Archive of SID

کاربرد خنک کردن تحت خلاء در نگهداری محصولات کشاورزی

رنجبر، زهرا [۱] ؛ کدیور، مهدی[۱]؛ رنجبر، الهام [۲]

[۱] دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده ی کشاورزی

[۲] دانشگاه شهید بهشتی ، تهران

چکیده:

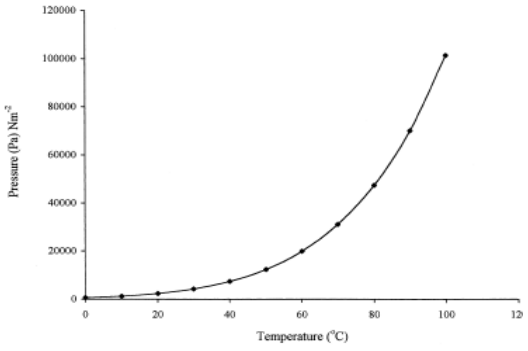
خنک کننده های تحت خلاء، برای خنک کردن مواد غذایی و سبزیجات خاصی مورد استفاده قرار می گیرند. اساس کار این خنک کننده ها بر پایه تبخیر سریع آب از محصول است. افزایش رقابت و نگرانی درمورد ایمنی و کیفیت محصولات، تولید کنند گان را بر آن داشت که برای خنک کردن محصولات از تکنیک خنک کردن تحت خلاء استفاده کنند. مزایای این روش شامل: کوتاهتر بودن زمان فرآیند، صرفه جویی در انرژی، بهبود عمر ماندگاری، کیفیت و ایمنی محصول است، با این حال دامنه کاربرد این روش محدود است. بطور معمول محصولاتی از قبیل برگ کاهو و قارچ با این روش خنک می شوند. تحقیقات اخیر نشان دادند این روش برایمحصولاتی از قبیل گوشت، محصولات نانوایی، میوه و سبزیجات قابل استفاده باشد.

مقدمه:

خنک کردن تحت خلاء یک فرآیند بسته است که بموجب آن رطوبت محصولات مرطوب حاوی آب آزاد تحت شرایط خلاء تبخیر و خنک می شوند. عملیات خنک سازی درون اتاقک خلاء صورت می گیرد. اساس فرآیند خنک کردن تحت خلاء بصورت زیر است: تغییرات نقطه جوش بعنوان تابعی از فشار اشباع در نمودار ۱ نشان داده شده است. بطور مثال در فشار اشباع ۶/۰۹ میلی بار دمای جوش به صفر درجه سانتیگراد می رسد. در اتاقک خلاء فشار کاهش می یابد و انرژی مورد نیاز برای تبخیر بشکل گرمای نهان تبخیر از خود محصول تأمین می شود. اختلاف فشار بین آب، محصول و محیط اطراف سبب تبخیر آب می شود بطوری که گرمای محسوس محیط کاهش می یابد [۶].

قبل از رسیدن به دمای اشباع پمپ خلاء هوای درون اتاقک را تخلیه می کند. بدلایل اقتصادی و همینطور از نظر کیفی لازم است که فشار درون اتاقک کاهش یابد. فشار در اتاقک خلاء تا زمانی که محصول به دمای مطلوب برسد و هیچ آب آزاد در دسترسی وجود نداشته باشد کاهش می یابد[۱۴].

پمپ های مورد استفاده برای تخلیه هوای اتاقک خلاء دو نوعند، یکی پمپ های روتاری مکانیکی و دیگر پمپ های پاشش بخار و کندانسور بارومتریک. بخار آبی که از محصول در طی تبخیر خارج می شود باید از اتاقک خلاء حذف شود زیرا مانع از تبخیر بیشتر شده و کارایی خنک کردن کاهش می یابد.



نمودار۱: منحنی تغییرات فشار نسبت به دما

مکانیسم خنک کردن تحت خلاء به اینصورت است که بخار آب از روی کویل های سرد کننده ای عبور سپس کندانس و جریان می یابد. اگر بخار آب از اتاقک حذف نشود پمپ های زیادی برای حذف بخار مورد نیاز است. خنک کردن تحت خلاء بطور معمول برای پیش خنک کردن محصولاتی از قبیل سبزیجات برگی[۱۶] و قارچ [۱۳] استفاده می شود. در این روش از حرارت استفاده نمی شود بنابراین عمر ماندگاری محصول و

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت آن افزایش می یابد. بیش از ۵۰ سال است در ایالات متحده از این روش برای خنک کردن محصولات کشاورزی استفاده می شود. اولین خنک کننده تحت خلاء در سال ۱۹٤۸ درکالیفرنیا برای خنک کردن برگ های کاهو استفاده شد. برای استفاده تجاری از این روش باید نسبت سطح به جرم محصول مورد فرآیند نسبتاً بالا باشد. زیرا در این حالت ساختار محصول با از دست دادن درصدی از رطوبت آسیب چندانی نمی بیند و کیفیت آن مطلوب تر است[۱۵]. در محصولاتی از قبیل برگ کاهو و قارچ که حاوی بیش از ٪۹۰ آب هستند به ازای هر ٪۱ افت وزن بواسطه جابجایی آب ٦-۵/۵ درجه سانتیگراد دما کاهش می یابد. ممکن است از این روش برای انجماد محصولات استفاده کنند ولی در بیشتر مواقع بدلیل تشکیل کریستال های یخ وآسیب به ساختار سلولی روش مناسبی برای انجماد نیست[۱۳]. کاربردهای اخیر تکنولوژی خنک کردن تحت خلاء تنها محدود به محصولا باغبانی مثل سبزیجات و قارچ ها می باشد. تحقیقات اخیر نشان دادند که این روش می تواند برای خنک سازی طیف وسیعی از محصولات باغبانی[۱۹]، گوشت[۲۰ و ۱۲] و صنایع نانوایی[۱۰ و ۹] و صنعت گلکاری[۱۹] کاربرد داشته باشد. روند اخیر در صنعت غذا و تکنیک فرآیندهای غیر متعارف بسیار مشتاق در استفاده از خنک کردن تحت خلاء برای ایمنی و سرد کردن گوشت پخته است.

کاربردهای خنک کردن تحت خلاء:

الف. میوه وسبزی:

اقلام تازه از قبیل میوه و سبزی مدام در حال تنفس و نهایتاً پژمرده شدن و مرگ هستند. کیفیت میوه و سبزی بمحض برداشت شروع به کاهش می کند و در ادامه بسرعت فاسد می شود. گرمای مزرعه سبب فساد برخی محصولات باغبانی از قبیل برگ کاهو می شود. بنابراین ضروری است که این گرما سریعاً بعد از برداشت از محصول گرفته و محصول سرد شود. اثر دما بر عمر ماندگاری و فساد محصولات بخوبی شناخته شده است. کاهش دما از ۱۰ به ۵ درجه سانتیگراد عمر ماندگاری را تقریباً دو برابر می کند. خنک کردن تحت خلاء براختی و سریعاً می تواند دما را کاهش دهد. عمر ماندگاری کاهوی نگهداری شده در دمای محیط معمولاً ۵-۳ روز در حالی که در دمای ۱ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ٪۹۰ بیش از ۱٤ روز است [۲ و ۱]. با استفاده از روش خنک کردن دمای برگ کاهو از ۲۵ درجه سانتیگراد در مزرعه در مدت ۳۰ دقیقه به ۱ درجه سانتیگراد کاهش می یابد. سپس با استفاده از وسایل نقلیه یخچال دار در مغازه های خرده فروشی توزیع شوند.[٦]. خنک کردن تحت خلاء روش استاندارد تجاری که در ایالایت متحده و بسیاری از کشورهای اروپایی برای خنک کردن برگ کاهو از آن استفاده می کنند. خنک کردن کاهو ممکن است قبل از پیچیده شدن در فیلم های PVCیا بعد از بسته بندی در بسته های پلی پروپیلن منفذ دار صورت گیرد. اثر مفید خنک کردن تحت خلاء و بسته بندی در افزایش عمر ماندگاری و کاهش افت وزن کاهو بسیار گزارش شده است[۲ و ۱]. تحقیق درمورد خنک کردن تحت خلاء سبزیجات دیگر بسیار محدود است. نشانه ها حاکی از این است که این روش کاربرد عملی برای طیف وسیعی از میوه ها و سبزیجات از قبیل: توت فرنگی، کشمش، هندوانه، کلم پیچ، اسفناج، بروکلی، برنج، فلفل سبز، شلغم، بادمجان و هویج دارد. تحقیقات نشان می دهند افت وزن برای محصولات حاوی آب بالا با کاهش دما از ۲۵ به ۱ درجه سانتیگراد تقریباً ٪٤ است. این افت وزن مسئله بسیار مهم در رابطه با خنک کردن سبزیجات تازه با خلاء است. پیش مرطوب کردن محصولات با آب قبل از خنک کردن افت وزن را کاهش می دهد[۱۸] در برخی موارد جذب آب می تواند منجر به ثابت ماندن وزن بعد از خنک کردن تحت خلاء شود. کاربرد دیگر این روش پیش خنک کردن قارچ می باشد. قارچ حاوی حدود ٪۹۰ آب و ساختاری بسیار متخلخل دارد که اجازه می دهد آب براحتی خارج شود[۱۵] و عملیات خنک کردن تحت خلاء را آسان تر می کند. برتون و همکاران نشان دادند که عمرماندگاری محصولات خنک شده با روش خلاء ۱۰۲ ساعت است که نسبت به روش های رایج ۲٤ ساعت بطور معنی داری بالاتر است. این روش نسبت به سایر روش های رایج قهوه ای شدن آنزیمی را کاهش می دهد. چنگ نشان داد که ترکیب تکنیک خنک کردن تحت خلاء چند مرحله ای با آب می تواند بطور مؤثری دمای شاخه بامبو را کاهش می دهد[۵]. جیرپا و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران نشان دادند که این روش هیچ گونه اثری روی افت وزن، تغییر رنگ و میزان ویتامین C یا کلروفیل در محصول مورد فرآیند ندارد[۸].

ب. گوشت و محصولات گوشتی:

برخی تحقیقات نشان دادند که با این روش می توان گوشت پخته و محصولات گوشتی را سریعاً خنک کرد. اگر خنک کردن گوشت پخته کند باشد اسپورهایی که طی پخت باقی مانده اند شروع به رشد و توکسین تولید می کنند[۱۲ و ۱۱] . بنابراین بدلایل امنیتی باید بعد از پختن محصول سریع خنک شود تا پاتوژن های باقی مانده اجازه رشد نیابند[۲۰ و ٤]. این روش برای قطعات بزرگ گوشت از قبیل گوشت ران بدلیل پایین بودن نسبت سطح به جرم محدود است. جیمز نشان داد که خنک کردن گوشت ران ۷/۳-٦/۸ کیلوگرمی از ۷۰ به ۱۰ درجه سانتیگراد با روش خلاء تنها ۳۰ دقیقه طول می کشد در حالی که با روش هوای اغتشاشی ٦۲٤ دقیقه طول می کشد. بورفوت و همکاران نیز کارایی این روش را در خنک کردن گوشت بوقلمون، گوشت ران و گوشت گاو ثابت کردند. فشار اثری روی تردی گوشت سینه مرغ ندارد. این روش بار میکروبی گوشت گوساله پخته بطور معنی داری کاهش می دهد[٤].

ج. ماهی و فرآورده های آن:

خنک کردن با خلاء در صنعت شیلات کاربرد محدود دارد.برای خنک کردن کنسرو ماهی تن از روش خلاء استفاده می شود کنسرو تن را تا دمای ٤۰-۳۵ درجه سانتیگراد خنک می کنند که بین ٪٤-۳ وزن آن افت می کند[٦]. تحقیقات کاربرد خنک کردن با روش خلاء در ماهی های کوچک و میگو نیز مؤثر دانسته نشان داده است.

د. سس ها، سوپ ها و مواد غذایی دارای ذرات ریز:

ثابت شده است که خنک کردن با خلاء فرصتی است برای توسعه پروسه خنک کردن بروش بسته برای سیستم های مایع، که بطور مؤثری دمای توده را کاهش می دهد[۱۷]. در این نوع سیستم های خنک کننده تحت خلاء محصول درون محفظه های کیپ قرار داده می شوند و سپس تحت خلاء خنک می شوند.

برخی اوقات برای اطمینان از نچسبیدن محصولات ویسکوز به بدنه تیغه های سطح تراشی در این محفظه ها تعبیه می شود. در این سییستم بسته نسبت به سایر سیستم های خنک کننده کنترل افت وزن بوسیله تنظیم ترکیبات و محتوای آب سس به آسانی قابل کنترل است[٦]. تحقیقات نشان داده اند که دمای بچ های ۱۱۰۰ کیلوگرمی سس گوشت را می توان با روش خلاء در کمتر از ۳۰ دقیقه از ۸۵ به ۱۰ درجه سانتیگراد رساند. خنک کردن همین بچ با روش هوای اغتشاشی حدود ٦ ساعت طول می کشد[۷].

ه. محصولات نانوایی:

خنک کردن تحت خلاء روش سریع برای خنک کردن محصولات نانوایی است. برای مثال با این روش محصولات خوشمزه از قبیل پانتونی(کیک تخمیری ایتالیایی) درکمتر از ٤ دقیقه با روش خلاء در مقایسه با هوا که ۲٤ ساعت طول می کشد خنک شود. که سبب شده بسیاری از تولید کنندگان ایتالیایی روش خنک کردن با خلاء را انتخاب کنند[٦]. بدلیل تغییرات ساختاری پوسته نان نسبت به بخار نفوذپذیری کمتری دارد بنابراین تکنیک های خنک کردن مخصوص با روش خلاء مورد نیاز است.خنک کننده های تحت خلاء مدوله شده (MVC) بدون اثر مضر روی محصولات نانوایی، آن ها را بسرعت خنک می کند. این خنک کننده ها افت خلاء را کنترل می کنند و اجازه می دهند که محصول نانوایی در زمان کمتر و با کیفیت بهتری خنک شود. بجای بکاربردن خلاء مداوم بر محصول، فشار در طی خنک کردن تعدیل می شود[۱۳].

معایب و مزایا:

مزایا: پائین تر بودن افت وزن نسبت به سایر روش های خنک کننده، کنترل راحت آن، استفاده از سیستم MVC بمنظور افزایش عمر ماندگاری پوسته نان و بهبود شکل محصولات، افزایش عمر ماندگاری بسیاری از محصولات بدلیل عدم حضور کپک و مخمر در طی خنک کردن، افزایش راندمان محصول بواسطه کوتاه بودن زمان خنک کردن، روشی کارآمد برای خنک کردن محصولاتی مثل عصاره آبی گوشت، افزایش ایمنی و بهداشت محصول، کاهش شمار میکروب ها، خنک شدن سریع در

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه صرفه جویی مالی، واحد خنک کننده جمع و جور که نیاز اندکی به نگهداری دارد.

معایب: نیاز به تکنولوژی خنک کننده های تحت خلاء مدوله شده MVC برای نتیجه رضایت بخش، کاهش آروما بواسطه خنک کردن به روش خلاء، چسبیدن سس و محصولات نیمه خمیری به سقف و دیواره محفظه[۱۳].

نتیجه گیری:

بررسی های نشان داد ه اند که خنک کردن تحت خلاء یک تکنیک خنک کردن است که برای سبزیجات برگی بنا شده است. ممکن است بطور وسیعی برای خنک کردن مواد غذایی و سبزیجات دیگر در سراسر جهان قابل اجرا باشد. در این روش سرعت سرد شدن نسبتاً قابل پیش بینی است، و در برخی محصولات خاص افت وزن رخ می دهد که مرتبط با افت دماست. تحقیقات ثابت کرده اند که این روش سبب افزایش عمرماندگاری محصول می شود. این تکنیک بیشتر درمورد محصولاتی قابل اجراست که نسبت سطح به جرم بالایی داشته باشند و براحتی بدون کمترین آسیب بر کیفیت محصول آب از دست بدهند. با پیش خنک کردن قبل از نگهداری می توان فساد پس از برداشت محصولات کشاورزی را کاهش داد. این تکنیک خنک کردن نه تنها عمر ماندگاری محصولات را افزایش بلکه اندازه سیستم سردسازی برای ذخیره آسان را کاهش می دهد. خنک کردن تحت خلاء روشی مؤثر برای پیش خنک کردن سبزیجات برگی است. تنها اشکال روش این است که سرمایه اولیه قابل توجهی برای راه اندازی آن مورد نیاز است. با تغییر معیار طراحی و نرخ خلاء ایجاد شده می توان هزینه را کاهش داد.

مرجع ها

[۱] Artes, F., & Martinez, J. A. (1994). E€ects of vacuum cooling and packaging ®lms on the shelf life of salinas lettuce. I.I.F./I.I.R. Comions C2, D2/D3. Brest, France.

[۲] Artes, F., & Martinez, J. A. (1996). Influence of packaging treatments on the keeping quality of salinas lettuce. Lebensmittel - Wissenschaft und -Technologie, 29, 664- 668.

[۳] Bradshaw, W. (1976). Modulated vacuum cooling for bakery products. Bakers Digest, 50, 26- 31.

[۴] Burfoot, D., Self, K. P., Hudson, W. R., Wilkins, T. J., & James, S. J. (1990). E€ect of cooking and cooling method on the processing times, mass losses and bacterial condition of large meat joints. International Journal of Food Science and Technology, 25, 657- 667.

[۵] Cheng, H.P. (2006). Vacuum cooling combined with hydro cooling and vacuum drying on bamboo shoots. Applied Thermal Engineering, 26, 2168-2175

[۶] Everington, D. W. (1993). Vacuum technology for food processing. Food Technology International Europe, 71- 74.

[۷] James, S. J. (1997). Secondary chilling of meat and meat products. In Meat Refrigeration - Why and How? (pp. 1- 4). UK: University of Bristol.

[۸] Jirapa. B-i, Boonyakiat.D and Boonprasom. P. (2009).Effect of vacuum cooling on physico-chemical properties of holy basil (*Ocimum sanctum* Linn.). *As. J. Food Ag-Ind.*, 2(04), 469-480

[۹] Kratochvil, J., & Holas, J. (1984a). E€ect of vacuum cooling on the content of aroma substances and sensory properties of bread. Sobornik-UVTIZ-Potravinarske-Vedy, 2, 241- 251.

[۱۰] Kratochvil, J., & Holas, J. (1984b). E€ect of vacuum cooling on aroma of bread. Getreide-Mehl-und-Brot, 38, 173- 177.

[۱۱] Mc Donald, K., Sun, D. W., Desmond, E., & Kenny, T. (1999). Application of vacuum cooling to enhance the safety and quality of cooked meats. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 38, 150.

[۱۲] Mc Donald, K., Sun, D. W., & Kenny, T. (2000). Comparison of the quality of cooked beef products cooled by vacuum cooling and by conventional cooling. Lebensmittel - Wissenschaft und - Technologie(in Press).

[۱۳] McDonald. K, Sun. D-W.(2000). Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review . Journal of Food Engineering. 45: 55-65

[۱۴] Mellor, J. D. (1980). Vacuum techniques in the food industry. Food Technology Australia, 32, 397- 398, 400- 401.

[۱۵] Noble, R. (1985). A review of vacuum cooling of mushrooms. Mushroom Journal, 149, 168- 170.

[۱۶] Shewfelt, R. L., Phillips, R. D. (1996). Seven principles for better quality of refrigerated fruits and vegetables. Refrigeration Science and Technology Proceedings. New Developments in Refrigeration for
Food Safety and Quality (pp. 231- 236). Lexington, Kentucky.

[۱۷] Shaevel, M. L. (1993). Manufacture of frozen prepared meals. In C. P. Mallett, Frozen Food Technology (p. 281). Glasgow, UK: Blackie Academic and Professional.

[۱۸] Sun, D. W. (1999b). E€ect of pre-wetting on weight loss and cooling times of vegetables during vacuum cooling. ASAE Paper No. 996119, ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA.

[۱۹] Sun, D. W., & Brosnan, T. (1999). Extension of the vase life of cut daffodil flowers by rapid vacuum cooling. International Journal of Refrigeration, 22, 472- 478

[۲۰] Sun, D. W., & Wang, L. (2000). Heat transfer characteristics of cooked meats using di€erent cooling methods. International Journal of Refrigeration. (in Press).

[۲۱] Sun. D-W, Hu. Z. (2002). CFD predicting the effects of various parameters on core temperature and weight loss profiles of cooked meat during vacuum cooling. Computers and Electronics in Agriculture.34 111–127

www.SID.ir