بررسی اثر دما و ورقه سازی بر سرعت تنفس هویج پوست کنده

امیر حیدری[۱و۲*]، ایران عالمزاده[۲]، نعیمه اقبالی فام[۱]، سحر فلاحت پیشه[۱]، خدیجه پورخانعلی[۱]، حسین بردبار[۳]

۱- اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده فنی، گروه مهندسی شیمی
۲- تهران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت
۳- تهران، شرکت پاکسان، واحد تحقیق و توسعه

(تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۲)

چکیده

بسته بندی اتمسفر اصلاح شده یکی از روش های پیشنهادی برای افزایش عمر قفسه ای و کیفیت میوه ها و سبزیجات می باشد. به منظور طراحی یک بسته بندی مناسب، اطلاع از میزان دقیق سرعت تنفس ضروری می باشد. در این تحقیق اهمیت انتخاب نوع دقیق معادلات ریاضی در تعیین سرعت تنفس مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه سرعت تنفس هویج پوست کنده و آماده مصرف در سیستم تنفس سنج بسته در دو دمای آزمایشگاه (۱°C± ۲۱) و دمای یخچال (۱°C± ۷) اندازه گیری شد. به علاوه، اثر ورقه سازی بر سرعت تنفس در دماهای ذکر شده مطالعه گردید و نتیجه گرفته شد که افزایش دما و ورقه سازی سرعت تنفس را افزایش می دهند. نتایج این پژوهش زمینه ساز طراحی مناسب بسته بندی اتمسفر اصلاح شده می باشد.

کلید واژه گان: سرعت تنفس، هویج، ورقه سازی، دما، سیستم بسته

۱- مقدمه

میوه ها و سبزیجات تازه معمولاً از بازار خرید و فروش خوبی برخوردارند، ولی بواسطه فسادپذیری، اغلب عمر قفسه ای کوتاهی دارند. فساد میوه ها با فعالیت های فیزیولوژیکی و بیوشیمی آنها مرتبط می باشد و دقیقاً از لحظه ای شروع می شود که آنها از گیاه اصلی جدا می شوند[۱و۲]. عمر قفسه ای محصولات نسبت عکس با سرعت تنفس دارد [۳]. سرعت تنفس میوه ها و سبزیجات معمولاً با افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن و کاهش غلظت اکسیژن کاهش پیدا می کند.

بسته بندی اتمسفر اصلاح شده روشی است که به طور

*مسئول مکاتبات: Heydari.amir@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]

گسترده برای طولانی کردن عمر قفسه ای و حفظ کیفیت و کمیت میوه ها و سبزیجات تازه استفاده می شود[٤].
در این تحقیق، سرعت تنفس هویج در یک سیستم تنفس سنج بسته اندازه گیری شده است که یک سیستم غیر تعادلی است و کاهش اکسیژن و تجمع دی اکسید کربن می تواند سرعت تنفس بافت را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. تا کنون روش های ریاضی متفاوتی برای محاسبه سرعت تنفس میوه ها وسبزیجات مختلف پیشنهاد شده است چرا که محاسبه سرعت تنفس به تناسب نوع میوه و رفتار فیزیولوژیکی آن و همچنین به روش انجام آزمایش و محاسبات ریاضی مورد استفاده بستگی دارد. در این تحقیق، سرعت تنفس هویج در دماهای ۷ و ۲۱ درجه سانتی گراد برای هویج های پوست گرفته شده بصورت کامل (برای مصارف خانگی) و همچنین ورقه شده (به منظور مصرف در سالاد) اندازه گیری شده است.

۲- مواد و روش ها

۲ -۱-تهیه میوه

در این تحقیق برای بررسی سرعت تنفس، میوه هویج انتخاب شد. هویج های تازه و رسیده از بازار محلی خریداری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. بعد از شستشو با آب سرد، پوست همه هویج ها گرفته شد و نیمی از هویج ها با ضخامت ۱,۵ میلیمتر ورقه ورقه شدند. آزمایشها برای هر دو نوع هویج دوبار انجام گرفت و هویج های مورد استفاده در هر دو سری از این آزمایشها برای کاهش اثرات حاصل از نسبت سطح به حجم در تعیین سرعت تنفس، تقریباً سایز یکسان داشتند[٥]. جرم هویج ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی و چگالی هویج با غوطه ور ساختن آن در آب بدست آمد. سپس هویج ها در یک محفظه بسته بندی شدند که حجم خالی محفظه با کم کردن حجم هویج از حجم کلی محفظه تعیین می گردد[٦]. مقادیر میانگین دما، جرم هویج ها و حجم خالی محفظه در جدول ۱ مشاهده می شوند.

جدول۱ مقادیر میانگین دما، جرم هویج ها و حجم خالی محفظه

حجم(میلی لیتر)	وزن(گرم)	نمونه	دما
٧٦٤,١٧	٢٨٣	کامل	٢١°C
٧٨٢,٢١	٢٩٢,٦	ورقه شده	٢١°C
٧٦٤,٢٠	٢٨٢,٩٦	کامل	٧°C
٧٨٢,٨٥	٢٩١,٨٣	ورقه شده	٧°C

۲-۲- رسپیرومتر

رسپیرومتر سرعت تنفس را در یک سیستم بسته اندازه گیری می کند که بخش عمده آن را محفظه تشکیل می دهد. جنس محفظه مورد استفاده در این آزمایش شیشه و درپوش آن فلزی می باشد. این محفظه پس از قرار دادن نمونه های هویج در داخل آنها به طور کامل و با کمک چسب مایع آب بندی شد تا از نفوذ هوا به داخل محفظه و یا خروج گاز از آن جلوگیری شود. درپوش محفظه از یک نقطه سوراخ گردید تا سوزن آنالایزر گاز بتواند داخل محفظه قرار گیرد. برای اطمینان از آب‌بندی، محفظه با ترکیب درصد مشخصی از گازها پر شده و سپس آب‌بندی گردید. پس از یک هفته، از آن جا که غلظت گازهای داخل محفظه ثابت مانده بود اطمینان از آب‌بندی حاصل گردید. لازم به ذکر است که حتی نشت بسیار کم گازها به داخل یا خارج محفظه باعث ایجاد خطای زیادی در داده ها می شود بنابراین آب‌بندی، بخش مهمی این از آزمایش می باشد.

۲- ۳- آنالیز گاز

برای اندازه گیری غلظت گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن داخل محفظه از دستگاه آنالایزر گاز $V\ O_2/CO_2$ OXYBABY ساخت شرکت WITTGAS استفاده شد و آزمایشات در فواصل زمانی منظم (دو ساعت)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]

انجام گرفت. قبل از انجام آزمایش، دستگاه کالیبره شد همچنین هوا به عنوان اتمسفر گاز اولیه استفاده شد[۷] و هر آزمایش برای مدت ۱۰ ساعت ادامه یافت.

۲- ٤- سیستم بسته

سیستم های بسته می‌توانند روش مناسبی برای توصیف تنفس میوه های تازه باشند[۸]. در این سیستم، تغییر غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در یک محفظه بسته که از تنفس ناشی می‌شود می‌تواند به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شود.

اندازه گیری سرعت تنفس میوه به عنوان تابعی از غلظت گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن در سیستم جاری دشوار می باشد زیرا نیازمند تجهیزات با دقت بالایی است [۹] در حالی که روش سیستم بسته سریع‌تر بوده و تجهیزات آن پیچیدگی کمتری دارد[۱۰] البته نسبت به وجود نشت در سیستم بسیار حساس می‌باشد و کاهش اکسیژن و تجمع دی‌اکسیدکربن تاثیر زیادی بر روی سرعت تنفس بافت میوه دارد.

۳- نتایج و بحث

۳- ۱- اندازه گیری سرعت تنفس

سرعت تنفس تجربی با توجه به اختلاف غلظت گاز در بازه‌ی زمانی، جرم میوه و حجم خالی محفظه محاسبه می‌شود. سرعت های مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن با استفاده از معادلات kays بدست می‌آید:

$$R_{O_2} = \left[\frac{[O_2]_t - [O_2]_{t+1}}{\Delta t}\right]\frac{V_{fr}}{W} \quad (۱)$$

$$R_{CO_2} = \left[\frac{[CO_2]_{t+1} - [CO_2]_t}{\Delta t}\right]\frac{V_{fr}}{W} \quad (۲)$$

که R_{O2} سرعت تنفس برحسب $mL[O_2]/kg.h$، R_{CO2} سرعت تنفس برحسب $mL[CO_2]/kg.h$، $[O_2]$ و $[CO_2]$ به ترتیب غلظت گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن، t زمان نگهداری برحسب ساعت، Δt بازه‌ی زمانی بین دو اندازه‌گیری، V_{fr} حجم خالی محفظه برحسب ml و W جرم میوه برحسب kg می‌باشد[۲].

محاسبه سرعت تنفس به شدت به معادلات ریاضی مورد استفاده بستگی دارد. استفاده معادلات مختلف برای فیت کردن داده های تجربی نسبت به زمان و فرم های مختلف معادله سرعت تنفس ممکن است به اختلافات بزرگی منجر شود. در این تحقیق، دو روش مختلف برای محاسبه سرعت تنفس هویج بررسی شده و نتایج مورد بررسی قرار گرفته است.

روش (۱):

Hagger یک تابع رگراسیون غیرخطی را برای فیت کردن داده های غلظت گاز برحسب زمان استفاده کرده و سرعت تنفس را در هر زمان از روی مشتق مرتبه اول آن تابع تعیین می کند[۱۱]:

$$[O2] = c - \frac{t}{at + b} \quad (۳)$$

$$[CO_2] = c + \frac{t}{at + b} \quad (٤)$$

که پارامتر c، غلظت اولیه اکسیژن و دی اکسید کربن و a و b ثوابت برازش منحنی می باشند. با خطی سازی روابط فوق و رسم نمودار، ثوابت a و b بدست می آید. مشتق اول نسبت به زمان سرعت تنفس را به دست می دهد[۱۲]. بنابراین از معادلات ۳ و ٤ نسبت به زمان مشتق گرفته شده و در هر زمان، سرعت تنفس براساس مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن به کمک معادلات ۵ و ٦ بدست می آید.

$$R_{O_2} = -\frac{d[CO_2]}{dt}.\frac{V_{fr}}{W} \quad (۵)$$

$$R_{CO_2} = \frac{d[CO_2]}{dt}.\frac{V_{fr}}{W} \quad (٦)$$

روش (۲):

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]

Gong & Corey روش دیگری را برای محاسبه سرعت تنفس پیشنهاد دادند. در این روش غلظت های گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن توسط یک معادله درجه دوم برحسب زمان فیت می شود که روابط آن به صورت زیر بیان می گردد[13]:

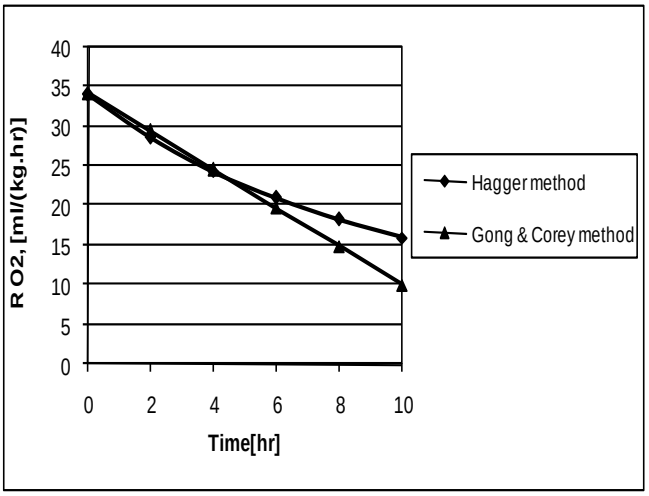
$$[O_2] = at^2 + bt + c \quad (۷)$$

$$[CO_2] = at^2 + bt + c \quad (۸)$$

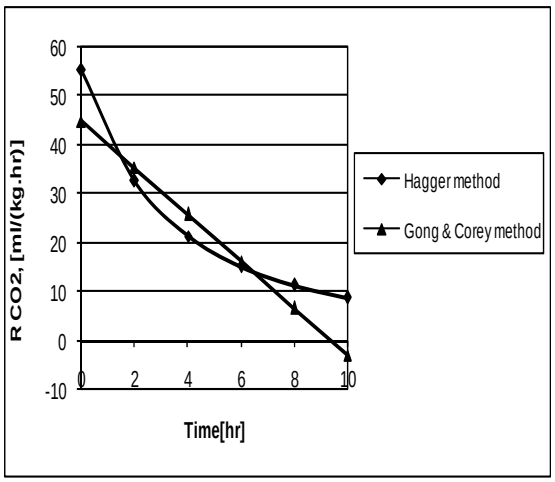
که پارامتر c همانند روش Hagger غلظت اولیه اکسیژن و دی اکسید کربن می باشد.

مشتق مرتبه ی اول نسبت به زمان از تابع درجه دوم، یک تابع خطی برحسب زمان بدست می دهد و محاسبه سرعت تنفس از معادلات ۵ و٦ حاصل می شود.

در شکل های ۱و۲ سرعت های مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن بدست آمده با استفاده از روش های Hagger و Gong & Corey نشان داده شده است.



شکل۱ سرعت مصرف اکسیژن نسبت به زمان برای هویج کامل در ۲۱ درجه سانتی گراد با استفاده از روش های Hagger و Gong & Corey



شکل۲ سرعت تولید دی اکسید کربن نسبت به زمان برای هویج کامل در ۲۱ درجه سانتی گراد با استفاده از روش های Hagger و Gong & Corey

با توجه به این شکل ها می توان نتیجه گرفت که محاسبه سرعت تنفس به شدت به معادلات ریاضی مورد استفاده بستگی دارد. استفاده معادلات مختلف برای فیت کردن داده های تجربی نسبت به زمان و فرم های مختلف معادله سرعت تنفس ممکن است به اختلافات بزرگی منجر شود. از آن جا که هویج میوه ای با سرعت تنفس متوسط می باشد لذا با توجه به مقادیر سرعت تنفس محاسبه شده با هر دو روش می توان گفت که روش ۱(Hagger) نسبت به روش ۲(Gong & Corey) بهتر بوده و سرعت تنفس هویج را صحیح تر پیش بینی می کند. به علاوه، پس از چند بازه زمانی سرعت های تنفس پیش بینی شده با استفاده از روش Gong & Corey به مقادیر منفی می رسد که غیر قابل قبول است. همچنین پارامتر R^2 که در جدول ۲ ذکر شده نشان می دهد که روش Hagger برای فیت کردن داده ها عملکرد مناسبی دارد. بنابراین برای تعیین سرعت تنفس هویج، روش Hagger روش مناسبی است.

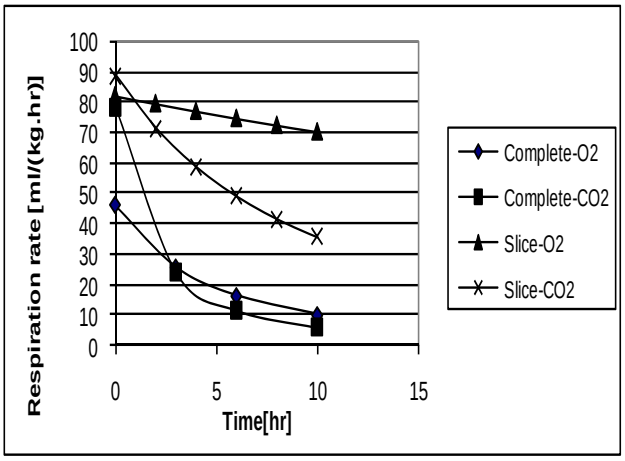
۳- ۲- مطالعه اثر دما و ورقه سازی

آزمایشات برای هویج های کامل و ورقه شده در دو دمای ۷ و ۲۱ درجه سانتی گراد انجام گرفت. ثوابت

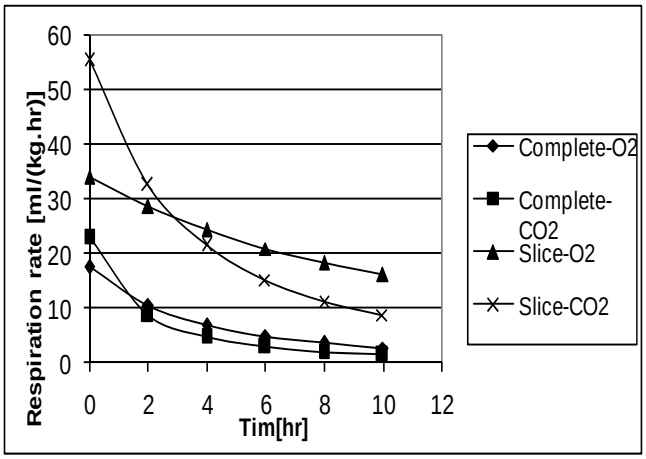
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]

رگراسیون بدست آمده بـا اسـتفاده از روش Hagger در جدول ۲ ارائه شده است.

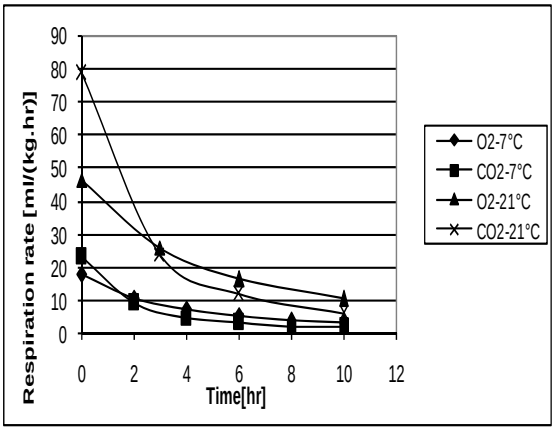
با توجه به شکل های ۳ و ٤ می توان دریافت کـه در هـر دما سرعت تنفس هویج های ورقه شـده بیـشتر از هـویج های کامل است. اثر دما نیز بر روی هویج هـای کامـل و ورقه شده به ترتیب در شکل هـای ۵و٦ نـشان داده شـده است. با افزایش دما سرعت تنفس هویج (کامـل و ورقـه شده) افزایش پیدا می کند.



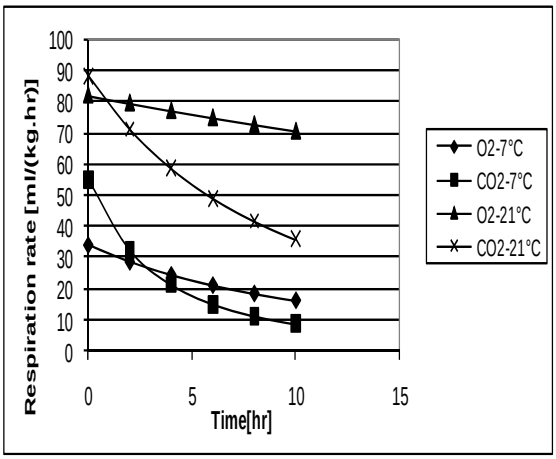
شکل۳ سرعت تنفس هویج های کامل و ورقه ورقه شده در دمای ۲۱°C



شکل٤ سرعت تنفس هویج های کامل و ورقه ورقه شده در دمای 7°C



شکل ۵ سرعت تنفس هویج های کامل در دمای آزمایشگاه و یخچال



شکل٦ سرعت تنفس هویج های ورقه ورقه شده در دمای آزمایشگاه و یخچال

٤- نتیجه گیری کلی

عمر قفسه ای محصولات نسبت عکس با سـرعت تـنفس دارد و محاسبه سرعت تنفس به معـادلات ریاضـی مـورد استفاده بستگی دارد. در این اثر، سرعت تنفس هـویج در یـک سیـستم بـسته بـا اسـتفاده از دو روش Hagger و Gong & Corey مقایسه گردید و نتیجه گرفته شد کـه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]

جدول ۲ ثابت های رگراسیون و ضریب همگرایی بدست آمده با استفاده از روش Hagger در دو دمای ۷ و ۲۱ درجه سانتی گراد

دما	نمونه	سرعت تنفس	a	b	c	R^2
۷±۱°C	کامل	مصرف اکسیژن	۲۳.٤٦۷	۱۵۳.۸۸۱	۰,۲۰	۰,۹۹۷۲
۷±۱°C	کامل	تولید دی اکسیدکربن	۳۵.۹۰۸	۱۱۸.۲۰۱	۰,۰۲۲	۰,۸۹۳۲
۷±۱°C	ورقه شده	مصرف اکسیژن	۱۸.۱۳۱	۱۲۵.۸۳۷	۰,۱۹۹	۰,۹٦۹۰
۷±۱°C	ورقه شده	تولید دی اکسیدکربن	۲۲.۲٤٦	۱۱۵.۹۸۳	۰,۰۲۵	۰,۹۳٦۱
۷±۱°C	کامل	مصرف اکسیژن	۳.۵۹۳۸	۷۸.٦۳٤	۰,۱۹۸	۰,۹۹٤۸
۷±۱°C	کامل	تولید دی اکسیدکربن	۷.۳۲٤٦	٤۸.۳۹٦	۰,۰۳۲	۰,۹۹٦۲
۷±۱°C	ورقه شده	مصرف اکسیژن	۰.۷٤۲	۹٤.۲۵۲	۰,۲۰۲	۰,۹۹۹۳

سرعت تنفس هویج های کامل و ورقه شده در دماهای ۷ و ۲۱ درجه سانتی گراد به ترتیب در شکل های ۳ و ٤ نشان داده شده است.

روش Hagger روش بهتری برای تعیین سرعت تنفس هویج می باشد. هنگامی که تنفس در یک سیستم بسته انجام می گیرد، غلظت اکسیژن با گذشت زمان کاهش پیدا می کند و هرگز افزایش نمی یابد. بر عکس غلظت دی اکسید کربن رفته رفته افزوده می شود و هرگز کاسته نمی شود. با کاهش دما از 21°C به 7°C سرعت تنفس کاهش پیدا می کند که بر همین اساس می توان زمان نگهداری هویج را با کمک دما تنظیم نمود. همچنین هویج های ورقه ورقه شده در هر دو دما سرعت تنفس بالاتری دارند که می تواند بواسطه افزایش سطح تماس به ازای وزن میوه در هویج های ورقه شده باشد. به عبارت دیگر هرچه سطح تماس بیشتر باشد نگهداری میوه به دقت بیشتری احتیاج دارد و نتیجه می شود برای بسته بندی هویج به صورت رشته برای مصارف سالادهای آماده مصرف این میزان تنفس جدی تر و مهم تر می باشد.

۵- منابع

[1]. Kader, A.A. (1986). Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technology, 40, 99–104.

[2]. Kays, S. J. (1991). Metabolic Processes in Harvested Products Respiration. In Post Harvest Physiology of Perishable Plant Products, Van Nostrand Reinhold 387 Publication, New York.

[3]. Day B. 1990. Modified atmosphere packaging of selectedprepared fruit and vegetables. In: Zeuthen P, Cheftel JC, Erinksson C,Gormley TR, Linko P, Paulus K, editors. Processing and quality of foods. Vol. 3. Chilled foods: The revolution in freshness. London: Elsevier. P 230-233.

[4]. Sode, F., & Kuhn, B. F. (1998). Respiration in Ma-packed, Cut Carrots. Journal of Food Engineering, 37, 223-232.

[5]. Zhu, M., Chu, C. L., Wang, S. L., & Lenki, R. W. (2001). Influence of oxygen, carbon dioxide, and degree of cutting on the respiration rate of rutabaga. Journal of Food Science, 66(1), 30-37.

[6]. Mahajan, P. V., & Goswami, T. K. (2001). Enzyme kinetics based modeling

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]

of respiration rate for apple. Journal of Agricultural Engineering Research, 79(4), 399- 406.

[7]. Exama, A., Arul, J., Lencki, R. W., Lee, L. Z., & Toupin, C. (1993). Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Journal of Food Science, 58, 1365–1370.

[8]. Hong, S. I., & Kim, D., M. (2001). Influence of oxygen concentration and temperature on respiratory characteristics of fresh cut green onion. International Journal of Food Science and Technology, 36(3), 283 - 289.

[9]. Cameron, A. C., Boylan-Pett, W., & Lee, J. (1989). Design of modified atmosphere packaging systems: modeling oxygen concentrations within sealed packages of tomato fruits. Journal of Food Science, 54(6), 1413-1415, 1421.

[10]. Jacxsens, L., Devlieghhere, F., & Debevere, J. (1999). Validation of a systematic approach to design equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut produce.

[11]. Hagger, P. E., Lee, D. S., & Yam, K. L. (1992). Application of an enzyme kinetic based respiration model to closed system experiments for fresh produce. Journal of Food Process Engineering, 15, 143-157.

[12]. Hayakawa, K., Henig, Y. S., & Gilbert, S. G. (1975). Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package. Journal of Food Science, 40, 186-191.

[13]. GONG, S. AND COREY, K. (1994). Predicting steady-state oxygen concentrations in modified atmosphere packages of tomatoes. Journal of the American Society for Horticultural 119(3), 546-550.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]

Study the effect of temperature and slicing on respiration rate of peeled carrot

Heydari, A.[1,2] *, Alemzadeh, I. [2], Eghbalifam, N.[1], Falahatpisheh, S, [1]. Pourkhanali, Kh[1],Bordbar, H[3]

1- Chemical Engineering Group, Technical Engineering Department, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil
2- Chemical and Petroleu Department, Sharif University of Technology, Tehran
3-Paxan Company, R&D Department

(Received:89/6/10 Accepted: 89/7/22)

Modified atmosphere packaging is one of the recommended methods to increase the shelf time and quality of fruits and vegetables. To design a good packaging, accurate respiration rate is necessary. In this research, selection of the proper mathematical equation in determining the respiration rate is investigated and respiration rate of peeled and ready to use carrots were measured at laboratory temperature (21±1°C) and refrigerator temperature (7±1°C) in the closed system. In addition, effects of temperature and slicing were studied on respiration rate were studied. It was found both increase in temperature and slicing, increase the respiration rate. Results of this research are necessary to design of modified atmosphere packaging.

Keywords: Respiration Rate, Carrot, Slicing, Temperature, Closed System

* Corresponding Author E-Mail address: : Heydari.amir@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-20]