بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

موضوع:

اثر صمغ عربی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی توت فرنگی های آبگیری شده با اسمز

اساتید راهنما

دکتر میرخلیل پیروزی فرد **دکتر محمد علیزاده خالد آباد**

اساتید داور

دکتر فریبا زینالی **دکتر هادی الماسی**

نگارنده

روشنک رضایی

مهرماه ۹۳

سپاس خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت.

با درود فراوان به روح پر فتوح پدر بزرگوارم .....

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودش بیاسایم و از ریشه آن شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودش در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. مادری که بودنش تاج افتخاری است بر سرم و نامش دلیلی است بر بودنم.

ای مادر، ای شوق زیبای نفس کشیدن، ای روح مهربان هستی ام، تو رنگ شادی هایم شدی و لحظه ها را با تمام وجود از من دور کردی و عمری خستگی ها را به جان خریدی تا اکنون توانستی طعم خوش پیروزی را به من بچشانی...

و سپاس از برادرم که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

و تقدیر و سپاس فراوان از اساتید راهنمای فرهیخته و فرزانه دکتر میر خلیل پیروزی فرد و دکتر محمد علیزاده خالد آبادی که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، صحیفه های سخن را علم پرور نمودند و همواره کمک های بی شائبه شان راهنما و راه گشایم در اتمام و اکمال این پایان نامه بوده است.

و سپاس بیکران از دکتر فریبا زینالی و دکتر هادی الماسی که داوری این پایان نامه را قبول زحمت نمودند.

و با تشکر از کمک های بی دریغ دکتر اصغر خسروشاهی اصل، دکتر محسن اسمعیلی، مهندس رجبعلی خشایی، مهندس علیرضا حسین پور.

و دوستان عزیزم دکتر ویدا نیکویی، مهندس فاطمه ریاضی، مهندس شکوفه ملکی، مهندس نرجس نادعلی و ندا مومنی که در این مسیر مرا یاری نمودند و با صبر و شکیبایی و همراهی و همدلی شان مشکلات را برایم هموار ساختند و وجود پر مهرشان همواره تکیه گاه ایمنم بوده و هست.....

روشنک رضایی

مهر ۹۳

تقدیم به وجود با ارزشتان.....

چکیده

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر صمغ عربی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی توت‌فرنگی‌های آبگیری شده با اسمز بود. متغیرهای وابسته شامل غلظت عامل اسمزی(w/w ٪۶۰-۴۰)، زمان آبگیری(h ۴۸-۱۲) ، غلظت صمغ عربی(٪ ۲-۰) و زمان نگهداری(۴-۰ ماه) بودند. این آزمایش بر ا ساس فاکتوریل چهار سطحی حاوی نقاط مرکزی (central composite design) طراحی شـــده بود. آزمایشـــات انجام شـــده بر روی توت‌فرنگی‌های آبگیری شده و خشک شده با هوای داغ شامل اندازه‌گیری دانسیته، محتوای رطوبت، فعالیت آبی، pH، پارامترهای رنگ، بافت، آنتوسیانین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود. بر اساس نتایج به دست آمده، صمغ عربی اثر مثبتی را در حفظ رنگ و کاهش سفتی بافت نشان داد. به طور کلی نمونه‌های آبگیری شده در مقایسه با نمونه‌ی شاهد محتوای رطوبت ، میزان آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پایین‌تری را نشان دادند. علاوه بر این افزایش زمان آبگیری اثر منفی بر کیفیت محصـول نهایی داشـت. بهینه سـازی بر مبنای بیشترین میزان آنتوسیانین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کمترین میزان سفتی بافت محصول نهایی انجام پذیرفت. شرایط بهینه در نمونه های فرآوری شده در غلظت ساکارز ۵۵ در صد ، غلظت صمغ عربی ۱/۰۲ درصد ، زمان آب‌گیری ۲۱ ساعته و در طول ۴۲ روز نگهداری به دست آمد. در این نقطه، میزان آنتوسیانین کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بیشینه نیروی وارد شده به بافت به ترتیب برابر با mg/kg(dm) ۵۸۲/۱۴۸، ۷۹/۸۵ درصد و N ۱۱۸۵/۲ می باشد.

کلمات کلیدی: آبگیری اسمزی، توت‌فرنگی، صمغ عربی، روش سطح پاسخ.

فهرست مطالب

۱ فصل اول ۱
۲ فصل دوم ۳
۲-۱ توت‌فرنگی ۳
۲-۱-۱ تاریخچه توت‌فرنگی در ایران و جهان ۳
۲-۱-۲ میزان تولید توت‌فرنگی در ایران و جهان ۴
۲-۱-۳ ارزش غذایی توت‌فرنگی ۵
۲-۲ آبگیری اسمزی ۶
۲-۲-۱ عوامل موثر در فرایند آبگیری اسمزی ۷
۲-۲-۱-۱ خصوصیات محلول اسمزی ۷
۲-۲-۱-۲ دمای محلول اسمزی ۸
۲-۲-۱-۳ مدت زمان آبگیری اسمزی ۸
۲-۲-۱-۴ نسبت محلول اسمزی به میوه ۹
۲-۲-۱-۵ هم‌زدن محلول اسمزی ۹
۲-۲-۱-۶ ماهیت میوه مورد استفاده ۹
۲-۲-۱-۷ اندازه و شکل میوه ۹
۲-۲-۲ مزایا و معایب استفاده از آبگیری اسمزی ۱۰
۲-۳ صمغ عربی ۱۱
۲-۳-۱ ترکیبات شیمیایی صمغ عربی ۱۱
۲-۳-۲ خواص و کاربرد صمغ عربی ۱۲
۲-۴ خشک کردن با هوای داغ ۱۲
۳ فصل سوم ۱۴
۳-۱ مواد ۱۴
۳-۲ دستگاه‌های استفاده شده ۱۴
۳-۳ روش‌ها ۱۵
۳-۳-۱ آماده‌سازی محلول‌های اسمزی ۱۵

۲-۳-۳ آماده‌سازی نمونه‌های توت‌فرنگی ۱۵
۳-۳-۳ مرحله آبگیری اسمزی ۱۵
۴-۳-۳ مرحله خشک کردن با هوای داغ ۱۶
۵-۳-۳ اندازه‌گیری رطوبت ۱۶
۶-۳-۳ اندازه‌گیری رنگ ۱۶
۷-۳-۳ اندازه‌گیری pH ۱۷
۸-۳-۳ اندازه‌گیری فعالیت‌آبی ۱۷
۹-۳-۳ اندازه‌گیری بافت ۱۷
۱۰-۳-۳ اندازه‌گیری دانسیته ۱۷
۱۱-۳-۳ استخراج عصاره ۱۸
۱۲-۳-۳ سنجش آنتوسیانین کل با اسپکتروفتومتر ۱۸
۱۳-۳-۳ اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی ۱۹
۱۴-۳-۳ ارزیابی حسی ۱۹
۴-۳ طرح آماری ۱۹
۴ فصل چهارم ۲۱
۱-۴ رطوبت ۲۱
۲-۴ دانسیته ۲۲
۳-۴ PH ۲۳
۴-۴ فعالیت آبی ۲۵
۵-۴ بافت ۲۶
۶-۴ رنگ ۲۷
۱-۶-۴ نسبت a*/b* سطح داخلی ۲۷
۲-۶-۴ نسبت a*/b* سطح خارجی ۲۸
۳-۶-۴ شاخص کرومای سطح داخلی ۳۰
۴-۶-۴ شاخص کرومای سطح خارجی ۳۰
۵-۶-۴ شاخص روشنایی سطح داخلی ۳۱
۶-۶-۴ شاخص روشنایی سطح خارجی ۳۲

۴-۶-۷ شاخص قهوه‌ای شدن سطح خارجی ۳۴
۴-۶-۸ شاخص تغییر رنگ سطح داخلی ۳۵
۴-۶-۹ شاخص تغییر رنگ سطح خارجی ۳۵
۴-۷ آنتوسیانین کل ۳۶
۴-۸ فعالیت آنتی اکسیدانی ۳۸
۴-۹ ارزیابی حسی ۳۹
۴-۱۰ بهینه سازی فرایند ۳۹
۴-۱۱ نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها ۴۰
منابع و مآخذ ۴۱
پیوست و ضمائم ۴۶

فهرست اشکال

شکل ۴-۱ اثر متقابل مدت زمان آبگیری و زمان نگهداری بر محتوای رطوبت..... ۲۳
شکل ۴-۲ اثر غلظت ساکارز بر محتوای رطوبت..... ۲۳
شکل ۴-۳ اثر غلظت صمغ عربی بر مقدار pH..... ۲۴
شکل ۴-۴ اثر زمان نگهداری بر pH..... ۲۵
شکل ۴-۵ اثر غلظت ساکارز بر pH..... ۲۵
شکل ۴-۶ اثر غلظت ساکارز بر فعالیت آبی..... ۲۶
شکل ۴-۷ اثر زمان نگهداری بر فعالیت آبی..... ۲۶
شکل ۴-۸ اثر غلظت صمغ عربی بر ماکسیمم نیروی وارد شده به بافت..... ۲۷
شکل ۴-۹ اثر متقابل زمان نگهداری و زمان آبگیری بر ماکسیمم نیروی وارد شده به بافت..... ۲۸
شکل ۴-۱۰ اثر متقابل زمان آبگیری و زمان نگهداری بر نسبت a*/b* سطح داخلی..... ۲۹
شکل ۴-۱۱ اثر غلظت ساکارز بر نسبت a*/b* سطح داخلی..... ۲۹
شکل ۴-۱۲ اثر متقابل غلظت صمغ عربی و زمان نگهداری بر نسبت a*/b* سطح خارجی..... ۳۰
شکل ۴-۱۳ اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان آبگیری بر نسبت a*/b* سطح خارجی..... ۳۱
شکل ۴-۱۴ اثر زمان آبگیری بر شاخص کرومای سطح داخلی..... ۳۱
شکل ۴-۱۵ اثر متقابل غلظت صمغ عربی و زمان نگهداری بر شاخص کرومای سطح خارجی..... ۳۲
شکل ۴-۱۶ اثر مدت زمان آبگیری بر میزان شاخص کرومای سطح خارجی..... ۳۲
شکل ۴-۱۷ اثر مدت زمان آبگیری بر روشنایی سطح داخلی..... ۳۳
شکل ۴-۱۸ اثر غلظت ساکارز بر روشنایی سطح خارجی..... ۳۳
شکل ۴-۱۹ اثر متقابل غلظت ساکارز و صمغ عربی بر روشنایی سطح خارجی..... ۳۴
شکل ۴-۲۰ اثر زمان نگهداری بر روشنایی سطح خارجی..... ۳۴
شکل ۴-۲۱ اثر غلظت صمغ عربی بر شاخص قهوه‌ای شدن سطح خارجی..... ۳۵
شکل ۴-۲۲ اثر متقابل صمغ عربی و مدت زمان نگهداری بر قهوه‌ای شدن سطح خارجی..... ۳۵
شکل ۴-۲۳ اثر غلظت ساکارز بر شاخص تغییر رنگ سطح خارجی..... ۳۶
شکل ۴-۲۴ اثر زمان آب‌گیری بر شاخص تغییر رنگ سطح خارجی..... ۳۷
شکل ۴-۲۵ اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان نگهداری بر میزان آنتوسیانین کل..... ۳۸
شکل ۴-۲۶ اثر مدت زمان آبگیری بر آنتوسیانین کل..... ۳۸
شکل ۴-۲۷ اثر غلظت ساکارز بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی..... ۳۹
شکل ۴-۲۸ اثر مدت زمان آبگیری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی..... ۳۹
شکل ۴-۲۹ اثر زمان نگهداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی..... ۴۰

فهرست جداول

جدول ۲-۱ تولید جهانی توت‌فرنگی طی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷.....۵
جدول ۲-۲ ترکیبات تقریبی موجود در توت‌فرنگی.....۶
جدول ۳-۱ ویژگی‌های توت‌فرنگی تازه مورد استفاده در این پژوهش.....۱۴
جدول ۳-۲ طرح آماری مورد مطالعه.....۲۰
جدول ۱ آنالیز واریانس اثر متغیرها بر میزان رطوبت.....۴۶
جدول ۲ آنالیز واریانس اثر متغیرها بر میزان pH.....۴۷
جدول۳ آنالیز واریانس اثر متغیرها بر میزان نسبت a^*/b^* سطح داخلی.....۴۸
جدول ۴ آنالیز واریانس اثر متغیرها بر میزان نسبت a*/b* سطح خارجی.....۴۹
جدول ۵ آنالیز واریانس اثر متغیرها بر شاخص کرومای سطح داخلی.....۵۰
جدول ۶ آنالیز واریانس اثر متغیرها بر میزان کرومای سطح خارجی.....۵۱
جدول ۷ آنالیز واریانس اثر متغیرها بر میزان روشنایی سطح داخلی.....۵۲
جدول ۸: آنالیز واریانس اثر متغیرها بر روشنایی سطح خارجی.....۵۳
جدول ۹: آنالیز واریانس اثر متغیرها بر شاخص قهوه‌ای شدن سطح داخلی.....۵۴
جدول ۱۰: آنالیز وریانس اثر متغیرها بر شاخص قهوه‌ای شدن سطح خارجی.....۵۵
جدول ۱۱: آنالیز واریانس اثر متغیرها بر شاخص تغییر رنگ سطح داخلی.....۵۶
جدول ۱۲: آنالیز واریانس اثر متغیرها بر شاخص تغییر رنگ سطح خارجی.....۵۷
جدول ۱۳: آنالیز واریانس اثر متغیرها بر میزان آنتوسیانین کل.....۵۸
جدول ۱۴: آنالیز واریانس اثر متغیرها بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی.....۵۹

۱ فصل اول

مقدمه

نگهداری مواد غذایی پیشینه دیرینه دارد و قدمت آن نزدیک به تاریخ حیات انسان است. احتمالا خشک کردن، قدیمی‌ترین روش نگهداری مواد غذایی می‌باشد که انسان اولیه با مشاهده دانه‌های طبیعی خشک شده بر روی ساقه‌ها به آن دست یافته است. انسان اولیه در تقلید از این فرایند طبیعی، خشک کردن را به عنوان یک هنر عملی در مورد نگهداری سایر محصولات گیاهی، گوشت و ماهی توسعه داد. از تاریخچه‌ی خشک کردن مواد غذایی در ایران اطلاعات دقیقی در دست نیست. البته استفاده از روش‌های سنتی برای خشک کردن سبزی، میوه، چای، توتون، تنباکو، علوفه، ماهی و گوشت از دیرباز متداول بوده و امروزه نیز در بسیاری از نقاط کشور رایج می‌باشد(بی نام، ۱۳۷۲).

در صنعت مواد غذایی تمایل فزاینده‌ای برای توسعه روش‌های اقتصادی به منظور تهیه محصولات غذایی با ارزش تغذیه‌ای و حسی بالا[۱] وجود دارد.

به دلیل فساد پذیری میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده از فناوری‌های نوین برای جلوگیری از ضایعات قابل توجه پس از برداشت این محصولات بسیار ضروری به نظر می‌رسد (اثنی عشری و زکایی خسر و شاهی ۱۳۸۷). توت‌فرنگی یکی از محصولات سریع فاسد شونده و حساس به آسیب‌های مکانیکی و زوال فیزیولوژیکی بوده که دارای سرعت متابولیسم و تخریب سریع در طول مدت زمان نسبتاً کوتاه می‌باشد. هم‌چنین این میوه دارای مقادیر قابل توجهی ویتامین ث و ترکیبات فنولی است که در بدن انسان نقش آنتی‌اکسیدانی دارند. توت‌فرنگی دارای عمر انبارمانی کمی بوده و نمی‌توان آن را برای مدت زمان طولانی نگهداری کرد. در این راستا بعضی تیمارها برای افزایش عمر محصول برداشت شده و حفظ کیفیت توت‌فرنگی مورد استفاده قرار می‌گیرند (زنگ و همکاران ۲۰۰۸ و هرناندز- مونز وهمکاران ۲۰۰۸).

خشک کردن یکی از گسترده‌ترین روش‌های مورد استفاده برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌هاست. طی خشک کردن، برای رسیدن به یک فعالیت آبی نهایی که پایداری میکروبی محصول را تضمین کرده و تغییرات فیزیکی و شیمیایی را به حداقل رساند، درصد آب ماده غذایی کاهش می‌یابد (صیاد، ۱۳۸۴). کاهش وزن و حجم محصول تولید شده، هزینه حمل و نقل و انبارداری را کاهش داده و محصولات متنوعی

[۱] Organoleptic

تولید می شود. با پیشرفت علم، روش‌های گوناگون و دستگاه‌های متنوعی برای انجام عملیات خشک کردن ابداع شده‌است(ازهارول، ۲۰۰۵).

از آن‌جایی که کاهش رطوبت محصول با توجه به کاربرد دمای بالا و یا زمان طولانی، بروز برخی تغییرات شیمیایی و فیزیکی نامطلوب نظیر تغییرات رنگ، طعم، عطر، کاهش مواد مغذی، کاهش ظرفیت آبگیری مجدد و چروکیدگی محصول را به همراه دارد(لویسکی و همکاران، ۲۰۰۴)، انجام بهترین روش‌های خشک کردن و نیز انجام صحیح عملیات از اهمیت بسیاری برخوردار است. از این‌رو نگهداری غذا به منظور افزایش عمر انبارمانی آن با تضمین ایمنی و کیفیت، از جمله دغدغه‌های اصلی صنعت غذا به‌شمار می‌رود(یاداو و سینگ،۲۰۱۲). از سوی دیگر، درنتیجه تغییرات شیمیایی و تغذیه‌ای، فرآیند خشک کردن می‌تواند سبب افزایش یا کاهش شاخص‌های کیفی محصول گردد(تیمومی و همکاران،۲۰۰۷). خشک کردن مواد غذایی به ویژه میوه‌ها به کمک روش‌هایی مانند خشک کردن در آفتاب، خشک کردن با هوای داغ، خشک کردن با اشعه مایکروویو امکان‌پذیر است. خشک کردن توسط هوای داغ انرژی‌بر بوده و مقرون به صرفه نمی‌باشد. استفاده از عملیات پیش‌تیمار می تواند منجر به کاهش آب بافتی و سهولت انتقال جرم هنگام خشک کردن با هوا گردد(وحیده و همکاران، ۲۰۰۸).

فرایند آبگیری اسمزی می‌تواند به عنوان پیش‌تیمار جهت آبگیری اولیه، قبل از خشک کردن با هوای داغ، مورد استفاده قرار گیرد. فرایند آبگیری اسمزی عبارت است از خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی یا حیوانی به وسیله تماس مستقیم آن‌ها با یک محلول غلیظ مناسب(محلول‌های قندی یا نمکی و یا مخلوطی از قندها و نمک‌ها). در این فرایند بر اساس گرادیان غلظت به وجود آمده بین ماده غذایی و محلول ، دو جریان خلاف جهت هم به وجود می‌آید که موجب خروج آب از بافت محصول به سمت محلول و ورود مواد جامد از محلول به داخل بافت ماده غذایی می‌گردد . تحقیقات متعددی در مورد نحوه آبگیری اسمزی و تاثیر عوامل مختلف بر ویژگی‌های کیفی انجام شده است که بر تاثیر مثبت این پیش فرایند بر بهبود ویژگی های بافتی، رنگ و همچنین سایر خصوصیات کیفی تاکید شده است(تورگیانی و برتولو، ۲۰۰۱؛ فابیانو و همکاران، ۲۰۰۹).

آبگیری اسمزی و تأثیر متغیرهای فرآیند در میوه‌ها و سبزی‌های مختلف، به صورت تنها یا همراه با سایر روش‌های خشک کردن، به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است(آتارس و همکاران، ۲۰۱۱؛ دنگ و زهااو، ۲۰۰۸ ؛ چیرالت و همکاران، ۲۰۰۵ ؛ لومبارد و همکاران ۲۰۰۸؛ رودریگوئز و همکاران، ۲۰۰۳؛ سوسا و همکاران، ۲۰۱۰).

هدف اصلی از این پژوهش بررسی استفاده از محلول ساکارز و صمغ عربی در پیش‌تیمار فرایند خشک کردن توت‌فرنگی و بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حسی محصول در طی مدت نگهداری می‌باشد. تاکنون از صمغ عربی در پیش‌تیمار فرایند خشک کردن میوه‌ها استفاده نشده است.

۲ فصل دوم

کلیات و مروری بر منابع

۲-۱ توت‌فرنگی

توت‌فرنگی میوه‌ای نافرازگرا[۲] از نوع سته می‌باشد که محصول بوته‌های پایا و چندساله بوده و در سرتاسر جهان طرفداران زیادی دارد. سنگ تراشان قرون وسطی طرح توت‌فرنگی را به‌عنوان نماد کمال و عدالت روی محراب‌ها و سر ستون‌های کلیساها حک می‌کردند و در همان دوره استفاده از این میوه در مراسم و جشن‌های بزرگ به معنی تضمین صلح و عدالت مرسوم بوده است.

درباره نام توت‌فرنگی توضیحات مختلفی وجود دارد. بعضی‌ها معتقدند که این نام از عمل گذاشتن کاه(straw) در اطراف گیاه توت فرنگی(strawberry) برای حفاظت آن گرفته شده‌است. دیگران معتقدند که به ساقه‌های رونده اشاره می‌کند که از گیاه به اطراف انتشار می‌یابد. زیرا نام انگلیسی توت‌فرنگی ممکن است از فعل to strew (به معنی انتشار یافتن) مشتق شده باشد(پیوترپیسکی و همکاران،۲۰۰۴).

۲-۱-۱ تاریخچه توت‌فرنگی در ایران و جهان

توت‌فرنگی ریز میوه‌ای است نسبتا جدید که ۲۵۰ تا ۳۰۰ سال قبل ارقامی که دارای میوه‌های مشابه امروزی بودند و مورد کشت و مصرف قرار می‌گرفتند وجود نداشته است و آن‌چه تا آن زمان شناخته می‌شد توت‌فرنگی‌های ریز مو سوم به جنگلی بیشتر از نظر خواص دارویی مورد توجه بوده است. در قرن چهاردهم میلادی در فرانسه توت‌فرنگی‌های وحشی مستقیما از جنگل به زمین‌های زراعی منتقل شدند و از آن‌ها به‌عنوان یک گیاه اصلی استفاده گردید. در سال ۱۷۱۲ یک افسر فرانسوی نوعی توت‌فرنگی میوه درشت را که مقاوم به خشکی و حساس به سرما بوده از شیلی به فرانسه آورد و به همین مناسبت این توت‌فرنگی را به

[۲] Nonclimetric

نام شیلیایی نامیدند. در سال ۱۷۶۶ داچسن[۳] با تلاقی بین توت‌فرنگی های شیلی[۴] و ویرجینیایی[۵] توانست توت‌فرنگی آناناسا[۶] را به وجود بیاورد. به نظر می‌رسد که اولین رقم اصلاح شده توت فرنگی در زمان صدارت اتابک اعظم از فرانسه به ایران آورده شد و به همین نام اتابکی خوانده می‌شود.

۲-۱-۲ میزان تولید توت‌فرنگی در ایران و جهان

امروزه یکی از عمده‌ترین مناطق تولید توت‌فرنگی، ایالات متحده آمریکا و به خصوص ایالت کالیفرنیا می‌باشد. هر ساله در این ایالت بیش از ده هزار هکتار زمین زیر کشت توت‌فرنگی قرار گرفته و تولید هکتاری آن به طور متوسط بالغ بر ۵۲ تن می‌باشد. به‌طوری‌که ایالت کالیفرنیا به تنهایی بیش از ۸۰ درصد تولید توت‌فرنگی آمریکا را به خود اختصاص داده است(ال بلتاجی و همکاران، ۲۰۰۷).

سطح تولید جهانی و عمده کشورهای تولید کننده توت‌فرنگی در جدول ۲-۱ نشان داده شده است.

---

[۳] Duchesne

[۴] F.chiloensis

[۵] F.virginiana

[۶] Ananassa

جدول ۲-۱ تولید جهانی توت‌فرنگی طی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷ بر حسب تن‌متریک(FAO, 2007)

کشور	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷
آمریکا	۱۰۵۳۲۴۲	۱۰۹۰۴۳۶	۱۱۱۵۰۰۰
روسیه	۲۲۱۰۰۰	۲۳۵۵۰۰	۳۲۴۰۰۰
اسپانیا	۳۲۰۸۵۳	۳۳۳۵۰۰	۲۶۳۹۰۰
ترکیه	۲۰۰۰۰۰	۲۱۱۱۲۷	۲۳۹۰۷۶
کره جنوبی	۲۰۱۹۹۵	۲۰۵۳۰۷	۲۰۰۰۰۰
ژاپن	۱۹۶۲۰۰	۱۹۰۶۰۰	۱۹۳۰۰۰
لهستان	۱۸۴۶۳۷	۱۹۳۶۶۶	۱۶۸۲۰۰
مکزیک	۱۶۲۶۲۷	۱۵۴۸۹۳	۱۶۰۰۰۰
آلمان	۱۴۶۵۰۰	۱۷۳۲۳۰	۱۵۳۰۰۰
مصر	۱۰۰۰۰۰	۱۰۵۰۰۰	۱۰۴۰۰۰
مراکش	۱۱۸۶۰۰	۱۱۲۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
بریتانیا	۶۸۶۰۰	۶۵۹۰۰	۶۶۰۰۰
اوکراین	۴۶۲۰۰	۴۷۸۰۰	۶۳۰۰۰
ایتالیا	۱۴۶۷۶۹	۱۳۱۳۰۵	۵۷۶۷۰
فرانسه	۵۷۶۳۷	۵۷۲۲۱	۵۷۵۰۰
جمع جهانی	۳۷۸۹۷۰۱	۳۹۰۸۹۷۸	۳۸۲۲۹۸۹

۲-۱-۳ ارزش غذایی توت‌فرنگی

توت‌فرنگی یکی از مهم‌ترین و خوش طعم‌ترین میوه‌ها در دنیا است. این میوه سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی بوده و ارزش غذایی بالایی دارد. آب میوه توت‌فرنگی به طور متوسط بیش از پرتقال دارای ویتامین ث بوده و ۲۰ در صد نیاز روزانه به ا سیدفولیک را تامین می‌نماید. تقریبا می‌توان گفت فاقد چربی ا ست و مقدار قابل ملاحظه‌ای فیبر دارد. ترکیبات غذایی موجود در میوه توت‌فرنگی در جدول ۲-۲ ارائه شده است.

جدول ۲-۲: ترکیبات تقریبی موجود در توت‌فرنگی

نوع ترکیب شیمیایی	مقدار	نوع ترکیب شیمیایی	مقدار
آب	٪۸۷	پتاسیم	٪۰,۷
اسید های مختلف	٪۰,۹۳	کلسیم	٪۰,۰۵
قند	٪۶,۳۸	اسید فسفریک	٪۰,۰۵
خاکستر	٪۰,۸۱	گوگرد	٪۰,۰۱
سلولز	٪۲,۳	کلر	٪۰,۰۱
ویتامین C	۶۰-۱۰۰ Mg/100gr	ویتامینK	۰,۹ Mg/100g
ویتامین B	۰,۳ Mg/100g	ویتامین A	۰,۸ Mg/100g

۲-۲ آبگیری اسمزی

در سال‌های اخیر، فرآیند آبگیری اسمزی به دلیل امکان کاربرد در صنعت فرآوری غذا برای آبگیری جزئی مواد غذایی به ویژه میوه‌ها و سبزی‌ها، توجّه قابل ملاحظه‌ای را به خود معطوف کرده ا ست. این روش عموماً به عنوان فرآیندی مستقل یا یک پیش فرآیند خشک کردن در راستای کاهش مصارف انرژی و بهبود کیفیت غذا به کار می رود(باررا و همکاران، ۲۰۰۷). عملیات حذف آب و پروسه آبگیری، مراحل مهمی در صنایع غذایی هستند که با کاهش فعالیت آبی موجب پایداری مواد غذایی می‌گردند. در فرایند ابگیری ا سمزی کاهش آب بافت ماده غذایی ا صطلاحا water loss و جایگزین شدن عامل ا سمزی در بافت مده غذایی راsolid gain می‌نامند. هدف ا صلی در این پرو سه، حذف آب در مادّه جامد تا ر سیدن به سطحی است که فساد میکروبی و واکنش‌های شیمیایی مخرب به حداقل برسد. مطابق گزارش‌های متعدد دانشمندان مختلف، فرآیند پسابش اسمزی یکی از روش‌های آبگیری معرفی شده است که با انتقال آب به خارج از بافت، بهترین کیفیت ممکن را در فرآوردهای غذایی بدون تغییر فاز ایجاد می‌کند. در این فرآیند از روش تغلیظ ترکیبات جامد ماده غذایی به ویژه میوه‌جات و سبزیجات در محلول‌های غلیظ مانند ساکاریدها، کلرید سدیم، سوربیتول و... ا ستفاده می شود. و به ا ستناد به نتایج ب سیاری از نوی سندگان، کیفیت میوه‌ها و سبزی‌های خشک شده با جریان هوا یا به روش انجمادی توسط یک مرحله پیش فرآیند آبگیری اسمزی بهبود می یا بد(عبّاس و هم کاران، ۲۰۰۳؛ فر نا ندس و هم کاران، ۲۰۰۶؛ فیتو و چیرا لت، ۲۰۰۱؛ کروک یدا و همکاران،۲۰۰۰؛ پیوتروسکی و همکاران،۲۰۰۴؛ پروتون و همکاران،۲۰۰۱؛ تالنس و همکاران، ۲۰۰۱؛ تورینجا و همکاران، ۲۰۰۱).

پسابش اسمزی را می توان به‌عنوان حذف جزئی آب موجود در میوه‌ها یا سایر مواد به روش اسمز تعریف کرد که مستلزم غوطه‌وری نمونه‌ها برای مدّت زمان معین در یک محلول با فعالیت آبی کمتر از ماده غذایی و فشار اسمزی بالا می باشد(یاداو و سینگ، ۲۰۱۲).

شـایان ذکر اسـت که در طول فرآیند پسـابش اسـمزی به‌طور همزمان دو جریان مهم و مخالف هم رخ می‌دهد: جریان اول، جریان آب از درون نمونه‌ها به‌سوی محلول اسمزی است (water loss) و جریان دوّم، نفوذ ترکیب اسمزی از محلول اسمزی به سوی محلول(solid gain) می‌باشد. هم‌چنین، جریان دیگری هم وجود دارد که چندان قابل توجّه نمی‌باشد، بدین ترتیب که موادی از قبیل ویتامین ها، اسیدهای آلی، قندها و نمک های معدنی از نمونه به‌سـوی محلول جریان می‌یابند. هرچند که این جریان سـوّم در تغییرات وزنی محصـول مهم نیسـت، امّا می‌تواند ارزش غذایی و ویژگی‌های حسـی محصـول نهایی را تحت تأثیر قرار دهد(خین و همکاران، ۲۰۰۵). در فرآیند اسمزی حداقل آسیب به کیفیت محصول وارد می‌شود که علّت آن استفاده از یک تیمار ملایم در دمای نسبتا کم(تا حدود ۵۰ سانتی گراد) است. در این دما خصوصیات نیمه تراوایی غشـای سـلول تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد. هم‌چنین دمای ملایم در حفظ رنگ و طعم ماده‌ی غذایی مؤثر است. در نتیجه محصول خصوصیات تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی خوبی خواهد داشت.

در فرآیند آبگیری اسمزی محصولی با مقدار رطوبت پایین که بتواند مقاوم و پایدار باشد، تولید نمی‌شود. در نتیجه به عنوان یک پیش تیمار در فرآیند تکمیلی دیگری نظیر خشـک کردن توسـط هوا، انجماد ، مایکروویو و آفتاب برای بدست آوردن محصولی پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۲-۱ عوامل موثر در فرایند آبگیری اسمزی

در سال‌های اخیر، عوامل مؤثر بر آبگیری اسمزی به‌طور گسترده‌ای مورد برر سی قرار گرفته‌اند. علاوه بر سـاختار ماده که عاملی تأثیرگذار بر این فرآیند می‌باشـد، انتقال جرم به متغیرهای فرآوری از قبیل درجه حرارت، مدّت زمان، غلظت محلول اسمزی، ترکیب محلول اسمزی(وزن مولکولی، ماهیت و حضور یون ها) و نسـبت ماده به محلول اسـمزی نیز بسـتگی دارد(رائولت- واک و همکاران،۱۹۹۱). عوامل مؤثر بر فرآیند آبگیری اسمزی در این بخش به اجمال بررسی شده‌اند.

۲-۲-۱-۱ خصوصیات محلول اسمزی

نوع محلول اسـمزی و سـینتیک water loss، solid gain و مقدار آب موازنه شـده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. انتخاب نوع و غلظت محلول اسمزی وابسته به فاکتورهای مختلفی است. مهّم ترین فاکتورها، ارزیابی ارگانولتیکی محصول نهایی، حلالیت و قیمت عامل اسمزی است. موادی که بتوانند فشار اسمزی ایجاد کنند، به عنوان عامل اسـمزی در نظر گرفته می‌شـوند. این مواد یا به صـورت تنها یا ترکیبی در فرآیند آبگیری اسمزی به کار می روند. عامل اسمزی باید فعالیّت آبی را کاهش دهد. هم‌چنین، باید مؤثر، غیر سمّی و دارای طعمی خوب باشد. باید به سادگی در آب حل شود تا محلولی با غلظت بالا را تشکیل دهد. نباید با محصول واکنش دهد و نیز باید ارزان با شد(یاداو و سینگ، ۲۰۱۲). نیروی محرکه‌ای که برای انتقال جرم لازم ا ست، تحت تاثیر محلول اسـمزی اسـت. عوامل اسـمزی نمک های غیرآلی از قبیل کلرید سـدیم، کلریدکلسـیم، منوهیدروکسیل اتانول و ترکیبات پلی هیدروکسیل از قبیل ساکارز، لاکتوز، مالتودکسترین، شربت ذرت با فروکتوز بالا و ... هستند. بسیاری از نویسندگان ادعا کرده اند که به کاربردن ترکیبی از چند عامل ا سمزی

نتایج بهتری در پی داشته است (هپینگ، ۲۰۰۵). کایماک-ارتکین و سلطانوغلو (۲۰۰۰) به این نتیجه رسیدند که ترکیبی از ساکارز و دکستروز هنگامی که غلظت دکستروز در مخلوط افزایش می یابد، موجب افزایش سرعت آبگیری می گردد. در موارد متعدّدی از ساکارز به عنوان محلول اسمزی استفاده شده است که علت آن اثر خوب ساکارز، قیمت پایین، دسترسی بالا به آن و طعم مطلوبش است. از روزگار کهن، کربوهیدرات‌ها جزئی از رژیم غذایی بشر را تشکیل داده اند. ساکارز در محلول فشار اسمزی بالایی را ایجاد می‌کند و از این رو، فعالیّت آبی را کاهش می‌دهد که عامل مهّمی در نگهداری مواد غذایی می‌باشد(هپینگ، ۲۰۰۵). ساکارز به ویژه هنگامی که از فرآیند آبگیری اسمزی جهت پیش فرآیند سایر روش‌های خشک کردن استفاده می شود، به عنوان بهترین مادّه اسمزی در نظر گرفته می شود. وجود ساکارز در سطح نمونه خشک شده از تماس آن با اکسیژن جلوگیری نموده و موجب کاهش واکنش‌های قهوه‌ای شدن می شود. از نقطه نظر طعم نیز ساکارز مورد قبول است، هر چند که شیرینی حاصل از آن در برخی از فرآورده ها عاملی نامطلوب تلقی می شود(طهماسبی، ۱۳۸۴).

فرناندز و همکاران در سال ۲۰۰۶ گزارش کردند که زمانی که از شربت ذرت با فروکتوز بالا استفاده شد، میزان نفوذ به داخل تکّه‌های میوه در مقایسه با ساکارز بیشتر بود. شربت ذرت با فرکتوز بالا به دلیل میزان نفوذ بالای خود، آب بیشتری را از سلول‌ها خارج کرد. میوه‌های فرآیند شده با شربت ذرت با فروکتوز بالا حلالیت آبی کمتری داشتند. با این حال در ارزیابی حسی، داوران نمونه های اسمز شده با ساکارز را ترجیح دادند.

اندازه‌ی مولکولی محلول اسمزی نیز نقش مهمّی در فرآیند اسمزی دارد. در محلول‌های اسمزی با غلظت اولّیه یکسان، محلول‌هایی با وزن مولکولی بالا، سرعت خروج آب بیشتر و انتقال مواد جامد کمتر به علت نفوذ کمتر مواد جامد محلول نسبت به محلول‌هایی با وزن مولکولی کمتر دارند. نشان داده شده است که میزان نفوذ مواد جامد محلول به طور مستقیم وابسته به غلظت محلول اسمزی و به طور معکوس وابسته به اندازه ملوکولی است.

لریسی و همکاران (۱۹۸۳) اثر عوامل اسمزی را روی رفتار خشک کردن و کیفیت میوه سیب مطالعه کردند. آنها گزارش کردند که از دست دادن رطوبت و فعالیّت آبی محصول نهایی نه تنها به فعالیّت آبی محلول اسمزی بستگی دارد، بلکه هم‌چنین، ترکیب شیمیایی شربت بر کیفیت محصول نهایی مؤثر است. غلظت محلول اسمزی یکی از عوامل مهّم در فرآیند اسمزی است. خروج آب از ماده‌ی غذایی با افزایش غلظت محلول اسمزی افزایش می یابد.

۲-۲-۱-۲ دمای محلول اسمزی

سرعت فرآیند اسمزی بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر دما ست. دما یکی از مهمترین پارامترهایی است که سینتیک water loss و solid gain را تحت تأثیر قرار می‌دهد. Water loss با افزایش دما افزایش می‌یابد، درحالی که solid gain کمتر تحت تأثیر دما ست، که علّت آن تفاوت های انتشار نا شی از تفاوت میان جرم مولی آب و عامل اسمزی است. در دمای بالا، مواد محلول به راحتی آب نمی‌توانند از غشای سلول انتشار یابند. افزایش دما تا حد معینی باعث افزایش پدیده اسمز می شود(یاداو و سینگ،۲۰۱۲). در مورد

سبزی‌ها و میوه‌ها دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد مطلوب نیست و بر روی خصوصیات بافتی میوه مثل غشای سلولی و همچنین بر روی اسید آسکوربیک، رنگ و محتوای کلروفیل اثر منفی دارد. افزایش دما موجب اختلال در انبساط غشای پروتوپلاسمی شده و در نتیجه تجزیه حرارتی و نرم شدن بافت را به همراه دارد. از طرف دیگر در دماهای پایین، انحلال مواد محلول در محلول اسمزی و همچنین انتقال جرم به دلیل ویسکوزیته پایین مطلوب نخواهد بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت محدوده‌ی دمایی مطلوب به دلیل اختلالات بافتی متفاوت است. دمای اپتیمم به خصوصیات ماده غذایی از جمله میزان تحمل حرارتی بافت و پایداری حرارتی غشای سلولی وابسته است. استیانگ و لماگر (۱۹۹۲) سینتیک‌های آبگیری میوه توت‌فرنگی در محلول ساکارز را در دمای ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی گراد مقایسه کردند. آنها اشاره داشتند که دماهای بالاتر بر کاهش رطوبت و دریافت مواد قندی به طور معناداری مؤثر است.

۲-۲-۱-۳ مدّت زمان آبگیری اسمزی

زمان تابعی از عوامل اسمزی مؤثر نظیر دما، غلظت، نسبت محلول به مادّه غذایی و هم‌زدن، شکل و اندازه قطعات ماده غذایی است. زمان با افزایش دما، غلظت محلول اسمزی، نسبت محلول به ماده غذایی و هم‌زدن کاهش می یابد. هنگامی که غلظت محلول اسمزی ثابت نگه داشته شود، افزایش در زمان غوطه‌وری سبب افزایش حذف آب می شود. اگر چه با افزایش زمان میزان حذف آب زیاد می شود ولی سرعت water loss کاهش می‌یابد. از طرف دیگر solid gain با افزایش زمان غوطه‌وری افزایش می یابد. حداکثر انتقال جرم در فرآیند اسمزی طی ۱ یا ۲ ساعت اولیه این فرآیند اتفاق می‌افتد. میزان از دست دادن رطوبت و دریافت ترکیب اسمزی در ساعت‌های ابتدایی فرآیند بیشترین مقدار را دارد. از دست دادن سریع رطوبت در ابتدای فرآیند به دلیل نیرو محرکه اسمزی بزرگی است که بین محلول و ماده وجود دارد(هپینگ، ۲۰۰۵).

۲-۲-۱-۴ نسبت محلول اسمزی به میوه

نسبت محلول اسمزی به میوه را می‌توان به عنوان وزن محلول مورد نیاز در واحد وزنی ماده غذایی تیمار شده تعریف کرد. هم خروج آب و هم جذب مواد جامد با افزایش در نسبت محلول اسمزی به ماده غذایی افزایش می‌یابد. از آن‌جا که نسبت‌های کم منجر به تغییرات معنادار در ترکیب محلول خواهد شد، بنابراین اغلب از نسبت‌های بالاتر استفاده می‌شود(هپینگ، ۲۰۰۵).

۲-۲-۱-۵ هم‌زدن محلول اسمزی

نتایج حاصل از مطالعات انجام گرفته حاکی از آن بودند که هم‌زدن محلول موجب کاهش وزن بیشتر محصول می‌گردد(ماورودیس و همکاران، ۱۹۹۸). هم‌زدن باعث کاهش مقاومت در برابر انتقال جرم در سطح می‌شود. هرچند که هم زدن ممکن است مشکل باشد و به نمونه صدمه بزند. بنابراین سیرکوله کردن شربت که ساده و کاملاً مؤثر است، پیشنهاد شده است(یاداو و همکاران، ۲۰۱۲). سرعت فرآیند می‌تواند توسط هم‌زدن اسمزی افزایش یابد. نمونه های هم‌زده شده دارای کاهش وزن بیشتری هستند. برای یکنواخت نمودن دما در کل محلول اسمزی، یکنواختی میزان حذف آب و میزان جذب مواد جامد و نیز برای از بین

بردن لایه مرزی جهت انتقال بهتر دما، هم‌زدن ضروری است. اثر هم‌زدن وابسته به نسبت جرمی محلول اسمزی به میوه و هم‌چنین غلظت محلول اسمزی است. حذف آب در جریان متلاطم از جریان ملایم بیشتر است. در نتیجه با هم‌زدن محلول اسمزی و ایجاد جریان متلاطم نسبت حذف آب به جذب مواد جامد افزایش می‌یابد.

۲-۲-۱-۶ ماهیّت میوه مورد استفاده

بدیهی است که از water loss و solid gain به ویژگی های ماده اولیّه بستگی دارد. فشردگی بافت میوه، میزان اولیّه مواد جامد محلول و نامحلول، فضاهای بین سلولی و ... از جمله عوامل تأثیرگذار بر فرآیند هستند(برات و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۲-۱-۷ اندازه و شکل میوه

شکل هندسی و اندازه ماده غذایی به علت اثر بر روی انتقال جرم نقش مهمّی دارد. علت این امر تغییر سطح سلول در واحد حجم یا جرم و همچنین تغییر طول انتشار آب و مواد محلول است. سطح ماده غذایی نقش مهمّی در خصوصیات انتقال جرم دارد. برش‌های نازک می‌توانند سریع‌تر از برش‌های ضخیم اشباع شوند زیرا در نمونه های نازک‌تر آب فاصله‌ی کوتاه‌تری برای خروج از قسمت‌های مرکز دارد. نسبت‌های بالاتر سطح به حجم منجر به سرعت‌های بالاتر آبگیری اسمزی می‌گردد. نیونهیوجزن در سال ۲۰۰۱ گزارش کرد که کاهش رطوبت و دریافت ترکیب اسمزی با کاهش اندازه ذره تحت شرایط های فرآوری یکسان، افزایش می‌یابد.

۲-۲-۲ مزایا و معایب استفاده از آبگیری اسمزی

از مهم‌ترین فواید کاربرد تیمار اسمزی، حفظ مواد مغذی و ارزش غذایی در محصول در نتیجه کاهش مدت زمان حرارت دهی و پایین بودن درجه حرارت پروسه می‌باشد. طولانی بودن فرایند خشک کردن و استفاده از درجه حرارت بالا موجب اثرات سوء بر روی مواد مغذی و تخریب پروتئین‌ها و از دست رفتن ویتامین‌ها و ترکیبات حساس به حرارت می شود. با به کارگیری تیمار اسمزی می‌توان این اثرات سوء را به حداقل رساند. هم‌چنین از آن‌جائیکه با آبگیری اسمزی بافت ماده غذایی از قرار گرفتن در معرض اکسیژن دور می‌شود، می‌توان از قهوه‌ای شدن و اثرات نامطلوب واکنش بافت با اکسیژن جلوگیری نمود.

در ارتباط با شکل ظاهری فراورده نهایی نیز، از آن‌جائیکه با نفوذ مواد جامد محلول، جاهای خالی ناشی از خروج آب از بافت پر می‌شوند، چروکیدگی محصول به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. علاوه بر این موارد ذکر شده، امکان ایجاد فرمولاسیون در محصول نهایی با شیرین کردن یا شور کردن ماده غذایی در تیمار اسمزی فراهم می‌شود. صرفه جویی در مصرف انرژی نیز از دیگر مزایای به کارگیری پیش تیمار آبگیری اسمزی است.

اگرچه در حین آبگیری اسمزی آب درون بافت به محلول اسمزی وارد می‌شود، اما ترکیبات معطر و برخی ترکیبات محلول در آب و یا ترکیباتی که دارای ضریب انتشار بالایی هستند نیز می‌توانند از ماده غذایی