

## بررسی روش خنک کردن توسط خلاء برای محصولات کشاورزی؛ مزایا و معایب این روش

بیرامی امامزاده، امیر<sup>۱</sup>؛ ملکی، محمد هادی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده علوم دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، انتهای بلوار نوروزیان، قزوین

<sup>۲</sup> پژوهشگاه لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، انتهای کارگر شمالی، تهران

### چکیده

قاعده کلی سرد کردن با خلاء بر پایه تبخیر سریع بخش مرطوب و نمناک محصول تحت خلاء است. خنک کردن خلأیی قادر است همراه کوتاه کردن مدت زمان سرد کردن، عمر پوست محصول را افزایش می دهد، و کیفیت و اطمینان از مصرف محصول را بهبود می دهد. در صنعت کشاورزی برای باطراوت ماندن سبزیجات و قارچ ها، از خنک کردن خلأیی استفاده شده است. نگرانی در ایمنی غذا، تولید کنندگان غذایی را به کاوش روش های جدید برای خنک کردن در صنایع غذایی، وادار کرده است.

## Survey of vacuum cooling method for agricultural products; advantages and disadvantages of this method

Bayrami emamzadeh, Amir<sup>1</sup>; Maleki, M.Hadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of science, University of Imam Khomeini, Norozian boulevard, Qazvin

<sup>2</sup> Laser & Optics Research School, NSTRC, Kargere shomali, Tehran

### Abstract

The principle of vacuum cooling is based on rapid evaporation of part of the moisture of the product under vacuum. Vacuum cooling can be used to shorten processing time, extend product shelf life, and improve product quality and safety. In agricultural industry is used Vacuum cooling to remain long time as fresh for vegetables and mushroom. The concern for food safety has made food manufacturers to explore new methods to cool in the food industry.

PACS No. 07.30.Kf; 07.30.Cy;

روش آماده سازی خوراکی های آبی، نان پزی، انواع سس ها و غذاهای ویژه و... توسعه داده شده است [۱]. روش خنک کردن با خلأ یک روش مؤثر و کارآمد برای سرد کردن پیشرفته محصولات مربوط به گلکاری نیز استفاده شده است. رقابت افزایش یافته همراه با نگرانی در مورد سالم ماندن غذاها، محققان را به کشف روش فرآوری و تهیه غیر معمول و جدید واداشته است. روش های تازه در صنایع غذایی، لزوم یک رشد چشم گیری برای خنک

### مقدمه

روش سرد کردن با خلأ از تبخیر قسمت مرطوب محصول تحت شرایط خلأ بدست می آید. مشخصه اصلی این روش، نرخ سرد شدگی سریع و استثنایی اش است، که توسط روش های خنک کننده متداول امکان پذیر نمی باشد. به صورت تجاری، این برای حذف کردن گرمای نهان سبزیجات برگ دار بعد از برداشت محصول جهت افزایش عمر پوست محصول استفاده شده است. در دهه گذشته، کاربرد این به دیگر زمینه های صنعت غذایی مثلاً در

انتقال گرمای قابل لمس محصول بدست آمده است. بخار تولید شده باید به صورت پیوسته تخلیه شود که در غیر اینصورت درون مجرا متراکم می شود و عمل خنک شدن متوقف می شود.

یک چرخه خنک کردن با خلأ بدین صورت است: محصولات خوراکی ابتدا درون محفظه خلأ جمع می شوند و در آن بسته می شود. پمپ خلأ روشن شده و فشار مطابق با دمای اولیه خوراکی به حد اشباع خود می رسد. این مرحله تخلیه نخستین، حدود ۷ الی ۱۰ دقیقه، بسته به اندازه محفظه خلأ و ظرفیت پمپ خلأ طول می کشد. زمانی که فشار محفظه خلأ در فشار اشباع متناظر با دمای نخستین غذا است. این مرحله به عنوان نقطه آنی از روند خنک کردن خلأئی تعریف می شود. معمولاً فشار چمبره (محفظه خلأ) نیاز است که به این مرحله به شکل سریعی برسد، و پمپ بتواند هوا را تخلیه کند. در ضمن آب شروع به بخار کردن می کند، بخار تولید شده بعداً توسط پمپ خلأ برداشته می شود. در سرتاسر یک تراکم شدگی، زمانی که یک متراکم کننده درون محفظه خلأ نصب شد، فشار اولیه بعداً کاهش یافت، به طوری که بخار آب بوجود آمد. با سرد کردن پیوسته تا جایی که به دمای از پیش تعیین شده انبار محصولات برسد. این روند به پایان می رسد، شیر هوا باز می شود و هوا دوباره درون محفظه نشست می کند. سرانجام، محصولات از محفظه برداشته می شوند و در دمای مناسب نگه داشته می شوند.

### ساختار عمومی دستگاه ها برای خنک کردن خلأئی

استفاده از روش خنک کردن به کمک خلأ، بسته به کاربرد واقعی اش، سایز و شکل دستگاه مربوطه تغییر می کند. هرچند مؤلفه های اساسی شامل محفظه، پمپ خلأ، متراکم ساز بخار و ازاین دست نمایش داده شده در شکل ۲ مشابه هستند.

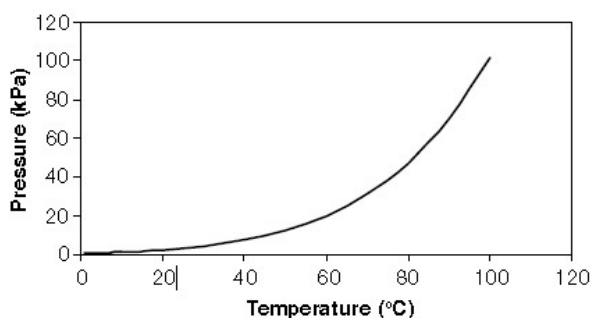
پمپ خلأ مرسوم که معمولاً نیز از آن استفاده می شود پمپ روتاری است. در طول سرد کردن با خلأ به میزان زیادی بخار تولید می شود، به عنوان مثال این پمپ برای کاهش دما از ۷۲<sup>۳</sup> از بخار می تواند با تنظیم در ۲۲ عملی شود. متراکم کننده بخار معمولاً درون محفظه نصب می شود بدین ترتیب تراکم بخار برای تخلیه در مجرای آب برمی گردد.

سازی با خلأ را در تهیه و تولید غذاهای آماده مانند دسرها، گوشت های پخته و غیره را برجسته می کند [۲].

در این مقاله سعی شده است توسعه سرد شدن خلأئی برای استفاده در صنعت کشاورزی و صنایع غذایی بررسی شود و همچنین مزیت ها و مضرات مربوط به این تکنیک به صورت مقایسه ای با روش های خنک کننده تجاری اشاره شود.

### روند خنک شدن توسط خلأ

اصول سرد کردن با خلأ روی تبخیر سریع رطوبت از سطح و در محدوده محصولات کشاورزی است. زمانی که آب تبخیر می شود، این به جذب دما برای حفظ کردن سطح انرژی جنبشی مولکولی بالاتر در ناحیه گازی، نیازمند است. میزان گرمای مورد نیاز، که گرمای نهان نامیده می شود، از محصول یا از محیط فراهم می شود. این حرارت به طور مستقیم به فشار محیط مربوط است، شکل ۱ این رابطه را نشان می دهد. در فشار ۱ اتمسفر، آب در ۱۰۰ درجه سانتی گراد بخار می کند، هرچند زمانی که فشار هوا کمتر از ۱ اتمسفر می شود آب در دمای پایین تر، می جوشد. ازاینرو، سردشدگی با خلأ روندی مخالف با فشار در حین پختن است.



شکل ۱: رابطه میان فشار بخار اشباع شده و دمای اشباع شده.

برای هر محصول که محتوی آب یا هر مایعی است، اگر این در مجرای بسته باشد که فشار از طریق یک پمپ خلأ کاهش یابد، اختلاف فشار بین آب موجود در محصول با محیط باعث تبخیر شدن آب شده و بخار تولید شده به بیرون از جو محیط رانده می شود. از آنجایی که محصول در عدم تماس با محیط دیگری از هوا است، گرمای نهان مورد نیاز برای تبخیر، توسط

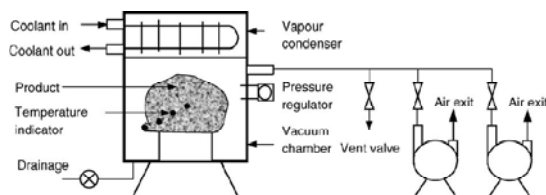
خنک کننده ها دارد، چرا که انقباض و فروریختگی همسان ناشی از توزیع دمایی درونی رخ می دهد [۶].

در هنگام عمل خنک کردن خلأیی آب درون منفذهای درشت نمونه، بدلیل اختلاف فشار میان منفذ روی مرکز و سطح تبخیر می کند. بخار تولیدشده باید میان فضای سوراخ منتشر شود و به محیط برود. در نتیجه گیری از این موضوع، میزان تبخیر آب به صورت بزرگی توسط ساختار پرمفد درونی نمونه تاثیر می پذیرد. بدین سان، میزان خنک شدگی به روش خلأ، به متخلخل و پرمفد بودن محصول بیشتر بستگی دارد تا ساختار ابعادیش [۷].

علاوه بر این، روند خنک کردن خلأیی بسیار بهداشتی تر از حالتی است که در پایان کار خنک کردن محفظه خلأ برای آزاد شدن باز شده است، به درون محفظه، هوا می رود. در کل کنترل دقیق محصول همیشه در طول خنک کردن خلأیی ممکن است.

### معایب روش خنک کردن خلأیی

با وجود مزایای زیاد خنک کردن خلأیی، این روش معایب خود را دارد. خنک کردن خلأیی یک روش بسیار خاص برای محصولاتی است که برای مرطوب نگه داشتن آنها تنها با ساختار پرمفد کاربردی و کارساز است. از آنجایی که خنک کردن خلأیی از طریق بخار آب بدست می آید، تنها محصولات دارای آب معمولی می توانند توسط خلأ به این شکل خنک شوند. از طرف دیگر، این نیاز دارد که مقدار رطوبت از دست داده نباید موجب خراب شدن و از بین رفتن کیفیت محصول گردد. به سبب میزان زیاد آب از دست رفته، بازده در طول خنک کردن خلأیی کمتر از روش های دیگر است، که ناطلوب است از آنجایی که بازده مستقیماً با سود دهی برای تولیدکنندگان که می خواهند به آن دست یابند، رابطه مستقیم دارد. برای کاربرد موفق به داشتن یک ساختار متخلخل نیاز است، به طوری که بخار تولید شده از تبخیر آب می تواند درون محیط پخش شوند. به عنوان مثال، روش خنک کردن خلأیی به طور موفقیت آمیزی در خنک کردن کاهو ها، قارچ ها و غیره استفاده شده است گرچه برای پرتقال، گوجه فرنگی ها و سیب ها ناموفق واقع شده است، مگر اینکه پوست این ها جدا شده باشد [۸]. برخلاف روش های سردکردن معمول که به طور اساسی روی سطح محصول اثر می گذارند، هنگام عمل روش



شکل ۲: تصویری از اجزای سیستم وکیوم کولینگ.

### مزایای روش خنک کردن خلأیی

در این روش محصول اصلی می تواند در مدت زمان بسیار کوتاهی خنک بشود. برای مثال این کمتر از ۲ ساعت برای کاهش دمای گوشت قرمز (۵kg) از ۷۰ درجه سانتی گراد به ۴ درجه سانتی گراد طول می کشد. به طوری که برای خنک کردن به روش دمش هوا، زمان سرد شدن در حدود ۹ ساعت بود [۳]. تفاوت میان میزان سردکنندگی خنک کردن خلأیی و روش های متداول، ناشی از تفاوت مکانیزم های سردکننده مربوطه است.

بدلیل نرخ بالای سردکنندگی سریع وکیوم کولینگ، این روش برای فراهم کردن کاربردهای مفید فراوان به صنایع غذایی معرفی شده است. که برخی از امتیازها و برتری های این روش چنین است: کوتاه کردن مدت زمانی که محصولات باید برای سرد شدن منتظر بمانند، یا افزایش توان عملیاتی، کاهش مصرف انرژی [۴]، به حداقل رساندن رشد میکروبی برای گوشت های پخته و غیره.

روش های سرد کننده مرسوم نامطلوب، روش خنک کردن خلأیی را از طریق بخار آب، بوجود آورده است که می تواند هم روی سطح و هم قسمت درونی محصول تاثیر گذار باشد. بنابراین، محصول یک توزیع دمایی درونی یکنواخت و یکریخت دارد. اگر یک مقدار زیاد از محصولی برای سرد شدن خلأیی موجود باشد، دمای همه محصول به یک میزان، در رو، مرکز و زیر دارد، کاهش میابد [۵]. اما اگر خنک کردن توسط دمش هوا برای یک محصول بزرگ ایجاد شود، اختلاف دمایی میان سطح و مرکز محصول زیاد خواهد بود [۳]. این گونه که دما در همه جای محصول به صورت یکنواخت کاهش یابد مفید است. به عنوان مثال محصولات پخته شده و سرد شده در خلأ همیشه یک ساختار برتر نسبت به دیگر

ایجاد میکند و بر روند سردشدگی خلأ تأثیر می گذارد. از اینرو تحقیقاتی ژرف و گسترده نیاز است.

### مرجع‌ها

- [۱] Everington, D. W. "Vacuum technology for food processing". In A. Turner (Ed.), *Food technology international Europe*, (1993) 71-74.
- [۲] McDonald, K., & Sun, D.-W. "The formation of pores and their effects in a cooked beef product on the efficiency of vacuum cooling". *Journal of Food Engineering*, **47** (2001) 175-183.
- [۳] Sun, D.-W. (2000). "Experimental research on vacuum rapid cooling of vegetables. In *Advances in the refrigeration systems; food technologies and cold chain* 342-347.
- [۴] Chen, Y. I. "Vacuum cooling and its energy use analysis. *Journal of Chinese Agricultural Engineering*"; **32** (1986)43-50.
- [۵] Malpas, E. W. "Vacuum equipment for evaporative cooling Process", *Biochemistry*, (1972) 15-17.
- [۶] Acker, R., & Ball, K. M. J. "Modulated vacuum cooling and vacuum treatment of bakery products." *Getreide Mehl und Brot*, **31** (1977) 134-138.
- [۷] McDonald, K., Sun, D.-W., & James, L. "Effect of vacuum cooling on the thermophysical properties of a cooked beef product". *Journal of Food Engineering*, **52** (2002) 167-176
- [۸] McDonald, K., Sun, D.-W., & Kenny, T. "Comparison of the quality of cooked beef products cooled by vacuum cooling and by conventional cooling"; *Lebensmittel Wissenschaft und Technologies*, **33** (2000) 21-29.

وکیوم کولینگ، جوشیدن در هر دو طرف سطح درونی و روی سطح رخ می دهد. با این نتیجه گیری خنک کردن خلأئی ممکن است یک تأثیر رضایت بخش روی ترکیب داخلی و ساختار محصول بگذارد.

### نمونه هایی کاربردی از روش خنک کردن خلأئی در

### صنایع غذایی

### پیشرفت تحقیقات و توسعه در آینده

اخیراً، پیشرفت های تحقیقات کافی برای توسعه خنک کردن خلأئی در صنعت گوشت های پخته نیز، بوجود آمده اند. نتایج تحقیقات بوضوح به فرق داشتن با روش های سرد کننده قبلی از قبیل دمش هوا، غوطه ور کردن در آب یا خنک کردن آرام هوا اشاره دارد، خنک کردن خلأئی یک روش بسیار سریع و کارساز خنک کردن گوشت های پخته است. علاوه بر این، این میزان سریع سردکردن به صورت مستقیم توسط اندازه محصولات تأثیر نمی کند، که این یک روش جالب برای سرد کردن گوشت هایی با حجم بزرگ را فراهم می کند. خنک کردن خلأئی تنها روش پیشنهاد شده توسط اداره بهداشت کشورهایمانند بریتانیا و ایرلند برای محصولات گوشتی در سایز بزرگ است. هرچند از دست دادن وزن در طول سرد کردن با خلأ اغلب دوبرابر روش های خنک کردن معمول است.

غذاهای آماده یک زمینه جدید و مهم دیگری برای تحقیق و عملی کردن خنک کردن خلأئی ایجاد کرده است. اگرچه از زمانی که خنک کردن خلأئی یک تکنیک سردکردن ویژه محصولات است، فراخور بیشتر برای محصولات با یک سطح بزرگ به نرخ حجم و برای محصولاتی که می تواند موجب از دست دادن یک مقدار از آب بدون تاثیرهای مغایر و مضر بر کیفیت را موجب شود، کاربرد جهانی از خنک کردن خلأئی ممکن است بدلیل اینکه برخی خوراکی ها از جمله غذاهای آماده بدلیل داشتن اجزا گوناگون درونشان، محدود بشود. این اجزا ممکن است اندازه، بافت سلولی و ساختار مختلف ممکن است باشد، و با نتیجه گیری از اینها، هرکدام از معیارهای مختلف بالا رفتارهایی را