Archive of SID

کاربرد فن‌آوری خنک‌سازی با خلاء در صنایع‌غذایی

کربلایی آقایی، افسانه[۱] ؛سعیدی، راحله[۲]
[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
[۲] دانشکده فیزیک، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

فن‌آوری خنک‌سازی با خلاء یک تبخیرکننده پرسرعت در تکنیک خنک‌سازی می‌باشد،که برای غذاهای مخصوص و سبزیهای ویژه کاربرد دارد.افزایش نگرانی درباره تولید سالم وکیفیت مواد غذایی تولیدکنندگان را تشویق کرده‌است که از این تکنولوژی استفاده کنند.ازمزیت‌های خنک‌سازی با خلاء پردازش در زمان کوتاه‌تر ،درنتیجه ذخیره انرژی و تولید بهتر ،کیفیت و ایمنی محصولات می‌باشد.اخیراً فن‌آوری خنک‌سازی با خلاء در بخش‌های دیگر صنایع‌غذایی نظیر: فرآورده‌های گوشتی و محصولات شیلات، نانوایی‌ها، میوه و سبزیجات استفاده می‌شود[۱]. این تکنولوژی یک اثر و تکنیک ویژه برای خنک‌سازی می‌باشد و با تحقیق مداوم ممکن است کاربردهای آن در صنایع‌غذایی و سبزیجات به صورت رقابتی و رایج‌تر مورد استفاده قراربگیرد. این مقاله روی اصول و تجهیزات خنک‌کننده‌ی خلاء ومقایسه آن با روش سنتی بحث می‌کند و مزایا و معایب این تکنیک را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد.

Vacuum cooling technology for the food processing industry

Karbalaee Aghaee, Afsaneh[1]; Saeidi, Raheleh[2]
[1]*Physics Department, K.N. Toosi University of Technology, Tehran*
[2] *Physics Department, Tarbiat Modaress University, Tehran*

.

Abstract

Vacuum cooling is a rapid evaporative cooling technique, which can be applied to specic foods and in particular vegetables .Increased competitiveness together with greater concerns about product safety and quality has encouraged some food manufacturers to use vacuum cooling technology .The advantages of vacuum cooling include shorter processing times,consequen tenergy savings,improved product shelf life,quality and safety. Recent research has highlighted the possible applications of vacuum cooling for cooling meat and bakery products, fruits and vegetables. It is concluded that while vacuum cooling remains a highly specialised cooling technique ,with Continuing research its application may make its use in the food and vegetable processing industries more competitive and widespread. This paper first discusses the principles and equipment of vacuum cooling and critically and analyses the advantages and disadvantages of this technique.

مقدمه

فن‌آوری خنک‌سازی با خلاء یک تبخیرکننده پرسرعت در تکنیک خنک‌سازی می‌باشد که بخشی از رطوبت موجود در غذا را تحت شرایط خلاء می‌گیرد.در این فرآیند محصولی که قرار است سرد شود را وارد یک محفظه‌ی بسته می‌کنند.پمپ‌های خلاء محفظه را از هوا خالی می‌کنند، به طوری که فشار داخل محفظه تا فشار اشباع کاهش می‌یابد.در این هنگام آب محصول تبخیرمی-شود، گرمای آن کاهش می‌یابد و خنک می‌شود.مقدار زیادی بخار

www.SID.ir

Archive of SID

تولید شده در طی فرآیند، توسط پمپ‌های خلاء و از طریق چگالش از بین می‌رود.به منظور سهولت پخش بخارآب تولید شده به اتمسفر محیط، محصول ما باید ساختار پر منفذی داشته باشد.

نخستین گیاهی که با فن‌آوری خنک سازی با خلاء سرد شد کاهوبود که در سال ۱۹٤۸ توسط ایالات متحده انجام شد[۲].پس از آن این روش در سبزیجات برگدار مانند: کاهو و قارچ گسترش پیدا کرد[۳] . در خنک سازی با خلاء می‌توان محصول را در یک زمان بسیار کوتاه سرد کرد.علاوه بر این، مزایای زیادی در صنعت موادغذایی دارد که می‌توان به افزایش زمان نگه‌داری محصول، افزایش توان تولیدی، کاهش مصرف انرژی و به حداقل رساندن رشد میکروبی اشاره کرد[٤]. علاوه بر این، بر خلاف خنک‌سازی با سیستم‌های متعارف و سنتی، سرعت خنک‌سازی با خلاء به طور مستقیم تحت تأثیر اندازه‌ی نمونه قرار نمی‌گیرد که این امر یک روش با صرفه برای محصولات با ابعاد بزرگ است.همچنین درجه حرارت محصول در طی فرآیند خنک‌سازی با خلاء خیلی دقیق کنترل می‌شود .

۲.کاربردهای خنک‌سازی با خلاء

۱.۲ میوه و سبزیجات

خنک‌سازی با خلاء یک روش تجارتی استاندارد است که در بسیاری از کشورهای اروپایی و همچنین در آمریکا استفاده می شود[۵].

به طور کلی پذیرفته شده است که میوه‌ها و سبزیجات به مرور طراوت خود را از دست می‌دهند و محصولات سریعا شروع به خراب شدن می‌کنند.محوطه گرم سبب خرابی بعضی از محصولات مزارع باغبانی مانند کاهو می‌شود و بابت همین نیاز است که پس از برداشت محصول از مکان گرم تغییر مکان داده می‌شود.تاثیر دما بر روی خرابی محصولات چشمگیر است؛کاهش دما از۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۵ درجه سانتی‌گراد تقریبا زمان ماندگاری را دوبرابر می‌کند. خنک‌سازی با خلاءبه راحتی و سریعا دما را در محوطه گرم کاهش می‌دهد.ماندگاری کاهو در یک محدوده دمایی به طور طبیعی بین ۳ تا ۵ روز می‌باشد.اگر چه با نگه داری آن در در دمای ۱ درجه سانتی گراد با وابستگی رطوبت ۹۰٪ ، می توان زمان ماندگاری را به ١٤ روز افزایش داد [٦] . این فرآیند دمای کاهو را در عرض ۳۰ دقیقه از ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد به ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد کاهش می‌دهد [۷].

بعد از این مراحل این سبزیجات می توانند از طریق وسایل سرمازا در انبار سرما و فروشگاه‌ها توزیع شوند. کارتحقیقاتی زیادی برای بررسی خنک‌سازی با خلاء در باره انواع دیگر سبزیجات و میوه جات، از جمله کلم بروکلی [۸]، اسفناج[۹]، خیار [۱۰]،بادمجان[۱۱]، هویج[۱۲]، فلفل [۱۳]، شلغم[١٤]و توت فرنگی [۱۵]انجام شد.

۲.۲.گوشت و فرآورده‌های گوشتی

هدف اصلی از پخت گوشت برای تولید،یک محصول قابل دوام از نظر اقتصادی و سالم از لحاظ میکروبیولوژیکی و مورد قبول از نظر مصرف کننده است[١٦] . به پخت صنعتی نمی‌توان در نابود ساختن همه عوامل بیماری زای میکروارگانیسمی که ممکن است وجود داشته باشند، اعتماد کرد.اگر سرعت انجام خنک‌سازی بسیار آرام باشد،هاگ‌های میکروبی زنده می‌مانند و می‌توانند در غذا رشد کنند که رشد آنها مانند یک داروی سمی می‌باشد[۱۷]. بنابراین برای دلایل ایمنی و کمتر شدن هرگونه عامل بیماری‌زا یک مینیمم دمایی باید اتخاذ شود که در طی پخت با سرعت کافی عملیات خنک‌سازی را انجام دهد[۱۸]. بعضی از یافته‌ها نشان می دهند که استفاده از خنک‌سازی با خلاءبرای سرعت خنک‌سازی پخت‌های گوشتی و محصولات گوشتی بسیار موثر است.نشان داده شده است که امکان خنک‌سازی برای ژامبون‌های ٦/٨ تا ۷/۳ کیلوگرم وجود دارد که از دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا۱۰درجه سانتی گراد در ۳۰ دقیقه انجام می‌شوند که این حالت را می‌توان با حالت خنک‌سازی در هوای دم کرده خنک‌زای متداول که در ٦٢٤ دقیقه انجام می‌شود مقایسه کرد.همچنین نشان داده شده است که خنک‌سازی با خلاءدر خنک‌سازی تکه‌های بوقلمون ،گوشت گاو و ژامبون کاربرد دارد(۱۹).

۳.۲ شیلات

خنک‌سازی با خلاءدر صنعت شیلات کاربرد محدودی دارد. اگرچه پردازش صنعتی تن سبب استفاده از این تکنولوژی شده

www.SID.ir

Archive of SID

است.به طور طبیعی وقتی که ماهی های تن صید می‌شوند، فوراً به آنها سرما زده می‌شود و در آب نمک گذاشته می‌شوند تا این که به مکان اصلی فرستاده شوند.در آن جا آنها اول گداخته می‌شوند، سپس به وسیله بخار با درجه حرارت ٦٥ درجه سانتی‌گراد در مجرای سیلندری پخته می‌شوند.بعد از این که تن خنک شد در دمای ٣٥ تا ٤٠ درجه سانتی‌گراد در دستگاه خنک‌سازی با خلاء مورد عملیات قرار می‌گیرد که به طور خاص کاهش وزن ٣تا ٤ درصدی را نتیجه می‌دهد[٢٠]. تحقیق نشان داده‌است که کاربرد دیگر از خنک‌سازی با خلاءدر دریا برای سرد کردن ماهی‌های کوچک مانند وایتینگ یا خانواده خرچنگ‌ها مانند میگو می‌باشد [٢١].

٤.٢ سس‌ها

خنک‌سازی با خلاء در سس‌های گوشت و قالبهای گوشت یک شیوه معمول در انجماد مدرن و سردکردن حاضری گوشت می‌باشد.استفاده از خنک‌سازی با خلاء برای تغییر پروسه حمام خنک‌ساز برای سیستم‌های مایع که در آن به طور کارآمد و موثر دمای جسم کم می‌شود ،موقعیت مناسبی را به وجود می-آورد[22].در این نوع از سیستم خنک‌سازی با خلاء تولیدات به طور طبیعی در یک مجرای پوشیده که به هم چسبیده‌اند، جابجا و زیر فشار طبخ می‌شوند و سپس زیر عملیات خنک‌سازی با خلا سرد می‌شوند[٢٣]. بعضی اوقات از تیغه‌های اسکریپر به دلیل این که محصولات چسبناک به دیواره‌ها نچسبند در مجراها استفاده می‌شوند.کنترل کاهش وزن با این سیستم بسته راحت‌تر از دیگر سیستم‌های خنک‌سازی با خلاءبا تنظیم موقعیت حجم آب در سس‌ها می باشد[٢٤].

٥.٢ نانوایی

در صنعت نانوایی، لازم است محصول را قبل از بسته بندی به منظور جلوگیری از چگالش بخار، خنک کنیم. خنک‌سازی با خلاء یک روش سردکردن سریع برای طیف گسترده‌ای از محصولات پخته شده ، به عنوان مثال رول نان، نان ترد ،رول‌ها، شیرینی‌ها،کیک و بیسکوئیت‌ها است[٢٥]. خنک‌سازی با خلاء برای محصولات نانوایی در محدوده‌ی دمایی ٩٨ به ٣٠ قرار می-گیردو به ازای هر ١٠ درجه افت دما محصول ١ ٠/٠ وزن خود را از دست می‌دهد.پس در افت دمای ٩٨ به ٣٠ ما ٦/٨ درصد افت دما داریم [٢٦]. خنک سازی می‌تواند مانند یک فرایند پیوسته و خنک سازی با خلاء مدوله شده عمل کند که سرعت دقیق خلاء را کنترل می‌کند[٢٧].

هدف ازاین کنترل دقیق فشار به حداقل رساندن عوارض جانبی است که خلاء خنک‌سازی ممکن است در بافت محصولات ایجاد کند[٢٨].

٦.٢ غذاهای آماده

بازاربین المللی برای وعده های غذایی آماده در یخچال به شکلی اساسی در سال‌های اخیر رشد کرده است.به منظور بهبود ایمنی محصولات، غذای آماده باید بلافاصله پس از عملیات حرارتی به منظور جلوگیری از فساد میکروبی سرد شود[٢٩]. بنابراین ، یکی از بزرگترین چالش ها برای صنایع غذایی طراحی یک سیستم خنک کننده است که به سرد شدن سریع غذاهای آماده کمک کند. برای مثال ، در بریتانیا توصیه می شود که بسته غذاهای آماده نباید از١٠٠ میلی‌متر در ضخامت و ارتفاع تجاوز کند و خنک‌سازی باید در عرض ٣٠ دقیقه پس از پخت و پزاعمال شود. علاوه بر این موادغذایی با ضخامت و ارتفاع بیش از ١٠٠ میلی-متردر ٢.٥ ساعت وموادغذایی با ضخامت و ارتفاع کمتر از ٥٠ میلی‌متر در عرض ٩٠ دقیقه سرد می‌شوند [٣٠] .با استفاده از روش‌های سنتی این کار دشوار است . در نتیجه دانشمندان تحقیق بیشتری برای کشف روش‌های جدید انجام دادند که می‌توان به خنک‌سازی با خلاء اشاره کرد.

٣.مزایا و معایب خنک‌سازی با خلاء

مزایا:

مزایای استفاده از خنک‌سازی با خلاء چندین مورد است. عمدتا تولید را می‌توان در مدت بسیار کوتاه سرد کرد. به عنوان مثال ، در زمان کمتر از ٢ ساعت دمای (٥ تا ٦ کیلوگرم) ژامبون گوشت خوک از$^{\circ}C$ ٧٠ تا $^{\circ}C$ ٤ کاهش می‌یابد. در حالی که

www.SID.ir

Archive of SID

با سرد شدن آهسته زمان زیادی لازم ا ست تا سردشود[۳۱]. این روش مزایای بسیاری در صنایع غذایی دارد، به عنوان مثال زمان نگه‌داری محصول را افزایش می‌دهد که در نتیجه کاهش مصرف انرژی [۳۲] و به حداقل رساندن رشد میکروبی برای گوشت‌های پخته شده، و غیره را داریم[۳۱].

بر خلاف روش های خنک‌سازی متعارف و سنتی، خنک ساری با خلاء گرمای یکنواختی را روی محصول توزیع می‌کند. اگر توده ای از محصول با خنک‌سازی با خلاء سرد شود درجه حرارت تمام نقاط محصول در یک نسبت یکسان کاهش می‌یابد . این یکنواختی درجه حرارت در پردازش موادغذایی مفید است. به عنوان مثال ، با توجه به توزیع همگن درجه حرارت داخلی، انقباض و فروپاشی در محصول کمتر رخ می‌دهد [۳۲]. در طی خنک‌سازی با خلاء، آب تبخیر شده در داخل نمونه منجر به به اختلاف فشار بین مرکز سطح می‌شود. بخار تولید شده از طریق منافذ به محیط اطراف می‌رود. در این روش درجه حرارت محصول در طول فرآیند خنک‌سازی با خلاء دقیق کنترل می‌شود.

معایب:

با وجود مزایای بسیارعالی، خنک‌سازی با خلاء دارای معایبی نیز می‌باشد. از آنجا که فرآیند خنک‌سازی با خلاء، آب موجود در محصول را تبخیر می‌کند ،تنها محصولی که حاوی آب آزاد است می‌تواند ازاین طریق خنک شود. علاوه بر این ، دقت شود که میزان از دست رفتن رطوبت آسیب قابل توجهی به کیفیت محصول ایجاد نکند.روش های مختلفی به منظور جبران آب از دست رفته پیشنهاد شده‌اند؛ از جمله خیس کردن محصول قبل از خنک سازی[۳۰] و نصب و راه اندازی اسپری محتوای آب درون محفظه [۳۱].محصولی که با خلاء خنک‌سازی شده باید دارای ساختار متخلخل باشد تا بخار تولید شده از آب تبخیر به محیط اطراف پراکنده شود.به عنوان مثال خنک سازی با خلاء در کاهو، کلم، قارچ با موفقیت انجام شده است و برای پرتقال، گوجه فرنگی و سیب نتیجه ی خوبی نداده است مگر اینکه این محصولات در حین فرآیند پوست کنده باشند. [۳۱]. خنک‌سازی به روش متعارف و سنتی روی سطح محصول اثراتی می گذارد اما خنک‌سازی با خلاء علاوه بر سطح در داخل محصول نیز تغییراتی ایجاد می کند، پس می‌توان گفت خنک‌سازی با خلاء یک اثر قابل توجهی بر روی بافت داخلی وساختار محصول ایجاد می‌کند [۳۲].

٤.چشم اندازی به آینده

اخیرا پیشرفت و تحقیقات قابل توجهی برای توسعه فن آوری خنک‌سازی با خلاء انجام شده‌است. نتایج پژوهش به وضوح نشان می‌دهد که خنک‌سازی با خلاء در مقایسه با خنک‌سازی به روش سنتی بسیار سریع و کارآمد است. خیس کردن محصول قبل از خنک‌سازی و نصب و راه اندازی اسپری محتوای آب درون محفظه یک روش موثر در کاهش از دست دادن جرم محصول در طی فرآیند خنک‌سازی با خلاء است. به منظور اینکه این فرآیند به طور گسترده در موادغذایی مورد استفاده قرار بگیرد تحقیق وپژوهش به منظور بهبود عملکرد محصول و همچنین به حداقل رساندن اثرات نامطلوب آن بر کیفیت محصول ادامه دارد. از آنجا که اکثر مطالعات در مقیاس کوچک انجام شده است فعالیتهای پژوهشی جدید بر روی طراحی تجهیزاتی است که بتواند برای کارهای صنعتی و در مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار بگیرد.

نتیجه گیری

سنتی‌ترین کاربردهای خنک‌سازی با خلاء در حذف سریع گرما از کاهو و قارچ به منظور گسترش عمر مفید آنهاست.خنک-سازی با خلاء در حال حاضر در صنعت نانوایی ومحصولات غذایی مانند سس، گوشت، میوه و سبزیجات که معمولا خنک سازیشان با استفاده ازروش‌های خنک‌سازی متعارف و سنتی دشوار است، کاربرد دارد. در چند سال گذشته، خنک‌سازی با خلاء به عنوان یک خنک کننده سریع در مواد غذایی، به منظور افزایش ایمنی محصولات به کار برده می شود.

خنک سازی با خلاء تکنیک خنک سازی جدیدی است که در صنعت غذا به ویژه از نظر کاهش هزینه تولید و بهبود کیفیت محصول مزیت های بسیاری دارد و انتظار می رود که استفاده از آن در آینده به سرعت گسترش یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

مرجع‌ها

[۱] Acker, R., & Ball, K. M. J. Modulated “vacuum cooling and vacuum treatment of bakery products”; *Getreide Mehl und Brot*, **31** (1977) 134–138.

[۲] Thompson, J. T. & Rumsey, T. R. “Determining product temperature in a vacuum cooler”. *Paper No.*, **84** (1984)-6543, New Orleans, USA: ASAE.

[۳] Frost, C. E., Burton, K. S., & Atkey, P. T. (1989). :A fresh look at cooling mushroom” *Mushroom Journal*, 193, 23–29.

[٤]Artes, F., & Martinez, J. A., “Influence of packaging treatments on the keeping quality of salinas lettuce.” *Lebensmittel Wissenschaft und Technologies*, **29** (1996)664–668.

[٥] Harvey, J. M.. “Improving techniques for vacuum cooling vegetables”; *ASHRAE Journal*, **5** (1963) 41–44.

[٦] Artes, F., & Martinez, J. A. “Influence of packaging treatments on the keeping quality of salinas lettuce.” *Lebensmittel Wissenschaft und Technologies*, **29**(1996) 664–668.

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

[٨] Sun, D. W. “Comparison of rapid vacuum cooling of leafy and non-leafy vegetables”. *ASAE Paper No.*, (1999) 996117, ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA.

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

[١٠] Sherman, M., & Allen, J. J. (1983). Impact of postharvest handling procedures on soft rot decay of bell peppers. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 96, 320±322.

[١١] Ishii, K., & Shinbori, F. (1988). E€ects of outer leaf trimming, precooling methods and delay in precooling on changes in quality of turnips. Journal of Japanese Society of Horticultural Science, 57, 544±548.

[١٢] Anon, (1981a). Vacuum cooling for fruits and vegetables. Food Processing Industry, 12, 24.

[١٣] 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.

[١٤] Mc Donald, K., & Sun, D. W. (1999b). E€ect of cooling rate on the quality of cooked beef. Paper No. P06/10, Paper Presented at the 10th World Congress of Food Science and Technology, Sydney, Australia.

[١٦] 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.

[١٧] Mc Donald, K. (1999). Safety in the cooling of large cooked meats. The Food Science Times, 2, 3±12.

[١٨] Eccher, P., & Borinelli, M. G. (1974). E€ect of air and vacuum precooling on marketing of strawberries. Revue Generale du Froid, 65, 913±918.

[١٩] Carver, C. H. (1975). Vacuum cooling and thawing ®shery products. Marine Fisheries Review, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, USA, 37, 15±21.

[٢٠] Franklin, D. L., Goembel, A. J., & Hahn, D. D. (1990). Vacuum chilling for processed meat. United States Patent Number 4942053.

[٢١] Anon, (1981b). Rapid vacuum cooling. Food Processing Industry, 9, 49.

[٢٢] Fejes, T. (1994). Energetic modelling of batch vacuum coolers. Hungarian Agricultural Engineering, 7, 26±28.

[٢٣] Anon. (2004). It_s cooler to work with a vacuum. Food Manufacture (May), 53–54.

[٢٤] Bradshaw, W. (1976). Modulated vacuum cooling for bakery products. Bakery Digest, 50, 26–31.

[٢٥] Chen, Y. L. (1986). Vacuum cooling and its energy use analysis. Journal of Chinese Agricultural Engineering, 32, 43±50.

[٢٦] Wang, L. J., & Sun, D.-W. (2001c). Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology. Trends in Food Science & Technology, 12(5–6), 174–184.

[٢٧] Malpas, E. W. (1972). Vacuum equipment for evaporative cooling. Process Biochemistry (October), 15–17.

[٢٨] Acker, R., & Ball, K. M. J. (1977). Modulated vacuum cooling and vacuum treatment of bakery products. Getreide Mehl und Brot, 31, 134–138.

[٢٩] Longmore, A. P. (1973). The pros and cons of vacuum cooling. Food Industries of South Africa, 26(6–7), 9–11.

[٣٠] Sun, D.-W. (1999b). Effect 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.

[٣١] Zheng, L. Y., & Sun, D.-W. (2004b). Vacuum cooling for the food industry—a review of recent research advances. Trends in Food Science & Technology, 15(12), 555–568.

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

www.SID.ir