه.....	۶۳
شکل ۱۳-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر ویسکوزیته تراوه.....	۶۴
شکل ۱۴-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر اندیس قهوه‌ای شدن تراوه.....	۶۵
شکل ۱۵-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر شفافیت تراوه.....	۶۷
شکل ۱۶-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر محتوای ویتامین C تراوه.....	۶۸
شکل ۱۷-۴- نمودار سه‌بعدی اثر متغیرهای دما و فشار بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل تراوه.....	۶۹



مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

طی سال‌های گذشته تقاضا برای استفاده از مواد غذایی با منشأ گیاهی رشد چشمگیری داشته است. امروزه جایگاه و ارزش غذایی مصرف انواع میوه در رژیم غذایی بر کسی پوشیده نیست. میوه‌ها و سبزی‌ها به دلیل دارا بودن ریزمغذی‌های مهمی نظیر ویتامین‌ها و مواد معدنی نقش مهمی در متعادل ساختن رژیم غذایی انسان و کاهش ریسک ابتلا به بیماری‌هایی از قبیل سرطان، بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت بازی می‌کنند. امروزه مصرف‌کننده‌ها به مراتب از حق انتخاب بیشتری نسبت به گذشته برخوردارند. تمایل مصرف‌کنندگان ایرانی به مصرف انواع نوشیدنی‌های گازدار بسیار بیشتر از سایر نوشیدنی‌ها، اعم از آبمیوه و لبنیات و غیره است؛ اما این صنعت با استفاده از نوآوری و خلاقیت کارشناسان خود توانسته است محصولاتی مانند نوشابه‌های کم‌کالری و یا انرژی‌زا را به بازار عرضه کند. آبمیوه طبیعی یکی از بهترین جایگزین‌ها برای نوشابه گازدار رایج است و از نظر بهداشتی و ارزش غذایی بالاتر از نوشابه گازدار است؛ بنابراین به‌منظور پاسخ به تقاضای مردم، فرآوری میوه‌ها به صورت صنعتی درآمده است.

آبمیوه‌ها نوشیدنی‌هایی با ارزش تغذیه‌ای فراوان، سرشار از آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری برای سلامت انسان‌ها هستند که در میان همه سنین طرفداران زیادی دارند. در سرتاسر مناطق معتدله جهان، میوه‌هایی که در مقادیر زیاد برای تولید آبمیوه مورداستفاده قرار می‌گیرند شامل مرکبات (عمدتاً پرتقال)، میوه‌های خانواده سیب و انگور می‌باشند. مقادیری از میوه‌های هسته‌دار و توت‌ها تبدیل به آبمیوه می‌شوند و در مناطق گرمسیری آناناس در تولید آبمیوه بیشترین سهم را دارد (مقصودلو و قربانی، ۱۳۸۳).

صنعت آبمیوه در هر کشوری از صنایع اساسی آن کشور در زمینه صنایع غذایی به شمار می‌رود و در کشور ما نیز این مسئله حکم فرماست (مقصودلو و قربانی، ۱۳۸۳). مرکبات از مهم‌ترین میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان هستند. بر اساس آمار سال ۱۳۹۰ وزارت جهاد کشاورزی، کشور ایران با تولید تقریبی ۴/۵ میلیون تن مرکبات با سطح تقریبی ۲۹۰ هزار هکتار و متوسط عملکرد ۱۷ تن در هکتار، جزء ۷ کشور عمده تولیدکننده‌ای محصول در دنیا می‌باشد. از این میزان حدود ۴۷ هزار تن مربوط به میوه نارنج می‌باشد. مرکبات یکی از میوه‌های پرطرفدار در جهان بوده که حاوی مواد معدنی (پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و ...)، انواع ویتامین، فیبر، کربوهیدرات و غیره بوده که همگی

آن‌ها در حفظ سلامت بدن و جلوگیری از ابتلا به انواع بیماری‌ها دخالت دارند. مرکبات در بعضی از نقاط کشور بسیار زیادتر از نیاز داخلی تولید می‌شود که این میزان میوه باقی‌مانده، به‌علت نبود شرایط نگهداری مناسب، از بین می‌روند. با استفاده از صنایع تبدیلی تولید آبمیوه، علاوه بر جلوگیری از هدر رفتن این میوه‌ها، می‌توان درآمدزایی بسیاری در کشور داشته باشیم. نوشیدنی‌های بر پایه مرکبات از پرطرفدارترین نوشیدنی‌های میوه‌ای هستند که ۵۰٪ درآمد حاصل از فروش نوشیدنی‌ها را در دنیا به خود اختصاص می‌دهند (تیواری و همکاران، ۲۰۰۹). مصرف سرانه انواع آبمیوه در کشورهای اروپایی بیانگر این مطلب است که در کشورهای مزبور مردم به مصرف انواع میوه یا انواع آب‌میوه و ترکیبات مختلف آن اهمیت بیشتری می‌دهند. متوسط مصرف سرانه انواع آبمیوه در کشورهای اروپایی ۳۵-۴۰ لیتر به ازای هر نفر در سال می‌باشد این در حالی است که این رقم در کشور ما حدود ۱۱ لیتر در سال است؛ یعنی با استاندارد جهانی آن، فاصله زیادی دارد (انجمن صنایع تولیدکنندگان و صادرکنندگان کنسانتره و آبمیوه ایران، ۱۳۹۳).

۱-۲- خواص و ترکیبات شیمیایی نارنج

نارنج با نام علمی *Citrus aurantium* (bitter orange; seville orange; sour orange) از خانواده روتیسه‌آ، درختی است با ارتفاع متوسط ۴-۵ متر (جزء مرکبات اسیدی ترش‌مزه) که منشأ اولیه آن در نواحی شمالی هندوستان تشخیص داده شده است (شجاع‌چا غروند، ۱۳۴۹). این میوه در قرون وسطی به‌عنوان دارویی توسط پزشکان عرب استفاده می‌شد. نارنج به همراه لیموترش و لیموعمانی حدود ۱۳۰۰ سال پیش، توسط اعراب به ایران وارد شدند. قسمت‌های مورد استفاده نارنج شامل آب‌میوه، پوست میوه و گل‌های آن است. میوه‌ها دارای ترکیبات مختلفی از جمله املاح، ویتامین‌ها، فلاونوئیدها، اسیدهای گیاهی و اسانس بوده و دارای اثرات محرک هضم، ضدیبوست، انرژی‌زا، خلط‌آور، ضدسرفه، آرام‌بخش، رفع بدخوابی و تسکین شوک هستند. در ایران از گل‌های نارنج، عرق گیاهی تولید می‌شود که به نام عرق بهارنارنج مشهور است. این عرق دارای خواص ضد نفخ، اسپاسم و اثر آرام‌بخش ضعیفی است. پوست میوه نارنج با توجه به میزان زیادی از فلاونوئیدها (که از ترکیبات زیستی فعال مرتبط با سلامت بشر محسوب می‌گردند) دارای پتانسیل عمده‌ای در

صنایع غذایی و دارویی می‌باشد. از نظر ترکیبات شیمیایی، اسانس گل و پوست میوه نارنج شامل لیمونین و دسآیکلیک اسید هست که خاصیت ضد میکروبی دارد. این ترکیبات می‌توانند به‌طور مستقیم موجب از بین رفتن رادیکال‌های آزاد و مهار آنزیم‌های مؤثر در مسیر احیاء اکسیژن شود (همتی، ۱۳۹۲).

بیشتر آرومای نارنج از لیمونین (حدود ۹۰٪) ناشی می‌شود. اسیدهای چرب عمده در نارنج (جمعاً ۶۳٪ کل اسیدهای چرب) شامل پالمیتیک (۱۷/۴٪)، اولئیک (۲۳/۳۸٪)، لینولئیک (۱۶/۳۵٪) و لینولنیک (۵/۵۵٪) می‌باشد (موفیدا و مارزوک، ۲۰۰۳). از محصولات جانبی دیگر آن می‌توان به مربای بهارنارنج، کنسانتره نارنج، دمنوش بهارنارنج و ترشی پوست نارنج اشاره کرد. امروزه به دلیل خواص منحصر به فرد نارنج، پرورش آن در غالب نواحی معتدل و مساعد از جمله نواحی شمالی (آستارا تا گرگان) و مرکزی (کرمان، جیرفت و فارس) ایران معمول گردیده است.

آب نارنج یکی از فرآورده‌های پرمصرف نارنج بوده و دارای ظاهری بسیار دل‌چسب و عطر و طعمی کم‌نظیر است. آب نارنج دارای اسیدسیتریک، قند، صمغ، مواد معدنی و ویتامین‌ها بخصوص ویتامین C می‌باشد (شجاع‌چا غروند، ۱۳۴۹). عوامل مؤثر بر کیفیت این فرآورده نظیر رنگ، به علت میزان بالای ویتامین C در طی دوره نگهداری به شدت متأثر از شرایط محیطی است و تأثیر بسزایی در مشتری‌پسندی محصول دارد. استان گلستان نیز از مناطقی است که مردم آن تمایل بالایی جهت مصرف نارنج و آب نارنج داشته و این محصول را به صورت چاشنی (به جای آب‌لیمو) در کنار وعده‌های غذایی و یا به صورت شربت مصرف می‌کنند. از این رو آب‌گیری از نارنج به صورت دستی در این استان بسیار متداول است و در اکثر موارد به علت عدم رعایت شرایط مناسب نگهداری در منازل، آب نارنج دارای رنگ قهوه‌ای بسیار نامطلوب می‌گردد که به نظر می‌رسد این تغییر با کاهش ارزش غذایی بالأخص کاهش میزان ویتامین C همراه باشد (منتظر و نیاکوثری، ۱۳۹۱).

روش‌های نگهداری آبمیوه‌ها شامل تیمار حرارتی، انجماد، سرد کردن، تغلیظ (خشک‌کردن) و برای برخی از آبمیوه‌ها؛ شفاف‌سازی و صاف‌کردن می‌باشند. متأسفانه در طی تولید صنعتی (روش‌های حرارتی) بسیاری از ویژگی‌های ارگانولپتیک و خواص تغذیه‌ای آبمیوه دستخوش تغییر می‌شود و از کیفیت فراورده نهایی کاسته می‌شود.

۱-۳-۳- کدورت و شفافیت در آبمیوه

آبمیوه ممکن است به صورت شفاف یا کدر عرضه گردد که بستگی به مراحل تولید آن دارد؛ همچنین ممکن است حاوی مقداری شکر و آب یا فاقد آن‌ها و فقط دارای قند طبیعی باشد؛ ضمن اینکه امکان مخلوط کردن چند نوع آبمیوه سازگار و تولید یک فرآورده جدید وجود دارد (رشیدی، ۱۳۸۹).

۱-۳-۱- تعریف کدورت و شفافیت

کدورت و عدم شفافیت در آبمیوه به معنی وجود مواد جامد در مایع می‌باشد. برخی آبمیوه‌ها مانند آلبالو، انگور و سیب دارای حالت شفافیت پایدار و بعضی مانند آب‌پرتقال، گوجه‌فرنگی و نکتار زردآلو و هلو دارای حالت کدوری پایدار می‌باشند. شفافیت یا کدورت یک آبمیوه حاصل پخش مواد جامد در مایع، بسته به اندازه ذرات معلق، از عبور و یا شکست نور ناشی می‌شود. با توجه به قطر مواد حل‌شده، سه نوع محلول به نام‌های حقیقی، کلوئیدی و پراکنده وجود دارد. در محلول حقیقی مواد جامد به صورت یون هیدرولیز شده و یا به صورت مولکول کوچک در مایع پخش گردیده و اگر مدت‌زمان طولانی نیز نگهداری گردد، دو فاز نمی‌شود. ویژگی مشخصه محلول کلوئیدی پدیده تاندال می‌باشد. اگر از قسمت جانبی نور داده‌شده و به صورت عمودی به نور نگاه شود متوجه می‌شویم محلول شفاف نمی‌باشد. این پدیده با چشم قابل رؤیت نمی‌باشد، ولی در اصل مبین دوفاز بودن محلول است. در نوع پراکنده، به دلیل پخش اعظم نور، محلول به صورت کدر دیده می‌شود. در موقع نگهداری، ذرات متناسب با درشتی‌شان با سرعت معینی رسوب نموده و دو فاز جداگانه تشکیل می‌گردد (پیروزی فرد، ۱۳۷۸).

آبمیوه حاصل از پرس کردن مش (میوه له‌شده) سیستم نامنظم جامد در مایع بوده و قاعدتاً کدر می‌باشد. در داخل آن مواد بسیاری یافت می‌شود که هم به صورت حقیقی (ساکارز، گلوکز، فروکتوز، اسید مالیک، اسیدسیتریک و ...)، هم کلوئیدی (نشاسته، پروتئین، آرابان و ...) و هم پراکنده (پوست میوه، فیبر، بافت و ...) پخش شده‌اند. با یک سری فرآیندهای جداسازی مختلف می‌توان از حالت کدورت به شفافیت رسید. ذرات به صورت پراکنده به راحتی از هم جدا می‌شوند. برای این منظور استفاده از یک فرایند جداسازی فیزیکی (ته‌نشین سازی، سانتریفوژ کردن) نیز کافی خواهد بود. اما اگر

در سیستم ترکیبات کلوئیدی نیز وجود داشته باشد؛ ابتدا باید حلالیت ترکیبات کلوئیدی را از بین برد زیرا این مواد ترکیبات پراکنده را نیز به حالت معلق نگه داشته و از ته نشین شدن آنها جلوگیری می‌کنند (ویژگی محافظت کلوئیدی)، لذا قسمت اعظم فرایند شفاف‌سازی مربوط به ترکیبات کلوئیدی است. به‌طور کلی آبمیوه‌ها از نظر اجرا یا عدم اجرای فرایند شفاف‌سازی به دو نوع زلال (شفاف شده)، کدر (پالپ‌دار) و از نظر میزان میوه طبیعی محتوی (آبمیوه و یا پالپ) به سه گروه آبمیوه، نکتار میوه و شربت میوه تقسیم می‌شوند. میزان میوه طبیعی محتوی در گروه آبمیوه‌ها ۱۰۰ درصد، در گروه نکتار بسته به نوع میوه ۲۵ تا ۵۰ درصد و در گروه شربت میوه بین ۶ تا ۳۰ درصد متغیر می‌باشد. به نوشابه‌های شفاف، آبمیوه و به نوشابه‌های کدر عموماً نکتار می‌گویند (پیروزی فرد، ۱۳۷۸).

۱-۳-۲- شفاف‌سازی

شفاف‌سازی آبمیوه یک مرحله در صنعت فرآوری میوه‌جات است که دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد؛ زیرا کیفیت محصول نهایی مثل رنگ، طعم، آروما، ظاهر و احساس دهانی محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عملیات شفاف‌سازی عبارت است از تبدیل یک سیستم کدر به محلول حقیقی و یا جدا کردن ترکیبات پخش شده به حالت پراکنده و کلوئیدی از سیستم و حفظ ترکیباتی که به صورت حقیقی در سیستم حل شده‌اند. در صنعت آبمیوه، شفاف‌سازی شامل حذف رنگ نامطلوب، کدورت، تلخی، گسی، عطر و طعم نامطلوب می‌باشد (کاسانو و همکاران، ۲۰۰۳).

۱-۳-۳- ترکیبات عامل کدورت در آبمیوه‌ها

هنگام پرس کردن، قسمتی از ترکیبات موجود در میوه، در تفاله پرس باقی مانده و قسمت دیگر به آب پرس نفوذ می‌کنند. ترکیب‌هایی مانند پکتین، نشاسته، صمغ، پروتئین و ترکیبات فنلی باعث کدر شدن آبمیوه می‌شوند؛ برخی از این مواد، حتی پس از شفاف‌سازی و حین نگهداری آبمیوه، باعث ایجاد حالت ابری و کدر شدن آبمیوه می‌گردند (پیروزی فرد، ۱۳۷۸).