

طراحی مدل پیشگوی بار میکروبی بر پایه امیدانس در سبزیجات خشک سنتی و صنعتی

نجمه نجارپور^۱، علی فضل آرا^{۲*}، مهرانوش تدینی^۳

۱. دانش آموخته گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. استاد گروه بهداشت مواد غذایی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

۳. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: fazlara2000@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۱۰ پذیرش نهایی: ۹۷/۳/۲۵)

چکیده

هدف از این مطالعه استفاده از تکنیک امیدانس و مقایسه نتایج حاصل از این تکنیک با روش مرجع در سبزیجات خشک شده به روش سنتی و صنعتی بود. ۳۰ نمونه سبزی خشک شده به روش سنتی و ۳۰ نمونه سبزی خشک شده به روش صنعتی با استفاده از روش کشت مرجع و نیز با استفاده از دستگاه امیدانس و براساس دستورالعمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی مورد آزمایش و شمارش میکروبی قرار گرفتند. روش امیدانس نشان داد که حداقل و حداکثر تعداد میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های سنتی به ترتیب $10^4 \times 10^6$ و $10^4 \times 10^6$ باکتری در گرم نمونه بود. حداقل و حداکثر تعداد میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های به ترتیب $10^5 \times 10^7$ و $10^2 \times 10^6$ باکتری در گرم بود. حداکثر زمان تشخیص در روش امیدانس در سبزیجات خشک شده به روش سنتی و صنعتی به ترتیب ۲۰/۲۴ و ۲۳/۶۸ ساعت و حداقل زمان تشخیص در روش صنعتی و سنتی به ترتیب ۱۱/۳۵ و ۸/۲۵ ساعت بود. نتایج نشان داد، پیشگویی مقادیر بار میکروبی سبزیجات خشک شده با استفاده از معادلات رگرسیونی حاصل به ترتیب معادل ۰/۹۱۶۹، ۰/۹۱۳۳ و ۰/۸۸۶۱ برای سبزیجات خشک به روش سنتی، صنعتی و مجموع دو روش بود که بیانگر میزان تطابق بالای روش امیدانس با روش مرجع بود. بار میکروبی در سبزی‌های خشک شده سنتی و صنعتی به ترتیب بیشتر و کمتر از حد مجاز استاندارد بود. با توجه به انطباق بالای روش مرجع و امیدانس در این مطالعه، روش امیدانس می‌تواند به عنوان روش جایگزین برای کنترل بار میکروبی سبزیجات خشک استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: امیدانس، سبزیجات خشک شده، روش صنعتی، روش سنتی

مقدمه

سبزیجات و میوه‌های تازه از مواد غذایی ضروری در رژیم غذایی انسان می‌باشند. سبزیجات از منابع سرشار املاح، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، فیبرهای رژیمی محلول و نامحلول هستند. با توجه به فصلی بودن تولید برخی سبزیجات، تغییر سبک زندگی، درک اهمیت تغذیه‌ای مصرف سبزیجات و استفاده از سبزیجات خشک در فرمولاسیون‌های غذایی، در سال‌های اخیر کارگاه‌های تولید سبزیجات فرآوری شده افزایش قابل توجهی پیدا کرده است. سبزیجات خشک شده در طی مراحل مختلف قبل از برداشت، پس از برداشت، حمل و نقل و بسته‌بندی توسط گروه و سعی از میکروب‌ها آلوده می‌شوند و اگر از سطح بهداشتی پایینی برخوردار باشند، می‌توانند به‌عنوان منبع آلودگی ماده غذایی عمل کنند (Bahreini et al., 2011).

میکروارگانسیم‌های موجود در انواع سبزیجات خشک از دسته میکروارگانسیم‌های بومی خاک و گیاهان می‌باشند. گرد و غبار، حشرات، فضولات پرندگان و جوندگان و آب مورد مصرف در فرآیند، از منابع دیگر آلودگی این فرآورده‌ها می‌باشند. اگر فرآیند خشک کردن و شرایط نگهداری انواع سبزیجات خشک مناسب باشد، میکروارگانسیم‌ها در آن‌ها رشد نمی‌کنند. در صورتی که تجهیزات مورد استفاده در فرآیند خشک کردن، تمیز و بهداشتی نباشد، شمارش نهایی میکروارگانسیم‌ها نیز افزایش می‌یابد. در این راستا روش‌های جداسازی و تشخیص باکتری‌ها به‌ویژه باکتری‌های بیماری‌زا در مواد غذایی که به دو روش کلی سنتی و مدرن انجام می‌گیرد، حائز اهمیت فراوانی است (Mortazavi et al., 2002).

روش‌های سنتی بررسی بار میکروبی غالباً وقت‌گیر بوده و علی‌رغم کم‌هزینه بودن همواره برای میکروب‌شناسان مشکل‌ساز هستند و خصوصاً هنگامی که اعلام سریع نتایج از نظر اقتصادی و پزشکی واجد اهمیت است (Fazlara, 2004). در دو دهه اخیر استفاده از روش میزان مقاومت الکتریکی یا امپدانس جهت شناسایی میکروب‌های حائز اهمیت در مواد غذایی و نیز شمارش کلی میکروب‌ها در غذاهای مختلف گسترش فراوان یافته است. در این روش تشخیص سریع وجود باکتری‌ها از طریق نمایش فعالیت‌های متابولیک به وسیله ایجاد تغییر در مقاومت الکتریکی در محیط کشت امکان‌پذیر می‌باشد و برخلاف روش مرجع خطاهای فنی در کشت وجود ندارد (Razavilar, 2008). هم‌چنین تکنیک امپدانس دارای پتانسیل بالایی برای حل دو موضوع سرعت و محدوده تشخیص پاتوژن‌های غذایی می‌باشد. در این روش نیازی به آماده‌سازی‌های مرسوم در روش کشت سنتی نمونه‌های غذایی نمی‌باشد و می‌توان تعداد نمونه‌ها را در هر عملیات تا حد زیادی افزایش داد و هم‌چنین زمان تشخیص به‌طور قابل ملاحظه‌ای کوتاه‌تر از روش کشت سنتی می‌باشد (Spiller et al., 2006). از جمله این موارد می‌توان به بهره‌گیری از تکنیک امپدانس در نقاط مختلف جهان در تشخیص آلودگی‌های غذایی و شناسایی عوامل بیماری‌زا اشاره کرد. در برخی مطالعات انجام شده میزان انطباق دو روش استاندارد و امپدانس برای شمارش میکروبی بررسی شده است. بررسی میزان انطباق دو روش استاندارد پورپلید و امپدانس برای شمارش کلی میکروبی در بستنی سنتی (Lak, 2005)، تخمین محتوی باکتریایی مایونز (Faraji et al., 2004) و بار میکروبی

با توجه به این که تاکنون تکنیک امیدانس برای تعیین بار میکروبی در انواع سبزیجات خشک مورد استفاده قرار نگرفته است، در این تحقیق طراحی مدل پیشگوی بار میکروبی بر پایه امیدانس در سبزیجات خشک بسته بندی شده سنتی و صنعتی به عنوان هدف مد نظر قرار گرفته است.

مواد و روش ها

- مواد مورد نیاز

به منظور اجرای این تحقیق تعداد ۶۰ نمونه سبزی خشک از سطح شهر اهواز جمع آوری گردید. به این نحو که تعداد سی نمونه سبزی خشک شده سنتی از پنج نوع سبزی خشک (کوکو- آش- قورمه - پلویی - ماهی) جمع آوری شد. از هر نوع سبزی شش سهم، که هر سهم از شش مکان (عطاری) مختلف جمع آوری و سی نمونه سبزی خشک شده صنعتی از سه برند تجاری از هر برند پنج نوع (سبزی کوکو- آش - پلویی - قورمه - ماهی) و از هر نوع سبزی خشک دو تاریخ تولید متفاوت تهیه گردید. کلیه محلول ها و معرف های شیمیایی از شرکت (Merck, Germany) خریداری شد.

- روش ها

- روش کشت مرجع (روش پورپلیت (Pour Plate)

ابتدا از نمونه های سبزی، رقیق سازی متوالی تهیه شد و سپس بر طبق دستورالعمل شماره ۵۲۷۲ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نسبت به انجام کشت پورپلیت در محیط کشت آگار استاندارد شمارش میکروبی در پلیت و گرم خانه گذاری در دمای ۳۰ درجه

سبزی خام و پاستوریزه (Fazlara, 2004)، انجام شده است، در اکثر مطالعات انجام شده با توجه به میزان انطباق بالای دو روش سنتی و امیدانس، تکنیک امیدانس به عنوان جایگزینی برای روش های مر سوم معرفی شده است.

در برخی مطالعات انجام شده از روش امیدانس برای ارائه مدل های پیشگوی استفاده شده است. مدل سازی ریاضی تراکم میکروبی بر اساس روش امیدانس در فیله گوشت ماکیان و بررسی تطابق آن با مقدار ازت فرار تام مورد بررسی قرار گرفته است (Fazlara et al., 2013a).

هم چنین در برخی مطالعات روش امیدانس برای شناسایی طیف خاصی از میکروارگانیسم ها ارزیابی شده است. شناسایی *اشریشیا کلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه های کره پاستوریزه (Khataminia and Fazlara, 2008)، هم چنین شناسایی *استافیلوکوکوس اورئوس* در لاشه های تازه طیور، مرغ پخته شده و نیز فرآورده های مختلف فرآوری شده از گوشت مرغ به وسیله روش امیدانس مورد بررسی قرار گرفته است و این روش به عنوان روشی مناسب برای جستجو و شناسایی *استافیلوکوکوس اورئوس* در مواد غذایی گزارش شده است (Glassmoyer and Russell, 2001).

در مطالعه ای دیگر از این روش برای ارزیابی تراکم *انتروکوک ها* و پایش بقاء آنها استفاده شده است (Spiller et al., 2006). در بررسی انجام شده بر روی محصولات غذایی کم اسید، روش امیدانس به عنوان روش سریع برای تعیین میکروارگانیسم های فسادزا معرفی شده است (Coppola and Firstenberg-Eden, 2006).

سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت اقدام گردید (ISIRI, 2008/5272).

- اندازه‌گیری بار کلی میکروبی به روش امیدانس

۱۵ دقیقه قبل از انجام کشت، لوله‌های امیدانس جهت هم‌دمایی با محیط از یخچال بیرون آورده شدند. سپس با ۱۰۰۰ میکرولیتر از سوپانسیون که به‌طور هم‌زمان کشت در پلیت آن نیز انجام داده شده بود، تلقیح و درون انکوباتور دستگاه آنالایزر میکروبی Bactrac 4300 (Sy-lab، اتریش) قرار داده شد و مشخصات لوله شامل نوع و شماره نمونه وارد نرم افزار دستگاه شد و روش مربوط به ارزیابی شمارش کلی میکروبی در ۳۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از تغییرات امیدانس یا مقاومت الکتریکی در محیط کشت (Media Value یا M-Value) با مدت زمان گرم شدن اولیه یک ساعت (Warm Up Time) و حد آستانه (Threshold) معادل ۵ درصد و فواصل زمانی اندازه‌گیری امیدانس معادل ۱۰ دقیقه برای طول مدت زمان ۲۴ ساعت کارکرد دستگاه تنظیم گردید و پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها خارج شده و نتایج آن‌ها در نرم‌افزار دستگاه ثبت شد (Coppola and Firstenberg-Eden, 2006).

- انتخاب و تنظیم آستانه و زمان شناسایی امیدانس (Impedance Detection Time)

برای این‌که اندازه‌گیری در طول یک سیکل اندازه‌گیری سنجش شود عدد آستانه باید قبل از شروع اندازه‌گیری و یا حداقل قبل از اتمام مرحله گرم شدن دستگاه انتخاب شود. مقدار آستانه بین ۳-۵ درصد M (امیدانس محیط کشت) و ۱۰-۵ درصد E (امیدانس الکترونی) در نظر گرفته شد (Lee et al., 2009).

- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج حاصل از دو روش با یکدیگر مطابقت داده شد، علاوه بر آن میزان همبستگی (Correlation) آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel تعیین شد. ضمن تهیه نمودار حاصل نسبت به طراحی و تدوین فرمول با الگوی ریاضی پیشگویی مربوطه اقدام شد، که در تفسیر کالیبراسیون نتایج حاصل از روش امیدانس مورد استفاده قرار گرفت (Baggreman, 2014). نتایج حاصل از شمارش کلی میکروبی در کل دوره در روش مرجع و نیز زمان‌های به‌دست آمده برحسب ساعت توسط دستگاه امیدانس در سیستم نرم‌افزاری ویژه دستگاه آنالایزر میکروبی باک تراک که براساس Excel طراحی شده بود، ثبت گردید و منحنی ارتباط دو روش با بالاترین ضریب تعیین (R^2) به‌دست آمد و بر این اساس فرمول یا معادله منحنی رگرسیون مربوطه که جهت پیشگویی و محاسبه ریاضی تراکم میکروبی بر اساس پارامتر زمان امیدانس می‌باشد، حاصل شد. نتایج حاصل از فاکتورهای مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها

- شمارش کلی باکتری‌های سبزی خشک شده

بار میکروبی سبزی‌های خشک شده به دو روش سنتی و صنعتی با استفاده از روش کشت مرجع مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی در مطالعه حاضر میانگین بار میکروبی سبزی‌های خشک صنعتی کمتر از سبزی‌های خشک سنتی بود. بر این اساس مشخص شد

(Detection Time) در سبزیجات خشک شده به میزان ۹/۱۰ ساعت و مربوط به نمونه سبزی قورمه و حداکثر آن ۲۰/۲۴ ساعت و مربوط به نمونه سبزی آش بوده است. هم‌چنین نتایج آزمون میکروبی شمارش کلی باکتری‌ها در کل نمونه‌های سبزیجات خشک شده به روش سنتی با روش امپدانس مشخص کرد که حداقل زمان تشخیص در سبزیجات خشک شده به میزان ۱۱/۳۵ ساعت و مربوط به نمونه سبزی پلویی و حداکثر آن ۲۳/۲۰ ساعت و مربوط به نمونه سبزی قورمه بوده است.

که حداقل آلودگی در سبزیجات خشک شده به روش سنتی به میزان $4/80 \times 10^4$ cfu/g و حداکثر آن ۶ cfu/g $1/40 \times 10^4$ با میانگین Log cfu/g ۵/۴۹ بوده است. هم‌چنین نتایج آزمون بار میکروبی سبزیجات خشک شده به روش صنعتی در کشت مرجع نشان داد که حداکثر مقدار آلودگی نمونه‌ها در روش صنعتی cfu/g $7/00 \times 10^5$ و حداقل آن $6/00 \times 10^2$ cfu/g با میانگین Log cfu/g ۴/۴۳ بوده است (جدول ۱).
نتایج آزمون میکروبی شمارش کلی باکتری‌ها در کل نمونه‌های سبزیجات خشک شده به روش صنعتی با روش امپدانس مشخص کرد که حداقل زمان تشخیص

جدول (۱) - مقایسه میانگین بار میکروبی سبزی‌های خشک شده به روش سنتی، صنعتی و کل نمونه‌ها با حد مجاز استاندارد ملی ایران

Sig	df	t	انحراف معیار	حد مجاز استاندارد	میانگین Log(cfu/g)	تعداد نمونه‌ها	مشخصه نمونه
					Log(cfu/g)		
۰/۰۰	۲۹	۶/۱۸	۰/۴۴	۵	۵/۴۹	۳۰	سبزی خشک شده به روش سنتی
۰/۰۰۱	۲۹	-۳/۷۳	۰/۸۲	۵	۴/۴۳	۳۰	سبزی خشک شده به روش صنعتی
۰/۷۶۰	۵۹	-۰/۳	۰/۸۴	۵	۴/۹۶	۶۰	کل نمونه‌ها

به‌طور معنی‌داری کمتر از حد مجاز استاندارد ($t=-3/73$) بودند.

مقایسه نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه‌های سبزی خشک شده به روش سنتی در دو روش مرجع و امپدانس

منحنی ارتباط زمان‌های به‌دست آمده از دستگاه امپدانس با مقادیر بار میکروبی سبزی خشک شده حاصل در شکل (۱) نشان داده شده است. میزان R^2 ۰/۹۱۶۹ است که نشان دهنده انطباق بالای فرمول است.

هم‌چنین با استفاده از آزمون One Sample T Test میانگین بار میکروبی سبزی‌های خشک (سنتی و صنعتی) اختلاف معنی‌داری با حد مجاز بار میکروبی سبزی‌های خشک معادل ۵ Log cfu/g اعلام شده از سوی استاندارد ملی ایران نشان داد ($p < 0/05$) (جدول ۱). بدین نحو که بار میکروبی در سبزی‌های خشک سنتی به‌طور معنی‌داری بیش از حد مجاز استاندارد ($t=6/18$) و بر عکس بار میکروبی سبزی‌های صنعتی

بار میکروبی به روش امیدانس و کشت مرجع در سبزیجات خشک شده به روش سنتی به صورت رابطه ۱ می باشد.

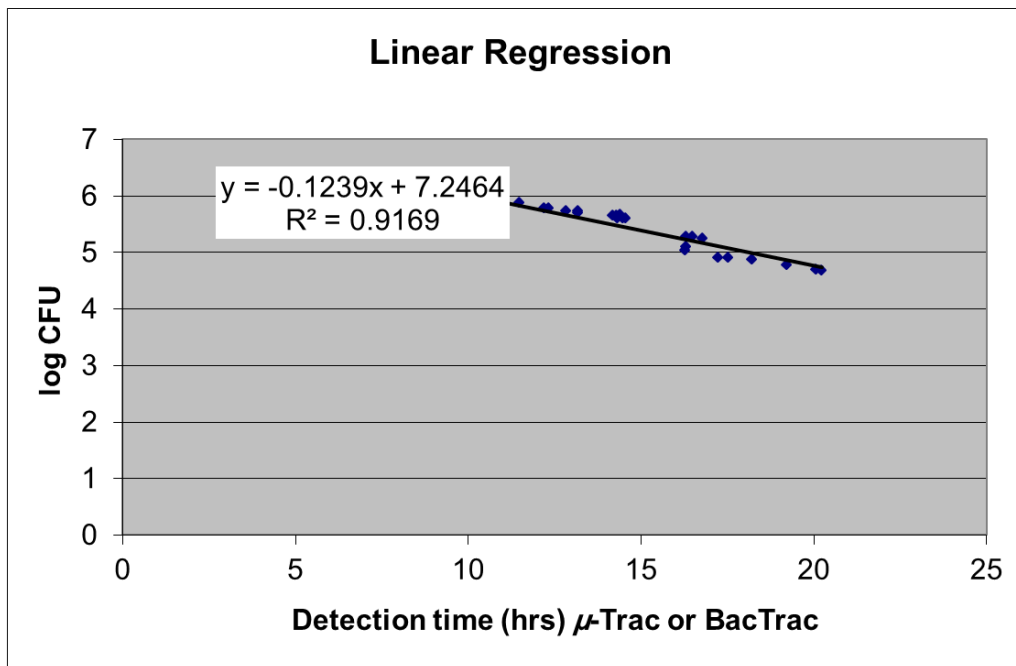
$$y = -0.1239x + 7.2464 \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه y ، بار میکروبی و x ، زمان تشخیص تعیین شده با روش امیدانس می باشد.

با توجه به رابطه رگرسیونی در نمودار (۱) میزان شاخص $Syx = 0.129$ و ضریب همبستگی -0.9575 $r =$ بود در نتیجه می توان با استفاده از روش امیدانس و با قرار دادن زمان به دست آمده از روش امیدانس در معادله رگرسیونی به دست آمده، بار میکروبی را در نمونه های سبزی خشک به دست آورد.

ضریب تعیین یا R^2 در شکل ها نشان دهنده میزان انطباق دو روش و میزان کارایی فرمول می باشد. اگر مقدار ضریب تعیین بیش از 0.75 باشد نشان دهنده انطباق بالای فرمول یا قدرت پیشگویی بالای مقادیر بار میکروبی در سبزیجات خشک شده با بهره گیری از تکنیک امیدانس و معادلات رگرسیونی است (Fazlara et al., 2013b).

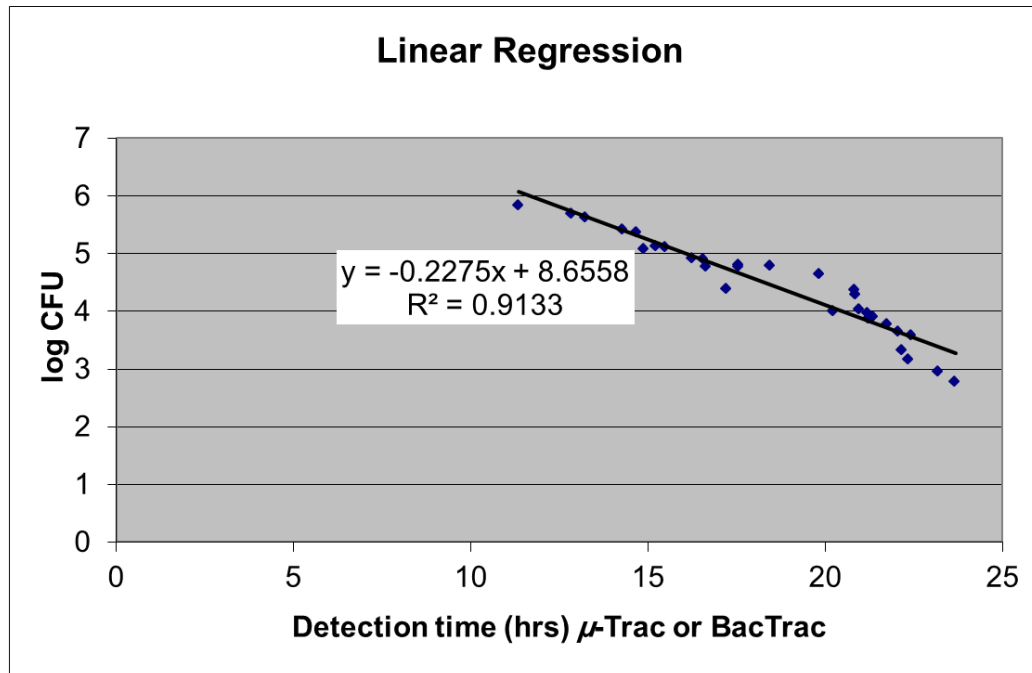
همچنین میزان r یا ضریب همبستگی ریشه دوم ضریب تعیین بوده و اگر بین 0.85 تا -1 و همچنین شاخص Syx که پراکنش داده ها را نشان می دهد اگر کمتر از 0.5 باشد نشان دهنده نزدیکی داده ها به یکدیگر است (Yang et al., 2004). معادله تطابق روش شمارش



نمودار (۱) - مقایسه نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه های سبزی خشک شده به روش سنتی به دو روش مرجع و امیدانس

در نمودار (۱) نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه های سبزی خشک شده به روش صنعتی در دو روش مرجع و امیدانس نشان داده شده است.

- مقایسه نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه های سبزی خشک شده به روش صنعتی در دو روش مرجع و امیدانس



نمودار (۲) - مقایسه نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه‌های سبزی خشک شده به روش صنعتی به دو روش مرجع و امیدانس

$r = -0.9557$ بود که حاکی از نزدیکی داده‌ها به یکدیگر بود. در نتیجه می‌توان با استفاده از روش امیدانس و با قرار دادن زمان به دست آمده از روش امیدانس در معادله رگرسیونی به دست آمده، بار میکروبی را در نمونه‌های سبزی خشک به دست آورد.

- مقایسه نتایج حاصل از شمارش کلی باکتری‌ها در کل نمونه‌های سبزی خشک شده

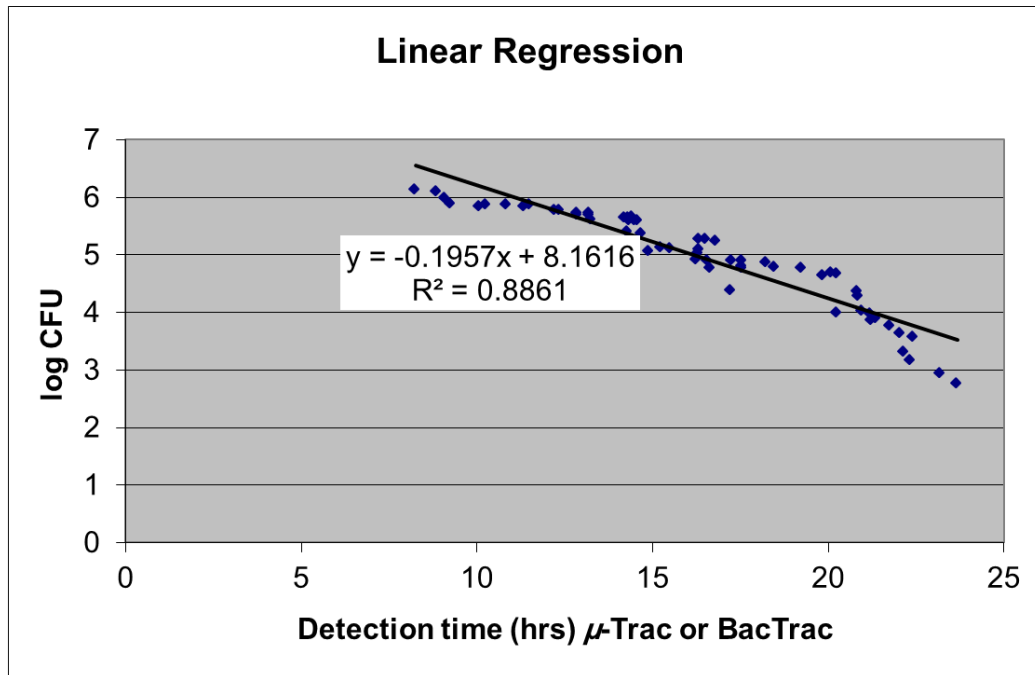
در نمودار (۳) نتایج حاصل از شمارش کلی باکتری‌ها به دو روش مرجع و امیدانس در کل نمونه‌های سبزی خشک شده نشان داده شده است.

معادله تطابق روش شمارش بار میکروبی به روش امیدانس و کشت مرجع در سبزیجات خشک شده به روش صنعتی به صورت رابطه ۲ می‌باشد.

رابطه ۲ $y = -0.2275x + 8.6558$

در این رابطه y ، بار میکروبی و x ، زمان تشخیص تعیین شده با روش امیدانس می‌باشد.

میزان بالای R^2 در نمودار (۲) با مقدار 0.9133 نشان دهنده میزان انطباق دو روش شمارش میکروبی (مرجع و امیدانس) و همچنین میزان کارایی فرمول می‌باشد. با توجه به میزان شاخص $Syx = 0.289$ و ضریب همبستگی



نمودار (۳) - مقایسه نتایج حاصل از شمارش کلی باکتری‌ها در کل نمونه‌های سبزی خشک شده به دو روش مرجع و امیدانس

روش‌های مرجع میکروبی است. اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی (امیدانس) روش نسبتاً سریعی است که در آن شناسایی سریع میکروبه‌ها از طریق نمایش فعالیت‌های متابولیک که به وسیله ایجاد تغییر در مقاومت الکتریکی امکان پذیر می‌شود (Ruan et al., 2002). از سوی دیگر روش مرجع بر اساس شمارش کلی میکروبی می‌باشد که در واقع تعداد ارگانیزم‌های زنده را به صورت کلنی‌های قابل رویت در سطح محیط کشت آشکار می‌نماید. با طراحی منحنی‌های کالیبراسیون دو روش که بر اساس معادلات رگرسیونی می‌باشد و برای هر ماده غذایی به طور مجزا طراحی می‌گردد، می‌توان تراکم بار میکروبی را با استفاده از روش امیدانس و معادله رگرسیونی مربوطه به طور محاسباتی پیشگویی نمود (Yang and Bashir, 2008).

در مطالعه حاضر میزان پیشگویی مقادیر بار میکروبی سبزیجات خشک شده با استفاده از معادلات رگرسیونی

مقدار R^2 معادله رگرسیونی در نمودار (۳) معادل ۰/۸۸۶۱ می‌باشد که بیانگر میزان تطابق بالای دو روش به کار برده شده است. به علاوه با توجه به میزان شاخص $Syx = 0/248$ و ضریب همبستگی $r = -0/9413$ بود که حاکی از همبستگی خوب داده‌های حاصل از شمارش میکروبی به روش امیدانس با روش مرجع بود و می‌توان بیان داشت که با استفاده از روش امیدانس و با قرار دادن زمان به دست آمده از روش امیدانس در معادله رگرسیونی به دست آمده، بار میکروبی را در نمونه‌های سبزی خشک به دست آورد.

بحث و نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از روش امیدانس با توجه به امکان حصول سریع نتایج، بسیار توسعه یافته است. مزیت روش امیدانس، سرعت انجام آن است که بسیار سریع‌تر از

کارخانجات مواد غذایی و نیز مراکز نظارتی و کنترلی قابل استفاده است (Grossi et al., 2008).

مدل‌سازی ریاضی تراکم میکروبی بر اساس روش امیدانس در فیله گوشت ماکیان و بررسی تطابق آن با مقدار ازت فرار تام انجام گرفت و اظهار شد که میزان تطابق روش امیدانس با روش مرجع پورپلیت در فصول گرم و سرد و نیز کل داده‌ها به ترتیب ۹۸/۱ درصد، ۹۷/۳ درصد و ۹۷/۳ درصد بوده است. میزان تطابق روش امیدانس با مقدار ازت فرار تام در فصول سرد و گرم و نیز کل داده‌ها به ترتیب ۸۱/۵ درصد، ۸۱/۴ درصد و ۸۲/۵ درصد و هم‌چنین میزان تطابق مقدار بار باکتریایی با مقدار ازت فرار تام به همان ترتیب معادل ۸۳/۲ درصد، ۸۳/۲ درصد و ۸۳/۳ درصد حاصل گردید (Fazlara et al., 2013a).

با توجه به کاهش قابل ملاحظه مدت زمان شناسایی و شمارش میکروارگانیسم‌ها در روش امیدانس نسبت به روش مرجع، صرفه‌جویی در مواد مصرفی، مستند سازی اتوماتیک داده‌ها، کاهش خطاهای مربوط به انجام کشت و شمارش و به‌لحاظ میزان تطابق بالای روش امیدانس و روش مرجع در مطالعه حاضر برای نمونه‌های سبزی خشک مورد بررسی، روش امیدانس می‌تواند به‌عنوان یک تکنیک سریع و قابل اطمینان، جایگزین روش‌های مرسوم برای کنترل‌های نظارتی و بهداشتی در سطح انبوه باشد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

حاصل به ترتیب معادل ۰/۹۱۶۹، ۰/۹۱۳۳ و ۰/۸۸۶۱ برای سبزیجات خشک به روش سنتی، صنعتی و مجموع دو روش بود که بیانگر میزان بالای قدرت پیشگویی فاکتورهای مورد مطالعه در سبزیجات خشک شده به روش صنعتی و سنتی با بهره‌گیری از تکنیک امیدانس و بار باکتریایی با استفاده از معادلات رگرسیونی حاصل می‌باشد.

در مطالعه‌ای که از روش امیدانس و کشت مرجع در پلیت به‌منظور شناسایی انتروکوک‌های موجود در سطوح در تماس با مواد غذایی استفاده شده و گزارش گردیده که با توجه به انطباق بالای روش مرجع با روش امیدانس ($R^2 = 0/92$)، روش امیدانس به‌عنوان روش انتخابی و جایگزین روش مرجع برای شناسایی انتروکوک‌ها توصیه شده است (Andeade et al., 1998). در تحقیقی دیگر به بررسی هدایت الکتریکی غیرمستقیم برای تعیین باکتری‌های بیماری‌زا پرداخته شد و مشخص گردید که گونه‌های استافیلوکوکوس اورئوس، لیستریا مونوسیتوژنز، انتروکوکوس فکالیس، باسیلوس سورتیلیس، اشیریشیا کلی، سودوموناس آئروژینوزا، آئروموناس هیدروفیلا و گونه‌های سالمونلا توسط تغییرات هدایت الکتریکی غیرمستقیم در محیط مایع امیدانس قابل تعیین هستند (Bolton et al., 1990). هم‌چنین تراکم کلی میکروبی در انواع بستنی با استفاده از روش استاندارد مرجع و نیز روش امیدانس ارزیابی گردید و میزان انطباق این دو روش خوب و معادل $R^2 = 0/7794$ گزارش گردید. آنان اظهار داشتند که روش امیدانس به‌عنوان یک روش مطمئن، کاربردی، سریع و آسان در ارزیابی کیفیت بستنی‌های تولیدی

منابع

- Andrade, N.J., Bridgeman, T.A. and Zottola, E.A. (1998). Bactericidal activity of sanitizers against Enterococci attached to stainless steel as determined by plate count and impedance method. *Journal of Food Protection*, 61(7): 833-838.
- Bagreman, W.I. (1994). Rapid estimation of the microbial Load of quick-frozen vegetable with bactometer 32, Unilever Research Laboratories, Vlaardingen, the Netherlands. *Antoni Vanleeuwenhoek*, 50: 207-214.
- Bahreini, M., Habibi Najafi, M.B., Bassami, M. R., Abbaszadegan, M., Bahrami, A.R., and Ejtehadi, H. (2011). Microbial Load Evaluation of Fresh-Cut Vegetables During Processing Steps in A Vegetable Processing Plant Using Minimally Processing Approach. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(3): 235-242
- Bolton, F.J. (1998). An investigation of indirect conductimetry for detection of some food-borne bacteria. *Journal of Applied Bacteriology*, 69: 655-661.
- Coppola, K. and Firstenberg-Eden, R. (2006). Impedance based method for detection of spoilage organisms in UHT low-acid foods. *Journal of Food Science*, 53: 1521-1527.
- Faraji, S., Fazlara, A., Hashemi Ravan, M., Faraji, N. and Taheri, Sh. (2014). Comparison of impedance splitting method to pour plating method for the estimation of bacterial count in mayonnaise. *International Food Research Journal*, 21(6): 2493-2498.
- Fazlara, A. (2004). Evaluation of total microbial count in pasteurized milk using impedance and comparison with results of conventional methods and standards pure plate. *Seventh National Congress of Microbiology Iran, Semnan University of Medical Sciences*. pp.166.
- Fazlara, A., Rasekh, A. and Khataminia, A. (2007). Comparative Survey on Hygienic Quality (Coliform, Escherichia Coli AND Staphylococcus Aureus) of Industrial Butter with Using Standard Methods and Impedance-Splitting Method, 1st Iranian Congress of Clinical Microbiology Shiraz-Iran; 42-46.
- Fazlara, A., Pourmahdi Brojeni, M., and Jaferi, F. a. (2013). Mathematical modeling of microbial load in poultry meat fillets according to Impedance-Splitting method and evaluation it's correlation with total volatile nitrogen (TVN). *Journal of Food Science and Technology*, 41: 35-46. [In Persian]
- Fazlara, A., Zarei, M., Motaghian, N. b. (2013). Method of measuring the microbial load of raw and pasteurized milk by measuring the electrical resistance (impedance) and its adaptation to the milk's most suitable acidity. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 9(2): 97-105. [In Persian]
- Glassmoyer, K.E., and Russell, S.M. (2001). Evaluation of a selective broth for detection of *Staphylococcus aureus* using impedance microbiology. *Journal of Food Protection*, 64: 44–50.
- Grossi, M., Lanzoni, M., Pompei, A., Lazzarini, R., Matteuzzi, D. and Rice, B. (2008). Detection of microbial concentration in ice-cream using the impedance technique. *Biosensors and Bioelectronics*, 23: 1616-1623.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2008). Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of microorganisms –Colony count technique at 30 c. 1st.Revision, ISIRI No. 5272. [In Persian]
- Jay, L.S., Davos, D., Dundas, M., Frankish, E. and Lightfoot, D. (2003). Salmonella. Ch 8 In: Hocking AD (ed) *Foodborne microorganisms of public health significance*. 6th ed, Australian Institute of Food Science and Technology (NSW Branch), Sydney, pp. 207–266.
- Khataminia, A., Fazlara, A. (2008). Comparative survey on hygienic quality (Coliforms, Esherichia coli and Staphylococcus aureus) of industrial butters with using standard methods and impedance-splitting method. *Proceeding of Jubilee World Buiatrics Congress, Budapest. Hungary*. pp: 272-273.

- Lak, A. (2005). Evaluation of total microbial count in the traditional ice cream using the impedance method. Sixth Congress of Iranian students, Ferdowsi University of Mashhad, pp. 269.
- Lee, I., Wu, Y., Hus, C.I., Liang, H.J., Yang, C.J. and Jang, H. D. (2009). A rapid and selective method for monitoring the growth of coliforms in milk, using the combination of amperometric sensor and reducing of methylene blue. *Sensor and actuators B: Chemical Sciences*, 141: 575-580.
- Luong, J.H.T., Habibi-Rezaei, M., Meghrou, J., Xiao, C., Male, K.B. and Kamen, A. (2001). Monitoring motility, spreading, and mortality of adherent insect cells using an impedance sensor. *Analytical Chemistry*, 73: 1844-8.
- Mortazavi, A., Kashani Nejad, M. and Ziaolhagh, H. (2002). *Food Microbiology*, (Translation). Authors: Frazier, W.C. and Westhoff, D.C. 2nd reprint, Ferdowsi University of Mashhad Publication, pp. 24-26. [In Persian]
- Orsi, C., Torriant, S., Battistotti, B. and Vescovo, M. (1997). Impedance measurement to assess microbial contamination of ready to-use-vegetable. *Chemistry and Material Science*, 205(3): 248-250.
- Rahimi Fard, N. (2007). *Quick Guide for microbiological control of food, beverage, cosmetics, and sanitary*. Tehran, Teymorzadeh publications, pp. 76.
- Razavilar, V. (2002). *Food pathogens in food microbiology and epidemiology*. Second edition. Tehran, Publishing Institute of Tehran University, pp. 311.
- Ruan, C., Yang, L. and Li, Y. (2002). Immuno-biosensor chips doe detection of *Escherichia coli* O157:H7 using electrochemical impedance spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 74: (48) 14-20.
- Spiller, E., Scholl, A., Alexy, R., Kummerer, K. and Urban, G.A. (2006). A microsystem for growth inhibition test of *Enterococcus faecalis* based on impedance measurement. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 118(1-2): 182-191.
- Stewart, G.N. (1899). The changes produced by the growth of bacteria in the molecular concentration and electrical conductivity of the culture media. *Journal of Experimental Medicine*, 4: 235-43.
- Yang, L., Li, Y. and Erf, G.F. (2004). Interdigitated array microelectrode-based electrode chemical impedance immune-sensor for detection of *Escherichia coli* O157:H7. *Analytical Chemistry*, 76: 1107-1113.

Predictive model design for microbial load based on impedance in traditional and industrial dried vegetables

Najjarpoor, N.¹, FazlAra, A.^{2*}, Tadayoni, M.³

1. M. S c Graduate of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2. Professor, Department of Food Hygiene, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

*Corresponding Author: fazlara2000@yahoo.com
(Received: 2016/12/30 Accepted: 2016/6/15)

Abstract

This study was aimed to use of impedance technique and comparison of its results with reference method in traditional and industrial dried vegetables. In this study, 30 samples of traditional dried vegetable and 30 samples of industrial dried vegetable were tested for microbial counts by reference method of culture and Impedance device in accordance with the Instruction of Standards and Industrial Research Institute of Iran. The impedance method showed the minimum and maximum number of microorganisms in traditional samples were 4.80×10^4 and 1.40×10^6 bacteria per gram respectively. The minimum and maximum number of microorganisms in industrial samples were 6.00×10^2 and 7.00×10^5 bacteria per gram, respectively. The maximum detection time in impedance method in industrial and traditional dried vegetables was 20.24 and 23.68 hours, respectively and minimum detection time in industrial and traditional samples was 11.35 and 8.25 hours. The results showed determination coefficients of bacterial load in dried vegetable by regression equations were 0.9169, 0.9133 and 0.8861 in traditional, industrial and total of two method dried vegetables respectively. It indicates that high correlation was between reference and impedance methods for traditional and industrial dried vegetables. Microbial load in traditional and industrial dried vegetables was higher and lower than that of standard limit, respectively. Therefore, impedance technique could be used as an alternative method for control of bacterial load in dried vegetable.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Impedance, Dried vegetables, Industrial methods, Traditional methods