



اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین در علوم مهندسی

۱۷ تا ۱۸ آذرماه ۱۳۹۵

دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند

نقش و اهمیت فرآیند انجماد در حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی

مریم سجادی فر^۱، عبدالرضا آقاجانی^۱

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات، محلات ۳۷۸۱۹۵۸۵۱۴، ایران

۲- Maryam.sajadifar@yahoo.com

چکیده

تاریخ نگهداری مواد غذایی با تاریخ پیدایش انسان و تغذیه وی همراه بوده، و یکی از بزرگ ترین مشکلات اکولوژیکی را تشکیل داده است. به طور کلی عوامل مؤثر در فساد مواد غذایی شامل: سرما، گرما، رطوبت، خشکی، نور، هوا (اکسیژن)، موجودات ذره بینی (باکتری ها، قارچ ها، کپک ها)، حشرات می باشند. روش های مختلف نگهداری عبارتند از: حرارت دادن، خشک کردن، تبخیر و تغلیظ، با استفاده از نمک، قند، مواد افزودنی، ترکیبات شیمیایی، تشعشع و پرتو دهی، سرما و انجماد است که در این راستا استفاده از تکنیک انجماد یکی از آسان ترین، قابل قبول ترین و ملایم ترین اصول نگهداری مواد غذایی است که می تواند تأثیر زیادی بر کیفیت محصول داشته باشند و باعث می شود ترکیبات مغذی موجود در مواد غذایی با کمترین تغییر برای مدت نسبتاً طولانی حفظ شود، طعم، بافت و کیفیت تغذیه ای ماده غذایی کمتر تغییر کند، از رشد و نمو موجودات ذره بینی جلوگیری کرده و فعالیت آنها را متوقف می کند و رنگ، عطر، طعم و ارزش غذایی محصول حفظ می شود. بنابراین نسبت به سایر روش های نگهداری افت کیفیت کمتر خواهد بود و این روش یکی از بهترین روش های نگهداری مواد غذایی محسوب می شود.

کلمات کلیدی: انجماد، میکروارگانیزم ها، دما، آنزیم، سرما.

نوین در
علوم
مهندسی



۱- مقدمه

بشر به منظور نگهداری مواد غذایی برای سایر فصول همواره با مشکلاتی مواجه بوده و حیوانات، جوندگان، حشرات و سرانجام باکتری‌ها، قارچ‌ها و کپک‌ها همیشه باعث از بین رفتن یا آلودگی غذای انسان‌ها بوده‌اند. گرمای ۲۰ تا ۴۰ درجه بهترین دما برای رشد میکروب‌ها بر روی مواد غذایی و در نتیجه فساد آنها می‌باشد. به طور کلی عوامل مؤثر در فساد مواد غذایی شامل: سرما، گرما، رطوبت، خشکی، نور، هوا، موجودات ذره بینی، حشرات، آفات و جوندگان می‌باشند. طبقه بندی مواد غذایی براساس نحوه فساد پذیری بر اساس مقاومت در مقابل فساد، غذاها را به سه گروه تقسیم می‌کنند: مقاوم یا فساد ناپذیر، نیمه مقاوم، فسادپذیر. بیشتر غذاها در این سه گروه قرار می‌گیرند [۱]. بیشتر آلودگی مواد غذایی در اثر بی احتیاطی در مراحل مختلف تهیه تا هنگام مصرف به وجود می‌آید روش های مختلف نگهداری شامل: نگهداری به وسیله حرارت دادن، خشک کردن، تبخیر و تغلیظ، با استفاده از نمک، قند، مواد افزودنی، ترکیبات شیمیایی، تشعشع و پرتودهی، سرما و انجماد است. امروزه مردم خواستار مواد غذایی هستند که سالم و ویژگی های تغذیه ای آنها حفظ شده باشد در این راستا استفاده از تکنیک انجماد برای نگهداری محصولات کشاورزی با کیفیت هر چه بیشتر در جهت افزایش حجم صادرات بسیار مورد توجه قرار گرفته است. انجماد به معنای کاهش دمای مواد غذایی تا متبلور شدن آب ماده غذایی می‌باشد. ایران از جمله کشورهای پیشکسوت در امر استفاده از سرما به منظور نگهداری مواد غذایی است. سرما و انجماد واکنش های شیمیایی و فعالیت آنزیمی مواد غذایی را به تأخیر انداخته و سبب توقف یا کاهش رشد و تکثیر میکروارگانیسم ها می‌گردد [۲،۳]. بنابراین در جهت رفع محدودیت هایی نظیر کوتاه بودن مدت برداشت، ماندگاری پایین به صورت تازه و کمک به حفظ خصوصیات تغذیه ای و افزایش صادرات، نگهداری محصولات با کیفیت هرچه بهتر با اهمیت ارزیابی می‌گردد [۲،۴].

۲- فرآیند انجماد

هزاران سال است که مواد غذایی به دلیل کیفیت بالای مواد منجمد با این روش نگهداری می‌شوند [۵]. منجمد کردن باعث می‌شود ترکیبات مغذی موجود در مواد غذایی با کمترین تغییر برای مدت نسبتاً طولانی حفظ شود و از رشد و نمو موجودات ذره بینی جلوگیری و فعالیت آنها را متوقف می‌کند. بنابراین روش های مختلف انجماد به وجود آمده اند که هدف آنها حفظ هر چه بهتر کیفیت مواد غذایی می‌باشد [۶]. در روش انجماد دمای محصول به زیر نقطه انجماد آن رسانده می‌شود [۷]. از این رو تازگی، رنگ، عطر، طعم و ارزش غذایی محصول حفظ می‌شود [۸]. نوع ماده خام، استفاده از پیش فرآیند قبل از انجماد، روش انجماد و فرآیندهای بعد از انجماد و رفع انجماد از جمله عوامل تأثیرگذار بر کیفیت مواد غذایی منجمد شده می‌باشند [۹،۱۰]. استفاده از سرما در نگهداری مواد غذایی دارای سه مفهوم می‌باشد: نگهداری در سرداب، سرد کردن و انجماد. اساس این روش، نگهداری طولانی مدت ماده غذایی در دمای زیر صفر (عموماً ۱۸- درجه سانتی گراد) است. که باعث به تعویق افتادن واکنش های شیمیایی و آنزیمی و آهسته تر شدن رشد و نمو میکروارگانیسم‌ها می‌گردد و با کاهش درجه حرارت، رشد میکروارگانیسم‌ها به مطلق متوقف نمی‌شوند. بنابراین انجماد به هیچ وجه یک روش استریلیزاسیون محسوب نمی‌شود بلکه انجماد عملاً آب را به فرم کریستاله درآورده و سبب کاهش aw و کاهش رشد و نمو میکروارگانیسم‌ها می‌شود. حداکثر مرگ و میر میکروارگانیسم‌ها در روش انجماد حدود ۸۰-۵۰ درصد می‌باشد. علت این امر اختلالات متابولیک در میکروارگانیسم‌ها و افزایش نیازهای غذایی آنها، افزایش غلظت مواد در بخش غیر منجمد و در نتیجه دناتوراسیون پروتئین‌های بافتی می‌باشد. درصد میکروارگانیسم‌هایی که در اثر انجماد از بین می‌روند تابع عوامل مختلفی است. باکتری های میله ای حساس تر از کوکسی‌ها و انواع بیماری زا حساس تر از غیر بیماری زا ها و انواع غیر اسپورزا حساس تر از انواع اسپورزا می‌باشند. باکتری‌ها در محدوده دمایی بین ۱- تا ۵- درجه سانتی گراد با سرعت

بیشتری منهدم می‌شوند. نوسانات دمایی در طی انجماد نیز عامل مهمی است. اگر درجه حرارت مورد استفاده فاقد نوسان باشد تعداد بیشتری از میکروارگانیسم‌ها در طی انجماد در اثر اختلالات متابولیکی و گرسنگی مزمّن از بین می‌روند. از دیگر عوامل مهم، نوع و ترکیب شیمیایی ماده غذایی است. در این رابطه ترکیباتی مثل شکر، نمک، پروتئین و چربی نقش محافظتی داشته ولی PH پایین سبب تسریع مرگ و میر میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. [۱۱،۱۲]. کیفیت مواد اولیه از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا کیفیت ماده غذایی منجمد، بهتر از کیفیت آن قبل از انجماد نخواهد بود. براساس سرعت منجمد کردن، انجماد به چهار روش انجماد کند، انجماد تند، انجماد ناگهانی و انجماد فوق ناگهانی تقسیم می‌شوند. انجماد مواد غذایی می‌تواند کند صورت بگیرد که در این حالت دما معمولاً بین ۳۰- تا ۱۵- درجه سانتی گراد و ۳ تا ۷۲ ساعت طول می‌کشد تا ماده غذایی منجمد گردد. در انجماد سریع دمای مورد استفاده بین ۴۵- تا ۱۷- درجه سانتی گراد و ماده غذایی سریع در ۳۰ دقیقه یا کمتر منجمد می‌شود. انجماد سریع مواد غذایی موجب می‌شود کریستال های یخ تشکیل شده کوچک تر باشند و در نتیجه آسیب کمتری به سلول های ماده غذایی وارد می‌شود. قسمت مایع ماده غذایی سریع تر جامد می‌شود. غیر فعال شدن رشد میکروارگانیسم‌ها و فعالیت های آنزیمی سریع تر انجام می‌گیرد، در نتیجه وقتی ماده غذایی از حالت انجماد خارج می‌شود از کیفیت بالاتری برخوردار می‌باشد. در انجماد کند کریستال‌های یخ درشت تری ایجاد می‌شود که موجب آسیب به سلول‌ها و پاره شدن آنها می‌شود و قسمتی از آب موجود در سلول خارج شده و غلظت مواد محلول داخل سلول افزایش می‌یابد. در اثر افزایش غلظت مواد محلول داخل سلولی، پروتئین‌ها دناتوره و پدیده ترسیب رخ می‌دهد و سینرزیس و تغییرات غیر قابل برگشتی در سیستم های کلونیدی و امولسیون رخ می‌دهد [۱۰،۱۳].

۳- اهداف نگهداری مواد غذایی به روش انجماد

امکان قابلیت مصرف محصولات فصلی در سایر فصول با همان طراوت و شادابی، ارضای مصرف کننده از نظر دسترسی به مواد غذایی آماده، کاهش تغییرات ناشی از رفع انجماد محصولات غذایی، کاهش زمان انجماد به ۱۰-۵ دقیقه و افزایش سرعت عملیاتی تولید، حفظ بافت، رنگ، عطر و طعم و ارزش تغذیه ای محصول، حفظ خواص ظاهری، ارگانولیپتیک و تغذیه ای محصولات در حد تازه به دلیل نوع انجماد، کاهش ضایعات مواد اولیه، افزایش مدت نگهداری، منجمد کردن به صورت تفکیک شده و مجزا از هم می‌باشد [۱۰]. سه عامل مهم بر کیفیت ماده غذایی منجمد تأثیر دارند که عبارتند از: سرعت انجماد، نوسانات دمایی در حین نگهداری مواد غذایی به صورت منجمد و نحوه دیفراست.

۴- خواص مواد غذایی منجمد

فرآیند انجماد تأثیر زیادی روی خواص حرارتی ماده غذایی دارد از آن جایی که بخش زیادی از مواد غذایی را آب تشکیل می‌دهد و تغییر فاز بر خواص آب تأثیر می‌گذارد بنابراین خواص مواد غذایی به همان میزان تغییر می‌کند. برخی از خواص مواد غذایی که در حین انجماد تغییر می‌کند عبارتند از: چگالی، ضریب هدایت حرارتی، آنتالپی، گرمای ویژه، ضریب انتشارات حرارت. اصولاً اگر انجماد و نگهداری به فرم منجمد به خوبی صورت گیرد، ماده غذایی از کیفیت خوبی برخوردار خواهد بود و تغییرات محصول منجمد شده با سرعت آهسته تری رخ می‌دهند [۱۱،۱۲]. بنابراین باید عمر انباری این محصولات را مشخص کرد. معمولاً برای بیان میزان نگهداری مواد غذایی از اصطلاح عمر انباری واقعی (PSL) استفاده می‌شود که عبارت است از مدت زمانی که می‌توان محصول منجمد را نگهداری کرد به طوری که پس از اتمام آن ویژگی های کیفی محصول حفظ شود و برای مصرف قابل قبول باشد. اصطلاح دیگری که برای بیان عمر انباری مواد غذایی منجمد به کار می‌رود مدت ماندگاری با کیفیت بالا (HQL) است. که عبارت است از مدتی که پس از آن ماده منجمد هم چنان از

کیفیت بالا و کاملاً خوب برخوردار باشد به طوری که تغییرات ایجاد شده در طی آن مدت در ماده غذایی به حدی کم باشد که حداقل ۷۰ تا ۸۰ درصد داوران مجرب و قادر به تشخیص تغییر کیفیت معینی در ماده غذایی نسبت به قبل از نگهداری نباشد. معمولاً مواد غذایی پس از اتمام دوره HQL برای ۳ تا ۶ ماه دیگر قابل مصرف هستند بنابراین زمان HQL کوتاه تر از PSL می باشد. از نظر شاخص های کیفی رنگ مواد منجمد نسبت به طعم آن آسیب پذیرتر می باشد [۱۴]. ولی نسبت به سایر روش های نگهداری مثل حرارت دادن، خشک کردن و تشعشع، افت کیفیت کمتر خواهد بود [۱۰]. کیفیت محصولات منجمد و مشتری پسندی آنها به وسیله بهینه کردن روش ها و جریان فرآیند شامل سرعت انجماد، کیفیت مواد اولیه و شرایط انبارش و ذخیره سازی افزایش می یابد اتلاف مواد مغذی در این روش در حداقل خود می باشد و از رشد میکروبی کاملاً جلوگیری و فعالیت آنزیم های موجود در مواد غذایی نیز به تأخیر می افتد. بسیاری از سلول ها در اثر انجماد از بین می روند اثرات کشندگی به علت دنا توره شدن یا تجمع آنزیم ها یا پروتئین های ضروری سلول در اثر افزایش غلظت مواد حل شده در فاز منجمد نشده و تا حدودی به علت آسیب دیدن فیزیکی سلول ها توسط کریستال های یخ می باشد.

۵- تأثیر انجماد بر کیفیت مواد غذایی

منجمد کردن، یکی از آسان ترین و قابل قبول ترین روش های نگهداری مواد غذایی است. یخ زدن باعث کشتن میکروب ها در مواد غذایی نمی شود، بلکه سبب کند شدن عمل میکروارگانیسم ها شده و با کند کردن تغییرات شیمیایی که بر کیفیت غذا تأثیر می گذارند، از خراب شدن آنها جلوگیری می کند. همچنین در طی انجماد فعالیت آنزیم های موجود در میوه ها کند می شود. بهترین دما برای نگهداری مواد غذایی در فریزر صفر درجه فارنهایت (۱۷- درجه سانتی گراد) است و دمای آن نباید از ۱۵- بیشتر شود [۱۵]. روش های انجماد مواد غذایی عبارتند از: انجماد با استفاده از هوای سرد و متحرک، انجماد با استفاده از منجمد کننده های صفحه ای یا تماسی، لوله ای یا سطح تراش، غوطه وری، بستر شناور، انجماد از طریق تماس مستقیم با ماده میرد. با بکارگیری درست روش انجماد، می توان کیفیت محصولات مخصوصاً محصولات شیلاتی را تا حد نسبتاً بالایی حفظ نمود [۱۶]. کیفیت محصولات منجمد و مشتری پسندی آنها به وسیله بهینه کردن روش ها و جریان فرآیند شامل سرعت انجماد، کیفیت مواد اولیه و شرایط انبارش و ذخیره سازی افزایش می یابد. به هر حال، فاکتورهای مهمی که در کیفیت محصول دخیل می باشند در گروهی جمع بندی می گردند که شامل ویژگی های حسی (ویژگی های فیزیکی و شیمیایی)، ویژگی های میکروبی و ویژگی های تغذیه ای محصولات منجمد می باشند [۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰]. در پژوهشی اثر سرعت انجماد را روی کیفیت فیله ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) مطالعه نمودند. در این بررسی نمونه ها با دو روش وزش هوای سرد با سرعت ۴ متر در ثانیه و انجماد تحت فشار با ۲۰۰ مگاپاسکال فشار، منجمد شدند. سپس تغییرات رنگ، میزان آبچک و ساختار بافت پس از انجماد را بررسی کردند. در نمونه هایی که تحت فشار منجمد شدند، تغییرات کمتری نسبت به نمونه های انجماد کند مشاهده شد [۱۱]. آزمایش فوشینو (۲۰۰۲)، کشت های باکتریایی به طرز قابل توجهی نسبت به انجماد حساس بوده و نرخ بقای آنها از ابتدا تا انتهای زمان نگهداری در محدوده ۲۱ تا ۰/۰۰۱ درصد می باشد، در حالی که بیشترین نرخ مرگ و میر در مراحل انجماد صورت می گیرد [۱۷، ۱۸، ۱۹].

۶- تئوری انجماد

در طول انجماد و در انتهای این فرآیند، کاهش قابل توجهی در ارزش غذایی دیده نمی شود. برخلاف فرآیندهای گرمایی، انجماد، کمتر باعث تخریب مواد مغذی می گردد بلکه عامل اصلی تخریب، نگهداری در حالت انجماد است. هر قدر زمان نگهداری در حالت انجماد بیشتر شود و یا دمای نگهداری محصول بالاتر باشد، تخریب مواد مغذی بیشتر است. در صورتی

که محصول آنزیم بری نشده باشد و یا قابل آنزیم بری نباشد تخریب آنزیمی هم در طول نگهداری ادامه خواهد یافت و روند افت مواد مغذی را تشدید خواهد کرد [۱۵]. اکسیداسیون، از دیگر مواردی است که در هنگام نگهداری مواد غذایی اتفاق می افتد ولی در هنگام انجماد مواد غذایی با استفاده از بسته بندی مناسب و یا نگهداری در انبار اتمسفر کنترل شده با غلظت مشخص اکسیداسیون کاهش می یابد، برای حفاظت هرچه بیشتر از بافت محصول و جلوگیری از خروج مواد مغذی محلول، فرآیند انجماد را باید در کوتاه ترین زمان ممکن انجام داد به گونه ای که در حداقل زمان ممکن، از محدوده دمای بین ۰ تا ۵- درجه سانتی گراد عبور کند در چنین شرایطی انجماد در داخل و خارج سلول به صورت یکنواخت انجام گرفته، بافت محصول آسیب کمتری می بیند. هنگام رفع انجماد، هر چه از روش کندتری استفاده کنیم آسیب وارده کمتر است و مواد مغذی نیز بیشتر حفظ می شوند زیرا یخ های ذوب شده به تدریج از قسمت خارج سلولی به سمت داخل سلول باز می گردند و سلول، فرصت جذب آب پیدا می کند. برای انجماد بسیاری از مواد غذایی حساس مثل توت فرنگی یا گوجه فرنگی و ... از انجماد هم زمان آنها در داخل آب خود میوه استفاده می کنند تا بافت و خصوصیات چشایی محصول به علت فشار اسمزی مساوی در داخل و خارج محیط، هر چه بیشتر حفظ گردد. با توجه به تمامی تغییرات ذکر شده، مدت زمان ماندگاری مواد در حالت انجماد محدود است. این محدودیت، تعیین کننده ی زمان نهایی ماندگاری محصول خواهند بود.

۷- تغییرات به هنگام انجماد

فرآیند انجماد واکنش های شیمیایی و آنزیمی را کند و رشد میکروبی را متوقف می کند. به هنگام انجماد حجم ماده غذایی افزایش یافته، کریستال های یخ تشکیل شده و اندازه آنها بزرگ می شود این کریستال ها معمولا در انجماد کند بزرگ ترند و نسبت به روش انجماد سریع یخ بیشتری بین سلول های بافت جمع می شود که به سلول ها آسیب می رسانند. آب از سلول ها خارج شده و تشکیل یخ می دهد و در نتیجه غلظت مواد حل شده در مایع غیر منجمد افزایش می یابد و به این طریق نقطه انجماد به طور ثابت افت می کند تا این که به یک شرایط ثابت برسد. کریستال های یخ، سلول های بافت ها و یا حتی دیواره سلولی میکروارگانیسم ها را پاره می کنند. افزایش غلظت مواد حل شده در سلول ها موجب تسریع ترسیب، آب گیری و دناتوره شدن پروتئین ها گردیده و تغییرات غیر قابل برگشتی در سیستم های کلونیدی آب دوست، و نیز در این شرایط ممکن است میکروارگانیسم ها هم از بین بروند. مواد غذایی مختلف نقطه انجماد یکسانی ندارند. انجماد یک ماده غذایی مشخص بستگی به ماهیت ترکیبات محلول و غلظت نسبی ترکیبات کاهش دهنده نقطه انجماد دارد. هر چند که فعالیت های متابولیکی کلیه میکروارگانیسم ها در دمای نقطه انجماد متوقف می شود. اما مواد غذایی منجمد نشده نمی توانند به طور کامل آروما و ترکیب اصلی و طبیعی خود را پس از خارج کردن از حالت انجماد حفظ نمایند [۱۳]. برای اکثر مواد غذایی منجمد یک عمر فریزری تعیین می شود. حداکثر زمان نگهداری مواد غذایی منجمد بر اساس خصوصیات میکروبیولوژی آنها نمی باشد، بلکه بر اساس خصوصیات از قبیل بافت، طعم، تردی، رنگ و کیفیت تغذیه ای پس از انجماد زدایی و پختن مشخص می شود. اثر کشندگی؛ بسیاری از سلول ها در اثر انجماد از بین می روند ولی انجماد یک روش استریلیزاسیون نیست. اثرات کشندگی به علت دناتوره شدن یا تجمع آنزیم ها یا پروتئین های ضروری سلول در اثر افزایش غلظت مواد حل شده در فاز منجمد نشده و تا حدودی به علت آسیب دیدن فیزیکی سلول ها توسط کریستال های یخ می باشد. با سرد کردن سریع سلول ها از دمای ایتیمم به صفر درجه سانتی گراد نیز میکروارگانیسم ها از بین می روند (شوک سرمایی). که در ارتباط با تغییرات لیپیدهای غشایی و مختل شدن نفوذپذیری سلول و یا آزاد شدن بازدارنده های آنزیمی مثل بازدارنده ریبونوکلئاز می باشد. تعداد زیادی از میکروارگانیسم ها قادر به رشد در دمای صفر درجه سانتی گراد و کمتر از آن می باشند. رشد میکروارگانیسم ها در دمای انجماد یا پایین تر، علاوه بر خصوصیات ذاتی آنها بستگی به فاکتورهایی نظیر مقدار مواد مغذی، PH و میزان دسترسی به آب مایع دارد. aw مواد غذایی با افت دما به زیر منطقه ی انجماد کاهش می

یابد. در آب میوه های غلیظ شده، مقادیر زیادی قندهایی که در محیط وجود دارند باعث می گردد که aw آن، همواره در میزان بالاتر از آن چه که از آب خالص انتظار می رود، حفظ گردد. از این رو در این گونه فرآورده ها، رشد میکروب حتی در دماهای زیر نقطه ی انجماد نیز امکان پذیر است. اثرات نیمه کشندگی؛ در واقع بعضی از سلول ها در حین انجماد ممکن است آسیب دیده باشند. چنین سلول هایی در اثر انجماد، سرما و یا از نظر متابولیکی آسیب دیده اند. بنابراین انجماد میکروارگانیسم ها در یک ماده ی غذایی منجر به صدمه انجمادی آنها می شود. این سلول ها در واقع مرده نیستند، زیرا در صورت کافی بودن زمان یا در اختیار قرار گرفتن عوامل تغذیه ای اضافی در محیط رشد آنها ترمیم می شوند. عوامل زیر علت از بین رفتن، آسیب دیدن یا ندیدن بعضی از میکروارگانیسم ها به هنگام انجماد می باشد: (۱) نوع میکروارگانیسم یا حالت آن (۲) سرعت انجماد (۳) دمای انجماد (۴) زمان نگهداری محصول منجمد شده (۵) نوع و ترکیب ماده غذایی (۶) اثر رفع انجماد (۷) انجماد و رفع انجماد (۸) اتفاقات احتمالی به هنگام انجماد سلول. پدیده هایی که هنگام انجماد سلول ها رخ می دهند به قرار زیر می باشند: (۱) آبی که منجمد می شود به نام آب آزاد خوانده می شود. فرآیند انجماد باعث تبدیل آب آزاد به کریستال یخ می شود. رشد هر کریستال یخ به صورت مداوم انجام می گیرد به طوری که ممکن است تمام آب آزاد سلول به وسیله تعداد نسبتاً کمی از کریستال ها تبدیل به یخ شود. در انجماد آهسته، کریستال های یخ در خارج سلول تشکیل می شوند، در حالی که در انجماد سریع حالت درون سلول دارند. در فرآیند انجماد آب متصل، منجمد نمی شود. انجماد باعث خالی شدن سلول ها از آب قابل مصرف سلولی می شود و به این ترتیب یک عمل آب گیری از سلول ها انجام می گیرد. (۲) انجماد منجر به افزایش ویسکوزیته ماده سلولی می شود که این امر در نتیجه تبدیل آب به کریستال یخ اتفاق می افتد. (۳) انجماد باعث کاهش گازهای سیتوآلسمی مانند O_2 و CO_2 می شود. کاهش O_2 در سلول های هوازی باعث توقف واکنش های تنفسی، و نیز انتشار O_2 ، باعث افزایش فعالیت های اکسیداتیو در سلول می شود. (۴) انجماد باعث تغییر PH ماده سلولی می شود. تغییرات PH از ۰/۳ تا ۲ درجه مشاهده شده است. (۵) انجماد باعث تغلیظ الکترولیت های سلول می شود. این اثر ناشی از تغلیظ آب به شکل کریستال های یخ می باشد. (۶) انجماد باعث تغییر حالت کلوئیدی پروتوپلاسم سلول می شود. در سلول های زنده بسیاری از ترکیبات پروتوپلاسم سلول مانند پروتئین ها به حالت کلوئیدی فعال وجود دارند و برای حفظ این حالت وجود مقدار مناسبی آب، ضروری است. (۷) انجماد تا حدودی باعث دناتور شدن پروتئین های سلول می شود. مکانیسم این اثر دقیقاً مشخص نیست، اما ثابت شده است که در اثر انجماد، برخی از گروه های SH- از بین می روند وجود چنین گروه هایی در لیپوپروتئین ها باعث می شود که در اثر انجماد کمپلکس های لیپوپروتئینی از هم گسسته شوند. بدون شک کاهش مقدار آب و نیز تغلیظ الکترولیت ها در تغییر حالت پروتئین های سلولی مؤثر هستند. (۸) انجماد باعث ایجاد شوک حرارت در برخی از میکروارگانیسم ها می شود. این حالت کلسترییدیوم در مورد ترموفیل ها و مزوفیل ها بیشتر از سایکروفیل ها صدق می کند. اگر کاهش درجه دما در بالای نقطه ی انجماد به طور ناگهانی صورت گیرد اثر کشندگی بیشتری بر روی اکثر سلول ها خواهد داشت. (۹) انجماد باعث آسیب متابولیکی به برخی از سلول های میکروبی نظیر برخی از گونه های سودوموناس می شود. احتیاجات غذایی بعضی از باکتری ها پس از انجمادزدایی افزایش می یابد و تا حدود ۴۰ درصد یک کشت میکروبی ممکن است تحت تأثیر این حالت قرار گیرد. برخی از ارگانیسم های کوچک و میکروسکوپی نظیر ویروس های عامل بیماری در پا و دهان و عامل ایجاد تریشینوزیس (تریشینلا اسپریس) قادر به زنده ماندن در شرایط انجماد نیستند، در حالی که اکثر باکتری ها این توانایی را دارا می باشند. پروتوزوآها در صورتی که ترکیبات محافظت کننده در محیط وجود نداشته باشند، به طور معمول در دمای کمتر از ۵- یا ۱۰- درجه سانتی گراد از بین می روند [۱۰]. یکی از نکات با اهمیت در فرآیند انجماد محصولات غذایی نقطه انجماد آنها می باشد. مواد غذایی به دلیل داشتن ترکیبات مختلف از این نظر نیز با یکدیگر متفاوت می باشند. دانستن نقطه انجماد سبب می شود تا بتوان دمای انجماد را به درستی تنظیم نمود. بنابراین کنترل دمای نگهداری امر ضروری به شمار می رود [۲۱]. همچنین استفاده از فرآیند انجماد در دراز مدت روشی مناسب جهت کاهش نیترات و نیتريت در سبزیجات می باشد [۲۲،۲۳].

منابع:

۱. عبدی نوروزانی. س. اصول نگهداری مواد غذایی. ۱۳۹۰.
2. Bingli, D. W. S. 2008. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods. *Journal of food engineering*, 54: 1-5.
3. Dermesonlouoglou, E. K., Giannakourou, M. C. and Taoukis, p. 2007. Stability of dehydro frozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. *Journal of food engineering*, 78:2-8.
۴. احمدزاده قويدل. ر. قیلفه داودی. م. کریمی فر. پ. صحرائیان. ب. نقی پور. ف. ۱۳۹۰. بررسی ویژگی های آلو فراوری شده با روش ترکیبی خشک کردن و انجماد. همایش ملی صنایع غذایی فن آوری های نوین، کنترل کیفیت و بسته بندی مواد غذایی قوچان.
۵. عمیدی فضلی. ف.، دزیانی. م.، عزتی. ر.، عمیدی فضلی. ن.، کوشکی. م.، ر.، سلیمانی. م. ۱۳۹۱. پیش بینی نقطه انجماد برای محصولات فراوری شده حاوی غلظت های مختلف ساکارز. سال هفتم. ش: ۵. ص ۲۶۹-۲۶۱.
6. Johnston W.A., Nicholson F.J., Roger A. and Stroud G.D. 1994. Freezing and refrigerated storage in fisheries, FAO Fisheries Technical Paper.
7. Zhang, M. Quick frozen food. 1998; Beijing: Chinese light industry press 1998. p. 220-35.
8. Ancos BD, Gonzalez EM, Cano MP. Ellagic acid, vitamin c, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit. *J Agr Food Chem* 2000; 48: 4565-70.
9. Robbers M, Singh RP, Cunha LM. Osmoticconvective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. *J Food Sci* 1997; 62: 1039-47.
10. Juy, j. m. 1992. *Modern Food Microbiology*. Van Nostrand New York.
11. Fennema, O. R., Powrie, W. D., & Marth, E. H. (1973). *Lowtemperature preservation of foods and living matter* (p. 598). New York, USA: Marcel Dekker.
12. Kalichevsky, M. T., Knorr, D., & Lillford, P. J. (1995). Potential food applications of high-pressure effects on ice-water transitions. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 253–258.
13. Anon, M. C. Calvelo. A ; Freezing rate effect on the drip loss of frozen beef. *Meat Sci.* 4, 1-14 (1980).
۱۴. همایون. م. تکنولوژی مواد غذایی. ۱۳۹۱. مجموعه مهندسی علوم و صنایع غذایی. چاپ نهم.
15. Li. B., Sun. D. W. (2002). Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review. *Journal of Food Engineering* 54. 175–182.
16. Venugopal V. 2006. *Seafood Processing*, CRC Press Publishing authenticity, John Wiley and Sons Publishing.
۱۷. فرجی هارمی، ر. میوه و سبزی و تکنولوژی نگهداری و تبدیل آن ها، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۴.
۱۸. صفری، م. مبانی فیزیکو شیمیایی نگه داری مواد غذایی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.
۱۹. ایران نژاد، ح. نگ ه داری و ذخیره سازی انواع میوه و سبزی، آوای نور، ۱۳۷۳.
20. Persson, P. O., & Londahl, G. (1993). Freezing technology. In C. P. Mallett (Ed.), *Frozen food technology* (pp. 20–58). Glasgow, UK: Blackie Academic & Professional.
21. Jie W, Lite L, Yang D. The correlation between freezing point and soluble solids of fruits. *J Food Eng* 2003; 60: 481-4.
۲۲. صادقی. الف.، هاشمیان. الف. ح.، محمدی. م.، بهلولی اسکویی. س.، مسکینی. ح. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر فرایند پخت و انجماد بر میزان نیترات و نیتريت سبزیجات پرمصرف. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*. سال هشتم. ش: ۳. ص: ۲۰۹-۲۱۵.
23. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2010. *The State of World Fisheries and Aquaculture*, FAO, Rome.



اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین در علوم مهندسی

۱۷ تا ۱۸ آذرماه ۱۳۹۵

دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند

The role and importance of the freezing process in maintaining the quality and increase the shelf life of food

Maryam sajadifar¹, Abdolreza aghajani¹

¹Islami Azad University, Mahallat Branch, Mahallat, Iran, Maryam.sajadifar@yahoo.com

¹Islami Azad University, Mahallat Branch, Mahallat, Iran, ab.aghajani@yahoo.com

Abstract

Food storage and feeding history of man he was associated with history, and has formed one of the biggest ecological problems. Generally, factors affecting food spoilage include cold, heat, humidity, water, light, air (oxygen), microorganisms (bacteria, fungi, mold), insects are. Different storage methods include heating, drying, evaporation and condensation, using salt, sugar, additives, chemicals, radiation and exposure, cold and freezing in this regard, the use of cryopreservation techniques is one of the easiest, most acceptable and most gentle of food storage is which can have a significant impact on product quality. And makes nutrients in foods preserved with minimal changes for a relatively long time, Taste, texture and nutritional quality of the food less change, prevent the growth of microorganisms and Will stop their activity and the color, flavor and nutritional value of the product is maintained. Thus compromising the quality will be lower maintenance than other methods and this method is considered to be one of the best methods for food storage.

Key words: Freezing, microorganisms, temperature, enzymes, cold.

Address of corresponding author:

Sajadifar

Department of Food Science and Technology, Islami Azad University, Mahallat Branch

University Ave

3781958514, Mahallat

Iran

Maryam.sajadifar@yahoo.com