Archive of SID

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

نجمه نجارپور[۱]، علی فضل‌آرا[۲*]، مهرنوش تدینی[۳]

۱. دانش‌آموخته 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: ۹۶/۳/۲۵)

چکیده

هدف از این مطالعه استفاده از تکنیک امپدانس و مقایسه نتایج حاصل از این تکنیک با روش مرجع در سبزیجات خشک شده به‌روش سنتی و صنعتی بود. تعداد ۳۰ نمونه سبزی خشک شده به‌روش سنتی و ۳۰ نمونه سبزی خشک شده به‌روش صنعتی با استفاده از روش کشت مرجع و نیز با استفاده از دستگاه امپدانس و بر اساس دستورالعمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی مورد آزمایش و شمارش میکروبی قرار گرفتند. روش امپدانس نشان داد که حداقل و حداکثر تعداد میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های سنتی به‌ترتیب $۱۰^{٤}$ ×٤/٨٠ و $۱۰^{٦}$ ×١/٤٠ باکتری در هر گرم نمونه بود. حداقل و حداکثر تعداد میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌ها به‌ترتیب $۱۰^{٥}$×۷/۰۰ و $۱۰^{۲}$×٦/۰۰ باکتری در گرم بود. حداکثر زمان تشخیص در روش امپدانس در سبزیجات خشک شده به‌روش سنتی و صنعتی به‌ترتیب ۲۰/۲٤ و ۲۳/٦٨ ساعت و حداقل زمان تشخیص در روش صنعتی و سنتی به‌ترتیب ۱۱/۳۵ و۸/۲۵ ساعت برآورد شد. نتایج نشان داد، پیشگویی مقادیر بار میکروبی سبزیجات خشک شده با استفاده از معادلات رگرسیونی حاصل به‌ترتیب معادل ۰/۹۱٦۹، ۰/۹۱۳۳ و ۰/۸۸٦۱ برای سبزیجات خشک به‌روش سنتی، صنعتی و مجموع دو روش بود که بیانگر میزان تطابق بالای روش امپدانس با روش مرجع می‌باشد. بار میکروبی در سبزی‌های خشک شده سنتی و صنعتی به‌ترتیب بیشتر و کمتر از حد مجاز استاندارد بود. با توجه به انطباق بالای روش مرجع و امپدانس در این مطالعه، روش امپدانس می‌تواند به‌عنوان روش جایگزین برای کنترل بار میکروبی سبزیجات خشک استفاده شود.

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 وسیعی از میکروب‌ها آلوده می‌شوند و اگر از سطح بهداشتی پایینی برخوردار باشند، می‌توانند به‌عنوان منبع آلودگی ماده غذایی عمل کنند (Bahreini *et al*., 2011).

میکروارگانیسم‌های موجود در انواع سبزیجات خشک از دسته میکروارگانیسم‌های 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، میکروارگانیسم‌ها در آن‌ها رشد نمی‌کنند. در صورتی که تجهیزات مورد استفاده در فرآیند خشک کردن، تمیز و بهداشتی نباشد، شمارش نهایی میکروارگانیسم‌ها 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 کم هزینه بودن همواره برای میکروب شناسان 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 به‌وسیله ایجاد تغییر در مقاومت الکتریکی در محیط کشت امکان‌پذیر می‌باشد و بر خلاف 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 پورپلیت و امپدانس برای شمارش کلی میکروبی در بستنی سنتی (Lak, 2005)، تخمین محتوی باکتریایی مایونز (Faraji *et al*., 2004)

www.SID.ir

Archive of SID

و بار میکروبی شیر خام و پاستوریزه (Fazlara, 2004)، انجام شده است، در اکثر مطالعات انجام شده با توجه به‌میزان انطباق بالای دو روش سنتی و امپدانس، تکنیک امپدانس به‌عنوان جایگزینی برای روش‌های مرسوم معرفی شده است.

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

هم‌چنین در برخی مطالعات روش امپدانس برای شناسایی طیف خاصی از میکروارگانیسم‌ها ارزیابی شده است. شناسایی *اشریشیا کلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه‌های کره پاستوریزه (Khataminia and Fazlara, 2008)، هم‌چنین شناسایی *استافیلوکوکوس اورئوس* در لاشه‌های تازه طیور، مرغ پخته شده و نیز فرآورده‌های مختلف فرآوری شده از گوشت مرغ به‌وسیله روش امپدانس مورد بررسی قرار گرفته است و این روش به‌عنوان روشی مناسب برای جستجو و شناسایی *استافیلوکوکوس اورئوس* در موادغذایی گزارش شده است (Glassmoyer and Russell, 2001).

در مطالعه‌ای دیگر از این روش برای ارزیابی تراکم *انتروکوک‌ها* و پایش بقاء آن‌ها استفاده شده است (Spiller *et al*., 2006). در بررسی انجام شده بر روی محصولات غذایی کم اسید، روش امپدانس به‌عنوان روش سریع برای تعیین میکروارگانیسم‌های فسادزا معرفی شده است (Coppola and Firstenberg-Eden, 2006).

با توجه به این‌که تاکنون تکنیک امپدانس برای تعیین بار میکروبی در انواع سبزیجات خشک مورد استفاده قرار نگرفته است، در این تحقیق طراحی مدل پیشگوی بار میکروبی بر پایه امپدانس در سبزیجات خشک بسته‌بندی شده سنتی و صنعتی به‌عنوان هدف مد نظر قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

- مواد مورد نیاز

به‌منظور اجرای این تحقیق تعداد ۶۰ نمونه سبزی خشک از سطح شهر اهواز جمع‌آوری گردید. به این نحو که تعداد سی نمونه سبزی خشک شده سنتی از پنج نوع سبزی خشک (کوکو- آش- قورمه – پلویی- ماهی) جمع‌آوری شد. از هر نوع سبزی شش سهم، که هر سهم از شش مکان (عطاری) مختلف جمع‌آوری 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 محلول‌ها و معرف‌های شیمیایی از شرکت (Merck, Germany) خریداری شد.

- روش کشت مرجع (روش پورپلیت Pour Plate)

ابتدا از نمونه‌های سبزی، رقیق‌سازی متوالی تهیه شد و سپس بر طبق دستورالعمل استاندارد نسبت به انجام کشت پورپلیت در محیط کشت آگار استاندارد شمارش میکروبی در پلیت و گرم‌خانه‌گذاری در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت اقدام گردید (ISIRI, 5272/2008).

www.SID.ir

Archive of SID

- اندازه‌گیری بار کلی میکروبی به‌روش امپدانس

مقدار ۱۵ دقیقه قبل از انجام کشت، لوله‌های امپدانس جهت هم دمایی 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 نرم‌افزار دستگاه شد و روش مربوط به ارزیابی شمارش کلی میکروبی در ۳۰ درجه سلسیوس با استفاده از تغییرات امپدانس 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 امپدانس معادل ۱۰ دقیقه برای طول مدت زمان ۲٤ ساعت کارکرد دستگاه تنظیم گردید و پس از ۲٤ ساعت نمونه‌ها خارج شده و نتایج آن‌ها در نرم‌افزار دستگاه ثبت شد (Coppola and Firstenberg-Eden, 2006).

- انتخاب و تنظیم آستانه و زمان شناسایی امپدانس (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 ۵-۳ درصد M (امپدانس محیط کشت) و ۱۰-۵ درصد E (امپدانس الکترودی) 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 امپدانس 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 امپدانس 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 امپدانس 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 که حداقل آلودگی در سبزیجات خشک شده به‌روش سنتی به‌میزان ٤/٨٠×١٠٤cfu/g و حداکثر آن ٦ cfu/g ١٠×١/٤٠ با میانگین ٥/٤٩ Log cfu/g بوده است. هم‌چنین نتایج آزمون بار میکروبی سبزیجات خشک

www.SID.ir

Archive of SID

شده به‌روش صنعتی در کشت مرجع نشان داد که حداکثر مقدار آلودگی نمونه‌ها در روش صنعتی cfu/g ۱۰۵×۷/۰۰ و حداقل آن cfu/g ۱۰۲×۶/۰۰ با میانگین Log cfu/g ٤/٤٣ بوده است (جدول ۱).

نتایج آزمون میکروبی شمارش کلی باکتری‌ها در کل نمونه‌های سبزیجات خشک شده به‌روش صنعتی با روش امپدانس مشخص کرد که حداقل زمان تشخیص (Detection Time) در سبزیجات خشک شده به‌میزان ۹/۱۰ ساعت و مربوط به نمونه سبزی قورمه و حداکثر آن ۲۰/۲٤ ساعت و مربوط به نمونه سبزی آش بوده است. هم‌چنین نتایج آزمون میکروبی شمارش کلی باکتری‌ها در کل نمونه‌های سبزیجات خشک شده به‌روش سنتی با روش امپدانس مشخص کرد که حداقل زمان تشخیص در سبزیجات خشک شده به‌میزان ۱۱/۳۵ ساعت و مربوط به نمونه سبزی پلویی و حداکثر آن ۲۳/۲۰ ساعت و مربوط به نمونه سبزی قورمه بوده است.

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

روش خشک کردن	تعداد نمونه‌ها	میانگین Log (cfu/g)	حد مجاز استاندارد Log (cfu/g)	انحراف معیار	t	df	Sig
سنتی	۳۰	٥/٤٩	٥	۰/٤٤	٦/١٨	٢٩	۰/۰۰
صنعتی	۳۰	٤/٤٣	٥	۰/۸۲	-۳/۷۳	٢٩	۰/۰۰۱
کل نمونه‌ها	٦۰	٤/٩٦	٥	۰/۸٤	-۰/۳	٥٩	۰/۷٦۰

با استفاده از آزمون One Sample T Test میانگین بار میکروبی سبزی‌های خشک (سنتی و صنعتی) اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) با حد مجاز بار میکروبی سبزی‌های خشک معادل Log cfu/g ٥ اعلام شده از سوی استاندارد ملی ایران نشان داد (جدول ۱). بدین نحو که بار میکروبی در سبزی‌های خشک سنتی به‌طور معنی‌داری بیش از حد مجاز استاندارد ($t=٦/١٨$) و بر عکس بار میکروبی سبزی‌های صنعتی به‌طور معنی‌داری کمتر از حد مجاز استاندارد ($t=-٣/٧٣$) بودند.

- مقایسه نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه‌های سبزی خشک شده به‌روش 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، ۰/۹۱٦۹ است که نشان دهنده انطباق بالای فرمول است. ضریب تعیین یا R^2 در شکل‌ها نشان دهنده میزان انطباق دو روش و میزان کارایی فرمول می‌باشد. اگر مقدار ضریب تعیین بیش از ۰/۷۵ باشد نشان دهنده انطباق بالای فرمول یا قدرت پیشگویی بالای مقادیر بار میکروبی در سبزیجات خشک شده با بهره‌گیری از تکنیک امپدانس و معادلات رگرسیونی است (Fazlara *et al.*, 2013b).

www.SID.ir

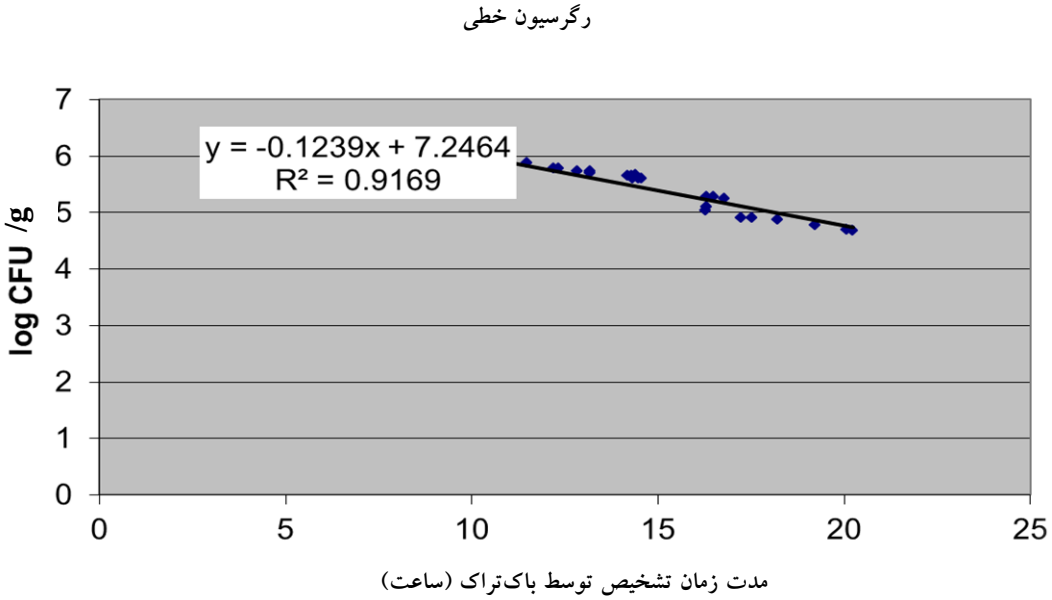
Archive of SID

هم‌چنین میزان r یا ضریب همبستگی ریشه دوم ضریب تعیین بوده و اگر بین ۰/۸۵ تا ۱- و هم‌چنین شاخص Syx که پراکنش داده‌ها را نشان می‌دهد اگر کمتر از ۰/۵ باشد نشان دهنده نزدیکی داده‌ها به یکدیگر است (Yang *et al.*, 2004). معادله تطابق روش شمارش بار میکروبی به‌روش امپدانس و کشت مرجع در سبزیجات خشک شده به‌روش سنتی به‌صورت رابطه (۱) می‌باشد.

رابطه (۱) $y=-0.1239x+7.2464$

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

با توجه به رابطه رگرسیونی در نمودار (۱) میزان شاخص Syx=۰/۱۲۹ و ضریب همبستگی r= -۰/۹۵۷۵ بود در نتیجه می‌توان با استفاده از روش امپدانس و با قرار دادن زمان به‌دست آمده از روش امپدانس در معادله رگرسیونی به‌دست آمده، بار میکروبی را در نمونه‌های سبزی خشک به‌دست آورد.



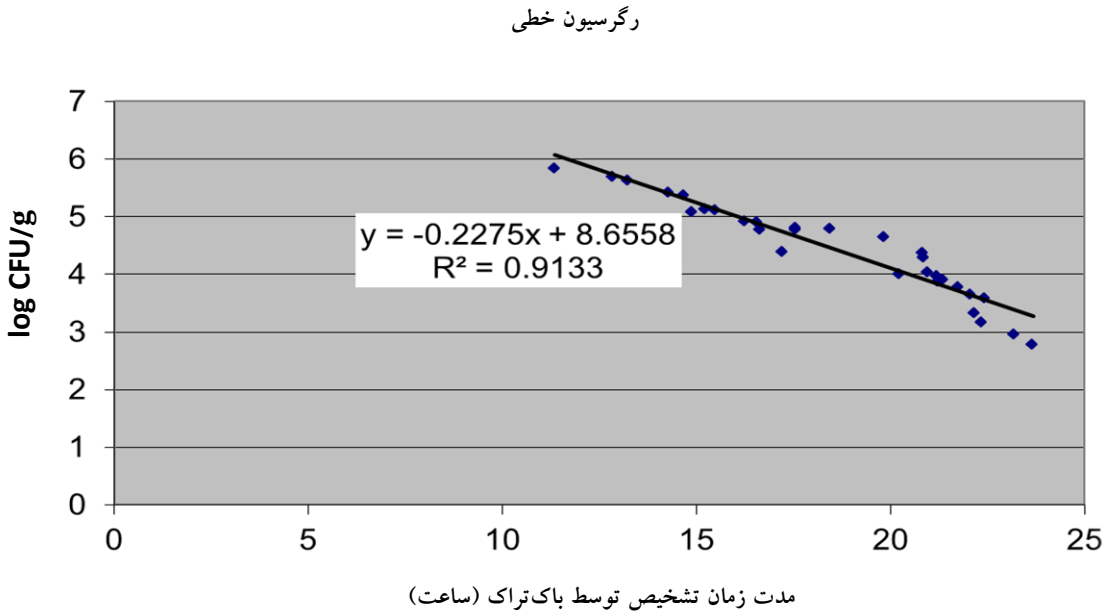
نمودار (۱)- مقایسه نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه‌های سبزی خشک شده به‌روش سنتی به دو روش مرجع و امپدانس

- مقایسه نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه‌های سبزی خشک شده به‌روش صنعتی در دو روش مرجع و امپدانس

در نمودار (۱) نتایج حاصل از شمارش باکتری در نمونه‌های سبزی خشک شده به‌روش صنعتی در دو روش مرجع و امپدانس نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



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

معادله تطابق روش شمارش بار میکروبی به‌روش امپدانس و کشت مرجع در سبزیجات خشک شده به‌روش صنعتی به‌صورت رابطه (۲) می‌باشد.

رابطه (۲) $y = -0.2275x + 8.6558$

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

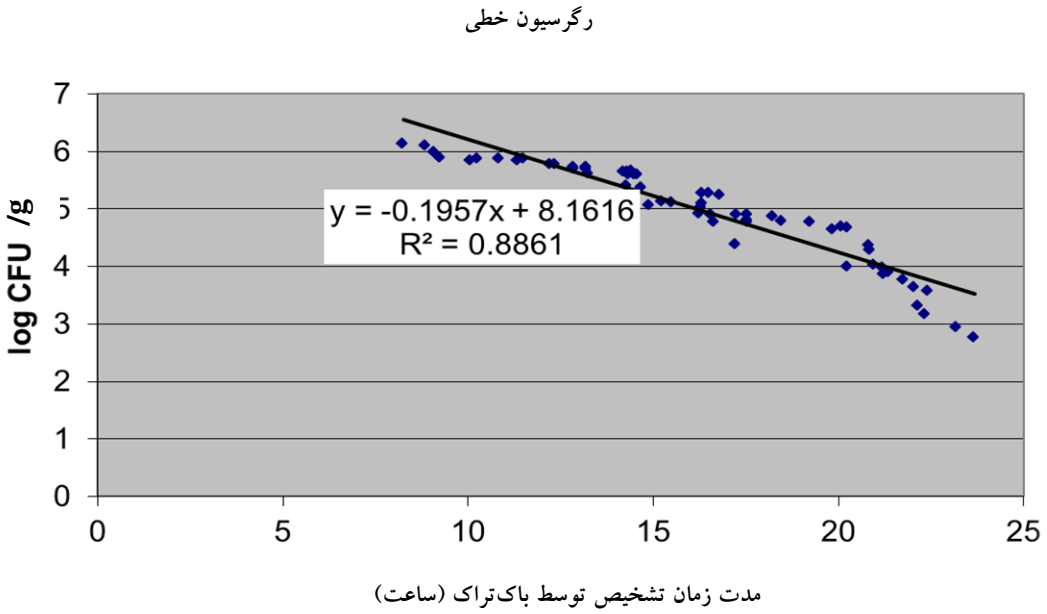
میزان بالای R^2 در نمودار (۲) با مقدار ۰/۹۱۳۳ نشان دهنده میزان انطباق دو روش شمارش میکروبی (مرجع و امپدانس) و هم‌چنین میزان کارایی فرمول می‌باشد. با توجه به‌میزان شاخص Syx=۰/۲۸۹ و ضریب همبستگی r= -۰/۹۵۵۷ بود که حاکی از نزدیکی داده‌ها به یکدیگر بود. در نتیجه می‌توان با استفاده از روش امپدانس و با قرار دادن زمان به‌دست آمده از روش امپدانس در معادله رگرسیونی به‌دست آمده، بار میکروبی را در نمونه‌های سبزی خشک به‌دست 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 امپدانس در کل نمونه‌های سبزی خشک شده نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



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

مقدار R^2 معادله رگرسیونی درنمودار (۳) معادل ۰/۸۸۶۱ می‌باشد که بیانگر میزان تطابق بالای دو روش به‌کار برده شده است. به‌علاوه با توجه به‌میزان شاخص Syx=۰/۲٤۸ و ضریب همبستگی r= -۰/۹٤۱۳ بود که حاکی از همبستگی خوب داده‌های حاصل از شمارش میکروبی به‌روش امپدانس با روش مرجع بود و می‌توان بیان داشت که با استفاده از روش امپدانس و با قرار دادن زمان به‌دست آمده از روش امپدانس در معادله رگرسیونی به‌دست آمده، بار میکروبی را در نمونه‌های سبزی خشک به‌دست آورد.

بحث و نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از روش امپدانس با توجه به امکان حصول سریع نتایج، بسیار توسعه یافته است. مزیت روش امپدانس، سرعت انجام آن است که بسیار سریع‌تر از روش‌های مرجع میکروبی است. اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی (امپدانس) روش نسبتاً سریعی است که در آن شناسایی سریع میکروب‌ها از طریق نمایش فعالیت‌های متابولیک که به‌وسیله ایجاد تغییر در مقاومت الکتریکی امکان‌پذیر می‌شود (Ruan *et al.*, 2002). از سوی دیگر روش مرجع بر اساس شمارش کلی میکروبی می‌باشد که در واقع تعداد ارگانیسم‌های زنده را به‌صورت 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 به‌طور مجزا طراحی می‌گردد، می‌توان تراکم بار میکروبی را با استفاده از روش امپدانس و معادله رگرسیونی مربوطه به‌طور محاسباتی پیشگویی نمود (Yang and Bashir, 2008).

در مطالعه حاضر میزان پیشگویی مقادیر بار میکروبی سبزیجات خشک شده با استفاده از معادلات رگرسیونی حاصل به‌ترتیب ۰/۹۱٦۹، ۰/۹۱۳۳ و ۰/۸۸٦۱ برای

www.SID.ir

Archive of SID

سبزیجات خشک به‌روش سنتی، صنعتی و مجموع دو روش بود که بیانگر قدرت پیشگویی بالای فاکتورهای مورد مطالعه در سبزیجات خشک شده به‌روش صنعتی و سنتی با تکنیک امپدانس و بار باکتریایی با استفاده از معادلات رگرسیونی حاصل می‌باشد.

در مطالعه‌ای که از روش امپدانس 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 امپدانس (R^2 =۰/۹۲)، روش امپدانس 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 سوبتیلیس*، *اشریشیا کلی*، *سودوموناس آئروژینوزا*، *آئروموناس هیدروفیلا* و گونه‌های *سالمونلا* توسط تغییرات هدایت الکتریکی غیرمستقیم در محیط مایع امپدانس قابل تعیین هستند (Bolton *et al.*, 1990).

هم‌چنین تراکم کلی میکروبی در انواع بستنی با استفاده از روش استاندارد مرجع و نیز روش امپدانس ارزیابی گردید و میزان انطباق این دو روش خوب و معادل R^2 =۰/۷۷۹٤ گزارش گردید. آنان اظهار داشتند که روش امپدانس به‌عنوان یک روش مطمئن، کاربردی، سریع و آسان در ارزیابی کیفیت بستنی‌های تولیدی کارخانجات مواد غذایی و نیز مراکز نظارتی و کنترلی قابل استفاده است (Grossi *et al.*, 2008).

مدل‌سازی ریاضی تراکم میکروبی بر اساس روش امپدانس در فیله گوشت ماکیان و بررسی تطابق آن با مقدار ازت فرار تام انجام گرفت و اظهار شد که میزان تطابق روش امپدانس با روش مرجع پورپلیت در فصول گرم و سرد و نیز کل داده‌ها به‌ترتیب ۹۸/۱ درصد، ۹۷/۳ درصد و ۹۷/۳ درصد بوده است. میزان تطابق روش امپدانس با مقدار ازت فرار تام در فصول سرد و گرم و نیز کل داده‌ها به‌ترتیب ۸۱/۵ درصد، ۸۱/٤ درصد و ۸۲/۵ درصد و هم‌چنین میزان تطابق مقدار بار باکتریایی با مقدار ازت فرار تام به‌همان 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 امپدانس نسبت به‌روش مرجع، صرفه‌جویی در مواد مصرفی، مستندسازی اتوماتیک داده‌ها، کاهش خطاهای مربوط به انجام کشت و شمارش و به‌لحاظ میزان تطابق بالای روش امپدانس و روش مرجع در مطالعه حاضر برای نمونه‌های سبزی خشک مورد بررسی، روش امپدانس 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 منافعی برای اعلام ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

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.
- Baggreman, W.I. (1994). Rapid estimation of the microbial Load of quick-frozen vegetable with bactometer 32, Unilever Research Laboratories, Vlaardingen, the Netherlands. Antoni Van Leeuwenhoek, 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 stuff - 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, *Escherichia coli* and Staphylococcus aureus) of industrial butter with using standard methods and impedance-splitting method. Proceeding of Jubilee World Buiatrics Congress, Budapest. Hungary. pp: 272-273.

www.SID.ir

Archive of SID

- 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., Meghrous, 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.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Food Hygiene, Vol. 8, No. 31, Autumn 2018

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.Sc 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: 2017/6/15)

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. Using impedance method, minimum and maximum number of microorganisms in traditional samples was estimated at 4.80×10^4 and 1.40×10^6 bacteria per gram, respectively. Meanwhile in industrial samples the minimum and maximum bacterial load was 6.00×10^2 and 7.00×10^5 per gram, respectively. The maximum detection time in the 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 the 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, the impedance technique could be used as an alternative method for control of bacterial load in the dried vegetable.

Conflict of interest: None declared.

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

www.SID.ir