



تخمین و مقایسه انحراف معیار تجدیدپذیری استاندارد SIR (عدم قطعیت) در آزمون های کمی

میکروبی آیتم های مواد غذایی مختلف بر اساس استاندارد ایزو ۱۹۰۳۶ سال ۲۰۱۹

محمد خضری^۱، سعید خانزادی^{۱*}، محمد هاشمی^۲

۱- گروه بهداشت مواد غذایی و آبیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- گروه تغذیه، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶ کلمات کلیدی: شاخص عملکردی، تصدیق، آنترو باکتریاسه، انحراف معیار تجدید پذیری، میکروارگانیزم های مزوفیل هوازی، عدم قطعیت.	این مطالعه با هدف تخمین و مقایسه، انحراف معیار تجدید پذیری درون آزمایشگاهی (SIR) یا عدم قطعیت اندازه گیری (MU) بعنوان شاخص عملکردی در تصدیق انجام روش های آزمون کمی میکروب شناسی مواد غذایی، انجام شده است. آزمون های شمارش کلی میکروارگانیزم های هوازی مزوفیل ACC و شمارش آنترو و باکتریاسه ECC، بعنوان دو آزمون مهم در ارزیابی میکروبی مواد غذایی، انتخاب و محاسبات انحراف معیار تجدیدپذیری استاندارد درون آزمایشگاهی (عدم قطعیت) در آیتم های غذایی منتخب: گوشت چرخ کرده، همبرگر، پودر سویا، تخم مرغ مایع پاستوریزه، شیر پاستوریزه و فرادما، بستنی، آبمیوه، آرد، کیک و ادویه بر اساس استاندارد ایزو - ۱۹۰۳۶ سال ۲۰۱۹ انجام گردید. سایر مولفه های عدم قطعیت ماتریکس، توزیعی، مرکب و گسترده محاسبه و گزارش شدند. محاسبه عدم قطعیت فنی آزمون ECC در (شیر پاستوریزه و فرادما، بستنی، آب میوه و تخم مرغ مایع پاستوریزه) با ایجاد آلودگی مصنوعی در سه سطح توسط ارگانیزم هدف (Shigella felxseneri) و در سایر آیتم های غذایی آلودگی طبیعی بود، در آزمون ACC صرفا آلودگی طبیعی محاسبه و نتایج، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج عدم قطعیت فنی آزمون ECC، از ۰.۴۸۷ تا ۰.۰۷ و در آزمون ACC، از ۰/۳۹۰ تا ۰/۱۰۵ $\log_{10}$ cfu/g متغیر بود. بیشترین مقادیر عدم قطعیت فنی و ماتریکس در نمونه های گوشت، کیک، همبرگر و پنیر یعنی در مواد غذایی ناهمگن (جامد و نیمه جامد) و کمترین مقادیر در نمونه های مایع (همگن) مشاهده شد. ارزیابی تغییرپذیری و در نتیجه عدم قطعیت راهی برای استاندارد کردن بیان تنوع مرتبط با دادههای به دست آمده در روشهای میکروبیولوژیکی برای برجسته کردن علل و میزان چندین عامل متنوع موثر پیشنهاد می گردد.
DOI: 10.22034/FSCT.20.134.201 DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.15.9 * مسئول مکاتبات: khanzadi@um.ac.ir	

۱- مقدمه

امروزه آلودگی و فساد مواد غذایی تبدیل به یک چالش بزرگ جهانی شده است. این بدان معناست که تضمین سلامت غذا به اندازه تأمین غذا اهمیت دارد. تعداد و انواع میکروب های موجود در غذاها از شاخصهای مهم ایمنی و کیفیت هستند. تجزیه و تحلیل میکروبیولوژیکی مواد غذایی و محصولات غذایی یکی از مهمترین فاکتورها در تولید غذای سالم است، زیرا میکروارگانیسم های بیماری زا در محصولات غذایی اثرات خطرناکی بر سلامت انسان دارند [۱].

در آزمونهای کمی میکروبی و بطور کلی تمام آزمونهای موثر بر سلامت مواد غذایی رسیدن به مقدار واقعی نتایج ضروری میباشد. در آزمون های میکروبی، کمیت مورد آزمون (آنالیت/آزمونه) یک موجود زنده است که از نظر فیزیولوژیکی شدیداً متغیر است، زیرا دارای جنس، گونه ها و سویه های مختلف است. همچنین برخی کمیتهای ورودی را اگرچه غیرممکن نیست ولی بسختی میتوان توصیف کرد (مانند وضعیت فیزیولوژیکی). اثرات بسیاری از کمیتهای ورودی (مانند دما، فعالیت آبی) روی نتایج بصورت کمی و با دقت لازم قابل توصیف نیست [۲].

عدم قطعیت اندازه گیری (MU) برای نشان دادن عدم درستی (صحت و دقت) به کار برده میشود که با نتایج تجزیه و تحلیل مرتبط است. در زمینه میکروبیولوژی کمی، عدم قطعیت اندازه گیری بیانگر درجه اطمینانی است که میتوان در آزمایشگاه برای محاسبه تعداد میکروارگانیسمهای موجود در غذا و/یا سایر مواد، مورد استفاده قرار گیرد [۳]. در انجام آزمایشات میکروب شناسی میتوان بسیاری از علل تغییرپذیری را شناسایی کرد، به عنوان مثال: توانایی یک ایزوله برای ایجاد واکنشهای معمولی بر روی یک محیط تشخیصی، تجهیزات و خطاهای انسانی در توزین، توزیع، رقیق سازی و سایر مراحل آزمایشگاهی و سطوح مهارت نسبی تکنسین ها [۴]. رویکرد اصلیدر تعیین عدم قطعیت اندازه گیری، طراحی یک مدل اندازه گیری ریاضی است که میتواند به طور کمی همه کمیتهای ورودی فردی را که کمیت نتایج آزمون به آن بستگی دارد، تعریف کند، به طوری که عدم قطعیت اندازه گیری را بتوان از روی تمام عدم قطعتهای کمیتهای ورودی محاسبه کرد [۵].

در سالهای اخیر، آزمایشگاههایی که در میکروبیولوژی مواد غذایی فعالیت میکنند، به شدت درصدد برآورده کردن الزامات

استاندارد جهانی EN ISO/IEC 17025 [۵] به ویژه در مورد پذیرش و اعتبارسنجی روشها بوده اند. آزمایشگاهها، در واقع، باید روشها و رویه هایی متناسب برای استفاده خود را توسط قوانین سازمانهای ملی، اروپایی و/یا بین المللی صادر شده، اتخاذ کنند. علاوه بر این، زمانی که آزمایشگاهها موافقت میکنند که از روشهای توسعه یافته داخلیا روشهای استاندارد بدون داده های اعتبارسنجی بیجا خارج از محدوده خود استفاده کند، باید همه آنها را بر اساس الزامات سری استاندارد های ایزو ۱۹۰۳۶ [۶]، ارزیابی و تعیین انحراف معیار تجدید پذیری استاندارد درون آزمایشگاه (SIR) یا عدم قطعیت (MU) اندازه گیری برای تصدیق پیاده سازی روش های آزمون میکروبی کمی، را انجام دهد. استفاده از روش های مرجع معتبر (اعتبار بخشی شده) بخش اساسی هر برنامه تضمین کیفیت آزمایشگاهی میباشد و توسط تمام مراکز زیر ربط پذیرفته شده است. علاوه بر این، اعتبار سنجی و تصدیق روش های آزمون، توسط ISO/IEC 17025 [۵] اجباری است. در نهایت، آزمایشگاه ها باید طی یک روند مستمر از کیفیت داده های تحلیلی، اطمینان حاصل نمایند و یک راه مفید برای برآوردن این نیاز، مشارکت منظم در طرحهای تست مهارت به منظور نظارت بر عملکرد روشها و آزمون گرها و برآورد دقت آنها می باشد [۶].

Jarvis و همکاران [۷] تخمینهای تکرارپذیری و تکرارپذیری برای یک کارآزمایی بین آزمایشگاهی توسط سه تحلیلگر در ۱۹ آزمایشگاه، از سه روش شمارش کلنی سازمان استاندارد بین المللی (ISO) برای موجودات هوازی (ACC)، انتروباکتریاسه (ECC) و اشیریشیا کلی (EcCC) را بررسی و برای محاسبه پارامترهای عدم قطعیت اندازه گیری استفاده شد. مقادیر تخمینی عدم قطعیت تکرارپذیری و تکرارپذیری برای ACC به ترتیب از ۹,۳ تا ۱۲,۱ درصد و ۲,۰ تا ۳,۹ درصد از میانگین تعداد کلنی $\log_{10}$ بسته به محیط کشت خاص، روش استخراج میانگین تعداد و آماری متغیر بود. برآورد عدم قطعیت تکرارپذیری و تکرارپذیری برای ECC به ترتیب از ۱۴,۰ تا ۱۷,۴ درصد و ۴,۱ تا ۶,۷ درصد متغیر بود.

Režić Dereani و همکاران [۸] روشهای کنترل کیفیت، روشهای اعتبارسنجی و تعیین عدم قطعیت اندازه گیری (MU) به عنوان یک عنصر مهم در تضمین کیفیت در آزمایشگاه میکروبیولوژی مواد غذایی برای نوع کیفی و کمی

آنالیز را توصیف کردند. تفاوت‌های بین طراحی آزمایش‌های اعتبارسنجی برای تجزیه و تحلیل میکروبیولوژی مواد غذایی کمی و کیفی در این تحقیق مورد بحث قرار گرفته و بیان کردند که محاسبات MU بر اساس داده‌های تست مهارت خارجی و داده‌های اعتبارسنجی داخلی است.

باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه‌ها به عنوان شاخصی از شرایط بهداشتی فرآورده‌های تولید استفاده می‌شوند، زیرا آنها به راحتی توسط عوامل ضد عفونی کننده غیرفعال می‌شوند و اگر در کارخانه‌های شرایط تمیز کردن و بهداشت به طور اصولی انجام نشود میزان آن در محصول افزایش می‌یابد. خانواده انتروباکتریاسه‌ها بیشتر مزوفیل هستند و سویه‌های سایکروتروف آن شاملیرسینیا، سیتروباکتر، انتروباکتر، اشرشیا، کلبسیلا، سراتیا و هافنیا می‌باشد [۹]. ویژگی‌های کمی میکروبی شمارش کلی میکروب‌های هوازی مزوفیل و شمارش باکتری‌های انتروباکتریاسه بعنوان متداولترین ویژگی‌های میکروبی برای انواع مختلف مواد غذایی در مراجع معتبر ویژگی‌های میکروبی بین المللی [۱۰] (ICMSF)، منطقه ای اتحادیه اروپا [11] EU و در سطح ملی، مانند ویژگی میکروبی در کدکس ترکیه [۱۲]، ویژگی‌های میکروبی کشور های حاشیه خلیج فارس GFSA [۱۳] و جدول ضابطه ویژگی‌های میکروبی آزمایشگاه مرجع کنترل غذا و داروی وزارت بهداشت، M5 1400 [۱۴] و در استاندارد های سازمان ملی ایران ISIRI با عناوین استانداردهای ویژگی‌های میکروبی انواع فراورده‌های غذایی از جمله ویژگی‌های میکروبی فراورده‌های لبنی ۲۴۰۶، فراورده‌های شیرینی و قنادی ۲۳۹۵، ویژگی‌های فراورده‌های آردی و غلات ۲۳۹۳ و ۱۱۶۰۳، ویژگی‌های انواع فراورده‌های گوشتی ۲۳۰۴، ۲۳۰۳، ویژگی‌های انواع ادویه ۶۰۳۷، ویژگی‌های انواع فراورده‌های قهوه ۱۵۵۰۷، انواع فراورده‌های کاکائو ۳۳۰۷ [۱۵] ارایه شده است. مقادیر حدود مجاز این شاخص‌ها در این مراجع معتبر در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ CFU/g برای آزمون شمارش باکتری‌های انتروباکتریاسه ECC و ۱۰۰ تا ۱۰۶ CFU/g برای آزمون شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی مزوفیل ACC، در انواع مختلف مواد غذای مذکور تبیین شده است.

هدف این مقاله، اندازه‌گیری انحراف معیار تجدید پذیری استاندارد درون آزمایشگاهی (عدم قطعیت) بر اساس

رویکرد استاندارد بین المللی ایزو ۱۹۰۳۶ و بر اساس اصول و الزامات استاندارد ۱۶۱۴۰-۳ [۱۶] و در راستای تصدیق پیاده سازی روش آزمون های کمی و برای اعتبار سنجی (تضمین کیفیت نتایج آزمون) در روش های آزمون میکروبیولوژی مواد غذایی بمنظور انجام نظارت مداوم بر کیفیت خروجی داده های تحلیلی، نتایج آزمایشگاهی بوده است. برای این منظور مراحل محاسبه SIR یا عدم قطعیت بر اساس دستورالعمل استاندارد های مذکور بر اساس روش کاربردی و پروتوکل عملی، برای هر یک از روش آزمون کمی میکروبی شامل تعداد کلنیهای باکتری های انتروباکتریاسه (ECC) و تعداد کلنی های هوازی (ACC) در آیتم های غذایی بستنی پاستوریزه، شیر پاستوریزه، شیر فرامدا، آبمیوه، آرد، کیک، ادویه، گوشت چرخ کرده و همبرگر از ده برند مختلف تخمین و محاسبه و در نهایت مقادیر عدم قطعیت محاسبه شده در بین انواع آیتم های غذایی بر اساس نوع ماهیت مایع (همگن)، نیمه مایع و جامد (ناهمگن) و نوع آلودگی طبیعی یا مصنوعی مورد مقایسه قرار گرفته است.

۲- مواد روش ها

تمام محیط های کشت و معرف ها از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. سوش میکروارگانیسم مرجع شیگلا فلکسنری (ATCC) بصورت کرایوبانک از شرکت تاو زیست فن آوران (انستیتو پاستور ایران) تهیه گردید. تمام مراحل مورد بحث در این بخش در آزمایشگاه میکروبیولوژی FDCL مشهد، ایران انجام شد.

انتخاب انواع آیتم های غذاییبر اساس پیوست های A و B بخش سوم سری استاندارد ایزوهای ۱۶۱۴۰-۳ [۱۶] با در نظر گرفتن عواملی مانند ویژگی های انواع ماتریکس های (آیتم های غذایی) و ویژگی های مختلف مانند چالش برانگیز (به عنوان مثال، میکروبیوتای بالا)، pH، میکروارگانیسم های فساد پذیر، ترکیب و ترکیبات ضد میکروبی انجام شده است. برای محاسبه عدم قطعیت میکروبیولوژیکی، از بین انواع مواد غذایی اقلام غذایی گوشت چرخ کرده تازه (گوشت تازه)، همبرگر، بستنی پاستوریزه، آرد گندم، پودر سویا و ادویه (لفل) انتخاب شد زیرا این اقلام غذایی بطور طبیعی آلودگی میکروبی (به دلیل میکروبیوتای

آن) و سطح آلودگی های متفاوت، تنوع مورد نیاز برای این روش آزمایش را پوشش می دهند. اقلام غذایی شیر پاستوریزه و فرامدا و آب میوه صنعتی با ماهیت مایع و همگن برای اندازه گیری عدم قطعیت با ایجاد آلودگی مصنوعی انتخاب شدند. موارد انتخاب شده دامنه روش تست و طیف وسیعی از دامنه کاربری آزمایشگاه میکروبی شناسی مواد غذایی معاونت غذا و داروی مشهد را پوشش دادن برای این مطالعه انتخاب شدند.

Table 1 The selection chart of food items classification and suggested target combinations for verification studies

Food item	Food type	Food category
Minced meat	Fresh meats (unprocessed)	Raw meat and ready-to-cook meat
Frozen burger patties (hamburgers)	Ready-to-cook (processed)	products (except poultry)
Ultra-high temperature (UHT) milks	Sterilized or Ultra-high temperature dairy products	
Pasteurized milks	Pasteurized milk-based products	Heat-processed milk and dairy products
Soft cheeses		
ice creams	Pasteurized dairy products	
Spice(Black Pepper)	Seasoning	Dried cereals, fruits, nuts, seeds, and vegetables
Pasteurized whole liquid egg	Egg product (heat processed) without Additives	Eggs and egg products (derivatives)
Soybean powder	Plant origin ingredients	Pet food and animal feed
Cake	Dry and sugared low moisture(aw < 0,85)	Chocolate, bakery products and confectionary
Pasteurized apple juice	Heat-processed fruit/vegetables juices	Processed fruits and vegetables
Wheat	Flours	Dried cereals, fruits, nuts, seeds and vegetables

$10^4 \times 1/5$ باکتری در هر میلی لیتر تهیه گردید [۱۷].

۲-۲- نحوه ایجاد آلودگی مصنوعی

(Spiking) بخش های آزمایشی توسط مایه

تلقیح:

هر ماده غذایی ۱۰ میلی لیتری به طور مصنوعی با ۱ میلی لیتر از سه سطح آلودگی مصنوعی با سویه شیگلا فلکسنری در سه سطح غلظت باکتری تعیین شده با غلظت های ۱۰۰، ۱۰۰۰، و ۱۰ باکتری مورد انتظار تلقیح شد، علاوه بر این، دو قسمت آزمایشی از هر یک از مواد غذایی به طور مصنوعی آلوده نبودند و به عنوان کنترل منفی استفاده شدند (بلانک). همه نمونه ها برای شمارش کلنی انتروباکتریاسه (ECC) بر اساس استاندارد [۱۸ و ۶] شمارش شدند.

۲-۳- آماده سازی نمونه

آب پیتونه نمکی و آب پیتونه بافری (MRD)SPW/ به عنوان رقیق کننده ها (برای جلوگیری از شوک اسمزی) و مرحله تهیه رقت اولیه را به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۱۸ تا ۲۷ درجه سانتیگراد) قبل از همگن کردن انجام

۲-۱- تهیه و آماده سازی سوسپانسیون

باکتری ها

کشت باکتری هدف با استفاده از سویه مرجع باکتری شیگلا فلکسنری (ATCC: ۱۲۱۲۲) در آزمایشگاه میکروبی شناسی مواد غذایی انجام شد. کشت در شرایط استریل و در کنار شعله با آنس استریل از سویه باکتری هدف برداشته و بر روی پلیت های حاوی محیط عمومی BHI Agar کشت داده شد. پلیت ها به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری گردیدند. جهت تهیه سوسپانسیون، تمام سویه های باکتری ها طی دو مرحله در محیط BHI Broth استریل کشت و فعال شدند. پس از دو مرحله کشت بعد از ۱۸ ساعت از تلقیح باکتری ها، تعداد باکتری ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر از طریق کدورت سنجی مطابق با نیم مک فارلند مشخص گردید (میزان جذب نوری برابر با ۰/۱۳ تا ۰/۰۸ در طول موج ۶۰۰ نانومتر). در این کدورت تعداد $10^8 \times 1/5$ باکتری در میلی لیتر موجود بود. برای انجام هر مرحله از آزمایش به میزان مورد نظر از سوسپانسیون باکتری تهیه شده برداشت شد و سوسپانسیون باکتریایی جهت تلقیح با تعداد

شد.

۲-۴- نحوه شمارش کلنی باکتری های مزوفیل

هوازی و انتروباکتریاسه

از رقت های مختلف باکتری های مزوفیل هوازی به روش کشت آمیخته بر روی پلیت های حاوی محیط پلیت کانت آگار و برای شمارش کلنی انتروباکتریاسه به روش کشت آمیخته بر روی پلیت های حاوی محیط ویولت رد بایل لاکتوز آگار کشت داده شد. سپس پلیت ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد گرمخانه گذاری شده و بعد از ۴۸ ساعت تعداد کلنی ها شمارش و ثبت گردید [۱۹].

۲-۵- روش محاسبه عدم قطعیت فنی

تخمین و محاسبه عدم قطعیت فنی، برای روش های آزمون کمی شمارش آنتروباکتریاسه ECC و باکتری های مزوفیل هوازی ACC بر اساس استاندارد ISO 19036 [۶]، انجام شد. آزمون ها در تعداد ۱۰ نمونه از هر آیتیم غذایی دو بخش آزمایشی (آزمایه TEST PORTION) موازی (۱×۲) گرم) از هر نمونه آزمایشگاهی در شرایط تکرارپذیری ایجاد شرایط تنوع متفاوت شامل تجهیزات آزمایشگاهی مختلف (روند آماده سازی و رقیق سازی متفاوت: گراویمتریکی دایلوتر همراه با بگ فیلتر استریل، ترازوی آزمایشگاهی و ارلن استریل، گرمخانه متفاوت، کلنی کانتراتوماتیک اسکن ۵۰۰ و کلنی کانت ردستی و ...)، مواد متفاوت (MRD, BPW) رقیق کننده های MRD, BPW و محیط های کشت از برند و شماره متفاوت)، گروه آزمونگران و زمان آزمون متفاوت، در دو گروه آزمون با نام A و B بمنظور ایجاد حداکثر شرایط متنوع (VARIABILITY) متفاوت آزمایشگاهی اعمال گردید تا بیشترین تنوع ممکن در تخمین لحاظ شود. در نمونه های فاقد آلودگی طبیعی متنوع و در حد کمتر از ۱۰ CF، مانند شیر فرادما، آب میوه صنعتی، آلودگی مصنوعی در دامنه مورد انتظار شمارش کمیت آزمون در سه سطح ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ CFU/TEST PORTION با استفاده از مایه تلخیص شمارش شده از باکتریهای هدف مورد نظر شامل باکتری شیگلا فلکسنری ایجاد شد. بدین منظور نمونه های آلوده به طور مصنوعی با کشت تازه انکوبه شده در برات TSB در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد/۱۸ تا ۲۰ ساعت، که از آن ۱ سوسپانسیون مک فارلند (cfu/mL^{۱۰^۸}) تهیه شد و به صورت اعشاری تا

۱۰^۸ cfu/mL رقیق و تلخیص شد. نتایج آزمون (cfu/g) با log10 تبدیل و انحراف استاندارد تکرارپذیری درون نمونه (sr) طبق رابطه (۲) محاسبه شد. این معادل انحراف استاندارد نتایج log10 بود. در محاسبات از نرم افزار Microsoft Excel استفاده شد [۲۱].

معادله ۱:

$$S_{IR} = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (y_{iA} - y_{iB})^2}$$

تجزیه و تحلیل هر بخش آزمایشی مطابق با روش های خاص برای میکروارگانیزم های هدف، مانند آزمایش های معمول انجام شد. تعداد کلنی ها بین ۳۰ تا ۳۰۰-۲۵۰ cfu/plate به عنوان نتایج قابل قبول در نظر گرفته شد. در جایی که i شاخص نمونه است، i = 1 تا n (n ≥ 10) و y_{iA}, y_{iB} داده های تبدیل شده با log10 در log10 cfu/g هستند. به ترتیب از شرایط A و B که شرایط A روش گرومتریکی دایلوتر و بگ فیلتر استریل و شرایط B روش متداول آزمایشگاهی (ارلن مایر و ترازوی آزمایشگاهی) استفاده شد. انجام محاسبات تخمین عدم قطعیت با استفاده از نرم افزار Microsoft Excel استاندارد ایزو ۱۹۰۳۶ انجام شد [۲۱].

۲-۶- روش محاسبه عدم قطعیت ماتریکس

عدم قطعیت ماتریکس با آزمایش چندین بخش آزمایشی از یک نمونه (ماتریکس) در شرایط تکرارپذیری (آزمونگر و تجهیزات یکسان و بچ های محیط کشت و رقیق کننده مشابه در مدت زمان کوتاه) برآورد شد. برای این تخمین از نمونه های انتخاب شده (۱۱×۱۰ گرم) از یک نمونه آزمایشگاهی (ماتریکس) طبق استانداردهای خاص آنالیز شد. شمارش کلنی در پلیت های دارای کلنی بین ۳۰ و ۲۵۰-۳۰۰ cfu/g به عنوان نتایج قابل قبول در نظر گرفته شد. قابلیت اطمینان نتایج بر اساس ISO 14461-1 [۲۰] مورد آزمایش قرار گرفت و شمارش های غیر قابل اعتماد حذف شدند. واحدهای تشکیل دهنده در هر گرم، cfu/g) سپس log10 به- تبدیل شدند. انحراف استاندارد تکرارپذیری درون آزمایشگاهی (sr) طبق رابطه ۱ محاسبه شد [۲۱].

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

معادله ۲:

در نتیجه امکان انجام آزمون و ایجاد آلودگی مصنوعی با توجه به طیف گسترده باکتری‌ها و قارچ‌ها امکان پذیر نمی‌باشد و ارگانسیم هدف قابل انتخاب و اعمال آلودگی مصنوعی ممکن نمی‌باشد، لذا در همه نمونه‌ها با آلودگی طبیعی محاسبات عدم قطعیت فنی انجام شد. در مورد نمونه های شیر پاستوریزه، فرادما و آب میوه از تنوع برند و حتی در مواردی نمونه‌های رد شده یا تاریخ انقضا رسیده بمنظور تنوع شدت آلودگی انتخاب گردید یا در مورد شیر پاستوریزه، انواع برند های مختلف و نیز انواع شیر پاستوریزه معمولی و بازمان ماندگاری طولانی تر (ESL) و در بازه زمانی روزهای متفاوت، استفاده شد تا تنوع شدت آلودگی در حد ممکن مقدور باشد.

عدم قطعیت فنی برحسب انحراف معیار تجدیدپذیری نتایج نهایی فرآیند اندازه‌گیری، U_R یا S_R در داخل یک آزمایشگاه، یا ارزیابی جداگانه عوامل منفرد موثر در عدم قطعیت عملیاتی یا فنی (داخل آزمایشگاهی) و ترکیب کردن آنها بدست می‌آید نتایج عدم قطعیت فنی تخمینی برای آزمایش‌های کمی برای تعداد کلنی‌های انتروباکتریاسه (ECC) و کلنی‌های هوازی قابل شمارش (ACC) در نمودار افهرست شده‌اند. بیشترین میزان عدم قطعیت فنی برای (ECC) و (ACC) در آیتم های غذایی گوشت چرخ کرده خام، همبرگر، کیک، آرد گندم و فلفل مشاهده شد. در محاسبه عدم قطعیت فنی، داده ها به لگاریتم تبدیل می شوند تا اثرات تغییر ناشی از سطوح متفاوت آلودگی در نمونه‌های مختلف کاهش یابد، همچنین انحراف معیار تجدیدپذیری درون آزمایشگاهی به حالت نرمال برگردد. برای روش شمارش کلنی، نتایج شمارش مجموع پلیت‌های منتخب نباید کمتر از ۳۰، و بیشتر از ۳۰۰ یا هر عدد حداکثر تعیین شده در استاندارد خاص باشد. نتایج آزمون به لگاریتم تبدیل شد، برای ۱۰ نمونه آزمایشگاهی با استفاده از پروتکل تجربی و کسب نتایج $(V_{IB} و V_{IA})$ برای هر آزمون، مقدار تخمینی انحراف معیار تجدیدپذیری درون آزمایشگاهی محاسبه گردید. نتایج عدم قطعیت های فنی از ۰/۰۶ تا ۰/۸ متغیر است، می توان چنین نتیجه گرفت که مقادیر تکرارپذیری بهتر از مطالعات اعتبار سنجی بین آزمایشگاهی است یا با آنها مطابقت دارد. دقت خوب نتایج نشان می‌دهد که استفاده از این مقادیر قابل تکرارپذیری است و آنها را به عنوان معیارهای محدودیت در کنترل کیفیت داخلی قابل پذیرش است. نتایج ما همچنین با داده‌های آزمون ISO مطابقت دارد که در آن تکرارپذیری درون آزمایشگاهی $\log cfu/g_{0.1/10}$ (محدوده

که در آن $n = 11$ yi نتیجه تغییر شکل $\log_{10}$ قسمت آزمایشی i است و $\bar{y}$ میانگین نتایج در $\log_{10} cfu/g$ است.

ج. عدم قطعیت توزیع

عدم قطعیت استاندارد پواسون (UPoisson) در $\log_{10} cfu/g$ طبق فرمول (۳) محاسبه می شود [۲۱].

معادله ۳:

$$u_{Poisson} = \frac{1/\ln(10)}{\sqrt{\Sigma C}} = \frac{0.4343}{\sqrt{\Sigma C}}$$

که در آن ΣC مجموع کلنی های شمارش شده است. اگر $\Sigma C = 1$ (بدون شمارش کلنی) $U_{Poisson} = 0.4343$.

د. عدم قطعیت مرکب و گسترش یافته (تعمیم یافته یا عدم قطعیت گسترده)

عدم قطعیت مرکب (U_c) ترکیبی از عدم قطعیت استاندارد فنی برآورد شده جداگانه، عدم قطعیت استاندارد ماتریسی و عدم قطعیت استاندارد توزیعی (معادله (۴)) است [۲۰].

معادله ۴:

$$u_c(y) = \sqrt{u_{tech}^2 + u_{matrix}^2 + u_{Poisson}^2}$$

در شرایطی که آزمایشگاه گزینه ۲ را برای تخمین عدم قطعیت خود انتخاب می کند، عدم قطعیت مرکب برابر با انحراف استاندارد تکرارپذیری درون آزمایشگاهی است ($U_c = SIR$). از رابطه (۵) برای محاسبه عدم قطعیت گسترش یافته (۲، ضریب پوشش k) استفاده می شود. که مربوط به سطح اطمینان ۹۵٪ است [۲۱].

$$U = 2(y)$$

معادله ۵:

۳- بحث و نتیجه گیری

۳-۱- عدم قطعیت فنی

در محاسبه عدم قطعیت فنی در آزمون شمارش کلی در مواد غذایی مورد آزمون صرفا بر اساس آلودگی طبیعی محاسبه شده است زیرا در آزمون شمارش کلنی طیف گسترده ارگانسیم‌ها شامل کلیه باکتری‌های هوازی مزوفیل همچنین انواع باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی و نیز انواع قارچ ها شامل مخمرها و کپک ها در محیط کشت عمومی امکان رشد دارند،

گوشت چرخ کرده و پنیر محاسبه شد و بیشترین تعداد باکتری در ماتریکس همبرگر و پنیر بدست آمد. با توجه به قوانین ذکر شده در استاندارد ISO 19036:2019، عدم قطعیت ترکیبی برابر با عدم قطعیت فنی است اگر با پروتکل های آزمایشگاهی و الزامات مشتری سازگار باشد. در این گزینه مقادیر تکرارپذیری درون آزمایشگاهی (SIR) به عنوان عدم قطعیت ترکیبی برای پارامتر، روش و ماتریس خاص استفاده می شود. استاندارد ISO 19036:2019 تاکید می کند تخمین عدم قطعیت فنی بر روی یک ماتریس منفرد نسبت به ماتریکس های متعدد قابل اعتماد تر و واقعی تر خواهد بود، لذا در این مطالعه از ماتریکس های متعدد در محاسبه عدم قطعیت استفاده شده است [۶].

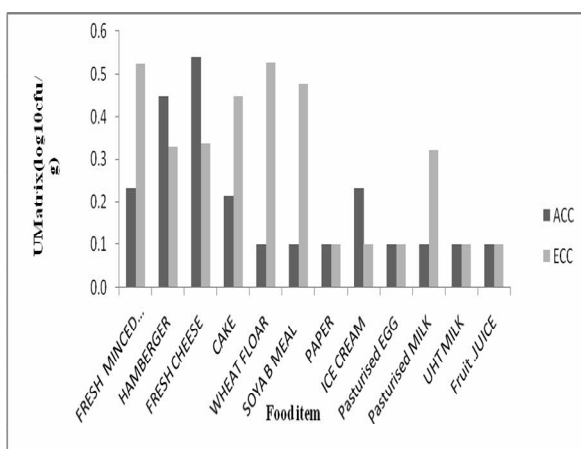


Fig 2 The matrix uncertainty of microbiological test

ج: عدم قطعیت مرکب و گسترش یافته:

جدول ۲ عدم قطعیت مرکب از ترکیب عدم قطعیت فنی، عدم قطعیت ماتریس و عدم قطعیت توزیعی برای باکتری های آنتروباکتریاسه نشان داده است. بررسی نتایج عدم قطعیت مرکب برای شمارش آنتروباکتریاسه نشان داد که بیشترین مقدار بترتیب در فلفل، کیک، همبرگر و پنیر بدست آمد و کمترین مقدار در آرد گندم بود. این نتایج نشان می دهند که تکرارپذیری و تکرارپذیری بیشتر به یک روش تحلیلی ساده تر مرتبط است که نشان می دهد عدم قطعیت قطعاً به میزان کار دستی و تفسیر فردی نتایج مرتبط است. نتایج تأیید می کنند که کاهش این منابع خطا در کاهش کار و ساده سازی رویه ها و افزایش اتوماسیون مهم است.

$\log_{10} \text{cfu/g}$ میانگین $(0.2/0.1)$ بدست آمد.

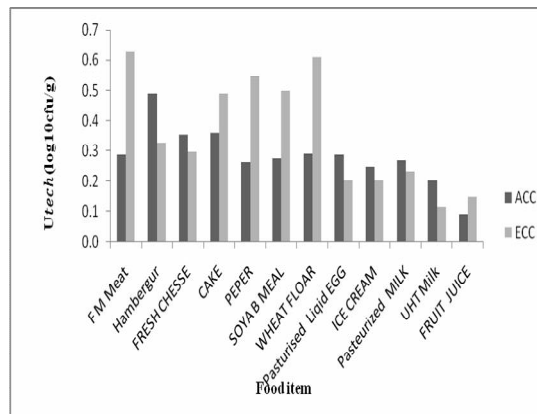


Fig 1 The technical uncertainty of microbiological test
By creating artificial pollution at triple levels
in calculating the technical uncertainty of the ECC

ب: عدم قطعیت ماتریس

تخمین عدم قطعیت ماتریس در جدول ۳ آمده است. بیشترین عدم قطعیت ماتریس برای شمارش آنتروباکتریاسه در گوشت چرخ کرده $(\log_{10} \text{cfu/g}, 0.52 \pm 0.1)$ و شمارش تعداد مزوفیل هوازی در پنیر تازه $(\log_{10} \text{cfu/g}, 0.54 \pm 0.1)$ بود. نتایج این پژوهش بایافته های منتشر شده در گزارش کارآزمایی های ایزو ۲۰۰۵، درباره اندازه گیری عدم قطعیت [۲۲] مطابقت دارد، تفاوت ها نیز بعلاوه تفاوت در نوع ماتریس های انتخابی بود. عدم قطعیت ماتریکس فقط به توزیع میکروبی در یک ماتریکس معین می پردازد یعنی تغییرات بین نتایج چند آزمون از یک نمونه آزمایشگاهی را بررسی میکند و با عدم قطعیت نمونه برداری فرق دارد، مستقل از روش آزمون و اندازه ده است و با یکبار تخمین، همیشه برای همان نمونه صادق است و مقدار آن در فرآورده های مایع بخوبی مخلوط شده، کوچک است ولی در جامدات و غذاهای چند جزئی، مقدار بزرگ تری دارد. عدم قطعیت برای باکتری های آنتروباکتریاسه و مزوفیل در پنیر عمدتاً به دلیل سطح آلودگی بالای آن است، اگرچه وجود فلور رقابتی و عوامل ذاتی ماتریکس را نمی توان حذف کرد. عدم قطعیت ماتریکس در آزمون شمارش آنتروباکتریاسه محاسبه شده است اما در آزمون میکروبی شمارش مزوفیل های هوازی APC در مورد ماتریکس های قابل همگن شدن مثل مایعات و پودر ها که قابلیت اختلاط و همگن و هموژن سازی را دارند بطور پیش فرض مقدار ثابت ۰/۱ در نظر گرفته میشود و در مواد غذایی ناهمگون مثل کیک، همبرگر،

Table 2 The Uncertainty components of Enterobacteriaceae(ECC)counttest

Parameter/Food	U _{tech} (log10 cfu/g)	U _{matrix} (log10 cfu/g)	U _{conf} (log10 cfu/g)	U _{Poisson} (log10 cfu/g)	U _{c(y)} (log10 cfu/g)	U _{Expanded} (log10 cfu/g)
FRESH MINCED MEAT	0.628	0.524	0.108	0.062	0.827	1.626
HAMBERGER	0.325	0.329	0.0686	0.120	0.477	0.954
FRESH CHEESE	0.297	0.336	0.052	0.082	0.468	0.937
CAKE	0.490	0.449	0.0526	0.064	0.676	1.353
FLOAR WHEAT	0.547	0.528	0.088	0.0.64	0.768	1.536
SOYA B MEAL	0.498	0.476	0.076	0.52	0.689	1.432
PAPER	0.610	0.1	0.0399	0.064	0.709	1.419
CREAM ICE	0.202	0.1	0.0642	0.194	0.343	0.686
Pasturised EGG	0.201	0.1	0.0453	0.099	0.307	0.614
Pasturised MILK	0.232	0.322	0.0584	0.386	0.406	0.813
UHT MILK	0.115	0.1	0.0526	0.058	0.245	0.490
Fruit .JUICE	0.147	0.1	0.0478	0.647	0.289	0.579

برای باکتری های مزوفیل هوازی در تمام آیتم های غذایی
۰/۰۷۹ بدست آمد زیرا عدم قطعیت توزیع وابسته به تعداد
کلنی های شمارش شده است، در تمام آیتم ها چون تعداد
کلنی شمارش شده ۳۰ کلنی، ثابت (log⁻¹ ۱۰) بوده است،
بنابراین عدد ثابتی شده است.

در آزمون ACC بدلیل وجود فلور میکروبی بالا و نداشتن
میکروارگانسیم هدف مشخص آزمون تایید انجام نمیدهیم
بنابراین تایید (UConfirmation) نداریم. نتایج بررسی نتایج
عدم قطعیت مرکب برای شمارش باکتری های مزوفیل هوازی
نشان داد که بیشترین مقدار بترتیب در فلفل، کیک و پنیر و
کمترین مقدار در آبمیوه بود. نتایج عدم قطعیت Poisson

Table 3 The Uncertainty components of ACC test(for $\sum C = 3\log, 30000$ cfu counts)

Parameter/Food	U _{tech} (log10 cfu/g)	U _{matrix} (log10 cfu/g)	U _{Poisson} (log10 cfu/g)	U _{Combined}	
				u _{c(y)}	U _{Expanded} (log10cfu/g)
F M Meat	0.286	0.233	0.079	0.377	0.755
Hambergur	0.490	0.449	0.079	1.341	0.670
FRESH CHESSE	0.354	0.541	0.079	1.302	0.651
CAKE	0.358	0.215	0.079	0.851	0.425
PEPER	0.264	0.1	0.079	0.586	0.293
SOYA B MEAL	0.276	0.1	0.079	0.608	0.304
WHEAT FLOAR	0.289	0.1	0.079	0.317	0.635
Pasturised Liquid EGG	0.286	0.233	0.079	0.755	0.377
ICE CREAM	0.247	0.1	0.079	0.238	0.476
Pasteurized MILK	0.268	0.1	0.079	0.317	0.634
UHT Milk	0.201	0.1	0.079	0.278	0.556
FRUIT JUICE	0.090	0.1	0.079	0.357	0.715

کاربرد روش های آزمون و دامنه کاری آزمایشگاه مواد غذایی
بر اساس روش های ارایه شده در استاندارد های ایزو
۱۹۰۳۶:۲۰۲۰ [۶] برای اولین بار در ایران انجام گردید.
در این مطالعه مؤلفه عدم قطعیت اندازه گیری MU مرتبط در
آزمون کمی میکروبی برای میکروارگانسیم های مزوفیل هوازی
و انتروباکتریاسه در بخش آزمایش و تهیه سوسپانسیون اولیه از
نمونه آزمایشگاهی (تست) انواع مختلف ماتریس (بستنی
پاستوریزه، شیر پاستوریزه، شیر فرادما، آبمیوه، آرد، کیک،

در این مطالعه آزمون های کمی میکروب شناسی پر کاربرد
مذکور، برای مطالعه تعیین شاخص عملکردی انحراف معیار
تجدیدپذیری درون آزمایشگاهی یا عدم قطعیت اندازه گیری
در راستای تعیین شاخص های عملکردی در تصدیق پیاده
سازی روش های آزمون کمی و نیز معیار تضمین کیفیت
نتایج آزمون های میکروبی و گزارش مقادیر محاسبه شده این
مؤلفه ها و اعتبار بخشی به نتایج آزمون های میکروبی برای
اولین بار در آیتم های غذایی منتخب پر کاربرد بر اساس دامنه

ادویه، گوشت چرخ کرده و همبرگر) بود، برشمرده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که توزیع ناهمگون میکروارگانیسم ها در ماتریس های غذایی یک واقعیت شناخته شده است. Rohde و همکاران [۲۳] اشاره کرد همگن سازی می تواند مسئول تفاوت های بین آزمایشگاهی قابل توجهی در تشخیص پاتوژن در گوشت باشد. توزیع فضایی آنها در غذا ممکن است تصادفی، یکنواخت (منظم، یکنواخت) و/یا مدل پخش یا توزیع گسترشی (تجمیعی توده ای) باشد. توزیع یکنواخت و توزیع تصادفی به ندرت در غذا اتفاق می افتد، اما توزیع گسترشی میکروارگانیسم ها در غذا اغلب وجود دارد [۲۴]. این بدان معنی است که توزیع میکروارگانیسم ها به خوبی با توزیع نرمال مطابقت ندارد. در سوسپانسیون های ساده، توزیع میکروارگانیسم ها به خوبی با توزیع تصادفی بواسون مطابقت دارد، اما همیشه اینطور نیست. در مواد غذایی جامد و مرکب به دلیل وجود کلوخه و زنجیره توزیع پیچیده است. غذای جامد مانند همبرگر حاوی سلول ها و خوشه هایی از میکروارگانیسم ها است که درون و بین ذرات اصلی غذا توزیع شده اند، که عموماً به طور تصادفی توزیع نمی شوند، بلکه به صورت توده های مسری توزیع می شوند [۲۵]. حتی نمونه های همگن شده به اندازه کافی، تغییراتی را در سطوح آلودگی بین بخش های مختلف آزمایش، به ویژه ماتریس های مواد غذایی جامد نشان می دهند. این تغییرات «عدم قطعیت ماتریس» هستند.

این مثال ها نشان می دهد که در غذاهای ناهمگن، تنوع بین نمونه ها به مقدار زیادی افزایش می یابد، در نتیجه میانگین میکروبی برای ترکیبات تشکیل دهنده غذاهای ناهمگن باید به سطح پایین تری منتقل شود، تا میزان آلودگی به همان مقدار برای یک غذای ناهمگن، به حداقل میزان ممکن برسد و قوانین مربوط به FSO برآورده شود. تنوع بین نمونه ها در غذاهای غیر همگن ممکن است با گرفتن نمونه های بزرگتر یا ترکیب/همگن سازی مجموعه ای از نمونه های فرعی کاهش یابد. اگر این کار انجام شد، تعداد توزیع نمونه ها در مرحله ۱ تغییر خواهد کرد و روند تعیین عدم قطعیت باید تکرار شود.

سری استاندارد های ایزو ۱۶۱۴۰ [۱۶] آزمایشگاه های کاربر را بر اساس اصول و الزامات ایزو ۱۷۰۲۵ [۵] توانمندی و ظرفیت اجرا و پیاده سازی درست روش آهای آزمون مرجع یاری می کند. این امر با اجرای تصدیق

روش آزمون بر اساس استاندارد ایزو ۱۶۱۴۰-۳ [۱۶] میسر می شود. در تصدیق پیاده سازی روش های آزمون کمی، شاخص عملکردی انحراف معیار استاندارد تجدید پذیری درون آزمایشگاهی (SIR) معادل عدم قطعیت بر اساس استاندارد ایزو ۱۹۰۳۶ [۶] محاسبه می شود این شاخص در آیتم های غذایی که در مطالعه اعتبار بخشی روش آزمون کمی تعیین شده اند محاسبه و در مقایسه با حد پذیرش اعلام می شوند. مطالعات دیگری نیز در زمینه پیاده سازی استاندارد های ایزو ۱۶۱۴۰ انجام شده است [۱۶].

Arienzo [۲۶] روی سه روش مختلف آنالیز میکروبیولوژیکی برای تشخیص و تعیین کمیت کلی فرم های کل بررسی کرد. روش شمارش بشقاب، روش شمارش صفحات MPetrifilm™ و روش MBS، برای هر سه روش سهم R کمتر از ۱۰ درصد است که نشان دهنده توانایی ارزیابی دقیق غلظت کل کلیفرم ها در نمونه های غذایی است. نتایج بررسی SIR در هر سه روش اندازه گیری کلی فرم ها نشان داد که یک تغییر قابل توجه به دلیل تعامل بین اپراتورها و نمونه های آنالیز شده برای روش های شمارش صفحه و تعداد صفحات MPetrifilm™ ۳ است، در حالی که برای روش MBS تأثیر قابل توجهی بر اندازه گیری ندارد.

Saviano و همکاران [۲۷] تأثیر همبستگی داده ها در عدم قطعیت اندازه گیری و در نتیجه در خطر تصمیمات انطباق را بررسی نمودند. روش های سریع میکروبیولوژیکی (RMM) برای تعیین قدرت آنتی بیوتیک های سفالوسپورین در محصولات دارویی با استفاده از روش انتشار آگار انجام شد. اثرات تحلیلی مشترک روی بازدارندگی منجر به همبستگی داده ها شد که به طور قابل توجهی عدم قطعیت های اندازه گیری ترکیبی و در نتیجه خطر تصمیم گیری انطباق نادرست را کاهش داد. با توجه به توزیع لگاریتم نرمال مقادیر توان، عدم قطعیت های اندازه گیری به عنوان یک عامل عدم قطعیت گزارش شد.

بسیاری از مطالعات اندازه گیری عدم قطعیت در میکروبیولوژی سطح بالایی از عدم قطعیت را گزارش کردند. در مطالعه Jarvis و همکاران [۷] کارآزمایی های بین آزمایشگاهی برای بررسی عدم قطعیت داده های به دست آمده با روش های میکروبیولوژیکی استاندارد برای میکروارگانیسم های هوازی، انتروباکتریاسه و *E. coli* در یک ماتریکس ساده انجام شد. این مطالعه نشان داد که مقادیر تکرارپذیری از ۹٫۳ تا

مربوط می‌شود، و نشان می‌دهد که کاهش این منابع خطا برای به دست آوردن نتایج قابل اعتمادتر مهم است.

۴- نتیجه گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که عدم قطعیت فنیر مقدار عدم قطعیت اندازه گیری تاثیر دارد، و این تاثیر می تواند بسیار زیاد باشد. عدم قطعیت های فنی روش های کمی انجام شده در آزمایشگاه کم و ناچیز بودند. عدم قطعیت ماتریس در آیت های غذایی ناهمگون بیشترین تاثیر را دارد و عامل عدم قطعیت ترکیبی در ماتریس های مواد غذایی مرکب بود. حتی عدم قطعیت اختصاص داده شده $0.1 \log \text{cfu/g}$ برای ماتریس های همگن از بسیاری از عدم قطعیت های فنی محاسبه شده، بیشتر است. عدم قطعیت ماتریس را می توان با همگن سازی خوب نمونه قبل از گرفتن بخش های آزمایش به حداقل رساند، اما این عامل کاملاً تحت کنترل آزمایشگاهی نیست. با این حال، عدم قطعیت فنی ناشی از تغییر در عملیات آزمایشگاهی در طول تجزیه و تحلیل است، بنابراین اگر به درستی کنترل شود، سهم عدم قطعیت فنی بسیار ناچیز خواهد بود. نتایج این آزمون می تواند به آزمایشگاه های مرجع برای جلوگیری از استفاده از روش های متعدد برای یک آزمون هدف، نهادهای نظارتی و سیستم های تایید صلاحیت استاندارد های تخصصی تضمین کیفیت نتایج آزمایشگاه، اعتبار بخشی و تصدیق در مرحله پیاده سازی روش های استاندارد مرجع میکروب شناسی مواد غذایی، هماهنگی و تسهیل ایجاد کند. بر اساس اصول مدیریت تضمین کیفیت نتایج آزمون و اعتبار بخشی نتایج آزمایشگاه های آزمون، صرفاً استفاده از روش های اعتبار بخشی و تصدیق شده، برای دستیابی به نتایج آزمون دقیق و قابل اعتماد و رفع نیاز مشتریان به طور گسترده پذیرفته شده است تا نتایج قابل اعتماد تولید و ارایه شود. این نتایج به مدیران برای پیش کارایی و عملکرد سیستم های کیفیت و ارزیابی و کنترل های رسمی سیستم های نظارتی، برای کارشناسان آزمون کننده، می تواند راهگشا باشد و در انتخاب روش هایی که آزمایشگاه های آزمون میکروب شناسی نمونه های مواد غذایی استفاده می کنند و برای هدفشان مناسب هستند، تسهیل نمایند این آزمایشگاه ها، برای تأیید انطباق نتایج بدست آمده با ویژگی های عملکردی تعریف شده در چارچوب

۱۲,۱٪ (مطابق با $0.58 - 0.77 \log \text{cfu/g}$) برای میکروارگانیسم های هوازی، از 14.0 تا 17.4 ٪ (مطابق با $0.72 - 0.88 \log \text{cfu/g}$) است و برای *E. coli* ($1.00 - 1.38 \log \text{cfu/g}$) بود. نتایج این مطالعه سطح بالایی از عدم قطعیت را نشان داد که بسیار گسترده تر از آن چیزی است که از قانون میکروبیولوژیکی رایج مورد استفاده در کلنی انتظار می رود.

Matek Sarić, Rezic Dereani [۸] روش های کنترل کیفیت، روش های اعتبارسنجی و تعیین عدم قطعیت اندازه گیری (MU) به عنوان یک عنصر مهم تضمین کیفیت در آزمایشگاه میکروبیولوژی مواد غذایی برای نوع کمی و کیفی آنالیزها بررسی کردند. تفاوت های بین طراحی آزمایش های اعتبارسنجی برای تجزیه و تحلیل میکروبیولوژی کمی و کیفی مواد غذایی در این تحقیق مورد بحث قرار گرفته و نشان داد که محاسبات MU بر اساس داده های تست مهارت خارجی و داده های اعتبارسنجی داخلی است.

روش های استاندارد شده بر اساس روش های استاندارد کشت میکروبیولوژیکی سنتی که به طور گسترده در آزمایشگاه های آنالیز مواد غذایی استفاده می شود، می باشند که این روش ها مشکلات متعددی مانند ذهنی بودن در تفسیر برخی آزمایش های بیوشیمیایی یا مورفولوژیکی و تداخل احتمالی ماتریس ها، به ویژه زمانی که سطوح بالایی از آلودگی را ارائه می دهند، ایجاد می کنند. علاوه بر این، هزینه بالای آزمون ها هم از نظر نیروی کار و منابع و مهمتر از همه، با زمان طولانی مورد نیاز برای به دست آوردن نتایج قطعی (از ۳ تا ۷ روز) مشخص می شوند. ارزیابی عدم قطعیت اندازه گیری بخشی جدایی ناپذیر از آزمون های میکروبی است بطوریکه نتایج اندازه گیری شده را نمی توان بدون حداقل آگاهی از عدم قطعیت مرتبط به درستی تفسیر کرد. برای اطمینان بخشی به مقدار اندازه گیری شده در واقع باید خطاهای اندازه گیری شناسایی و اثر احتمالی آنها بر نتیجه تخمین زده شود. ارزیابی عدم قطعیت ها برای کمی سازی بهتر و بهبود کیفیت اندازه گیری های میکروبی ضروری است. به ویژه شناسایی و شمارش مطمئن میکروارگانیسم ها در مواد غذایی را می توان به عنوان یک آزمون نسبتاً پیچیده از نظر شرایط متفاوت آزمون ماتریس و تفسیر انسان در نظر گرفت [۲۸]. نتایج نشان می دهد که عدم قطعیت مطمئناً به میزان کار دستی و تفسیر فردی نتایج

- chain – Estimation of measurement uncertainty for quantitative determinations.
- [7] Jarvis, B., Hedges, A. J., & Corry, J. E. (2007). Assessment of measurement uncertainty for quantitative methods of analysis: comparative assessment of the precision (uncertainty) of bacterial colony counts. *International journal of food microbiology*, 116(1): 44-51.
- [8] Rezić Dereani, V., & Matek Sarić, M. (2010). Validation and measurement uncertainty estimation in food microbiology: differences between quantitative and qualitative methods, *Mljekarstvo*, 60 (3): 207-213
- [9] Kornacki, J. L. and Johnson, J. L. "2001. Enterobacteriaceae, Coliforms, and Escherichia coli as Quality and Safety Indicators," *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, 4: 69-82.
- [10] ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) (1978). *Microorganisms in Foods. 1. Their significance and methods of enumeration*. Toronto: University of Toronto Press.
- [11] EC Regulation 2073/2005 (2005). Commission regulation (EC) no. 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Off J Eur Union* L338:1-25
- [12] Regulation On Turkish Food Codex, Regulation On Turkish Food Codex (5) Microbiological Criteria, Law of Authorization: 5996, Official Gazette of Publication: 29. 12. 2011 -28157, Microbiological Criteria, www.tarimorman.gov.tr.
- [13] El-Ziney, M. G. (2018). Evaluation of microbiological quality and safety of milk and dairy products with reference to European and Gulf Standards. *Food and Public Health*, 8(2):47-56.
- [14] M5 1400, Zabete Microbiological Specification, M5-1400, 2021, IRAN FDO: https://fdlabnet2.fda.gov.ir/Help/PDF/20762_PZ.pdf
- [15] ISIRI : 2395, 2406, 2304, 11063, 2304, 2303, Iranian National Standardization Organization (INSO) No. 2592. Website: <http://www.isiri.gov.ir>
- [16] Anonymous, EN ISO 16140-3: (2020). Microbiology of the food chain — Method validation — Part 3, Protocol for the verification of reference methods and دستورالعمل های استاندارد های ایزو (EN ISO 17025) و سری استاندارد های ۱۶۱۴۰-۳ و ۱۹۰۳۶، برای اعتبار سنجی پیاده سازی روش های آزمون استاندارد مرجع میتوانند آمادگی کسب نمایند تا در مراحل ارزیابی و پایش موفق به کسب تاییدیه های ملی و بینالمللی معتبر شوند این مطالعه روند عینی گردآوری و تخمین مولفه های عدم قطعیت در آزمون های کمی میکروب شناسی مواد غذایی را ارائه میدهد که در سطح آزمایشگاه های میکروب شناسی مواد غذایی قابلیت بهره بردای خواهد داشت. مشاهده این نتایج نشان می دهند که تجدیدپذیری و تکرار پذیری بیشتر به یک روش تحلیلی ساده تر مرتبط است که نشان می دهد عدم قطعیت قطعاً به میزان کار دستی و تفسیر فردی نتایج مرتبط است.

۵- منابع

- [1] Jarvis, B. (2016). The distribution of microorganisms in foods in relation to sampling. *Statistical Aspects of the Microbiological Examination of Foods*, 45-69.
- [2] Do Prado-Silva, L.; Brancini, G.T.P.; Braga, G.Ú.L.; Liao, X.; Ding, T.; Sant'Ana, A.S. (2022). Antimicrobial photodynamic treatment (aPDT) as an innovative technology to control spoilage and pathogenic microorganisms in agri-food products: An updated review. *Food Control*, 132: 108527.
- [3] Saviano, A. M., da Silva, R. J. B., & Lourenço, F. R. (2019). Measurement uncertainty for the potency estimation by rapid microbiological methods (RMMs) with correlated data. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 102: 117-124.
- [4] Corry, J. E., Jarvis, B., Passmore, S., & Hedges, A. (2007). A critical review of measurement uncertainty in the enumeration of food micro-organisms. *Food microbiology*, 24(3), 230-253
- [5] Anonymous, EN ISO /IEC 17025, 2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, is the international reference for testing and calibration laboratories wanting to demonstrate their capacity to deliver reliable results.
- [6] ISO 19036:2019: Microbiology of the food

- [23] Rohde, A., Hammerl, J. A., Appel, B., Dieckmann, R., & Al Dahouk, S. (2015). Sampling and homogenization strategies significantly influence the detection of foodborne pathogens in meat. *BioMed Research International*, (5):1-8
- [24] Augustin, J.-C., Carlier, V. (2006). Lessons from the organisation of a proficiency testing program in food microbiology by interlaboratory comparison: analytical methods in use, impact of methods on bacterial counts and measurement uncertainty of bacterial counts, *Food Microbiology*, 26:1-38.
- [25] Pendrill, L. (2014) Using measurement uncertainty in decision-making and conformity assessment. *Metrologia*, 206-18.
- [26] Arienzo, A., Losito, F., Stalio, O., & Antonini, G. (2016). Comparison of uncertainty between traditional and alternative methods for food microbiological analysis. *Am J Food Technol*, 11(1-2), 29-36.
- [27] Saviano, A. M., da Silva, R. J. B., & Lourenço, F. R. (2019). Measurement uncertainty for the potency estimation by rapid microbiological methods (RMMs) with correlated data. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 102: 117-124.
- [28] Uhlig, S., & Gowik, P. (2018). Efficient estimation of interlaboratory and in-house reproducibility standard deviation in factorial validation studies. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 13(3): 315-322
- validated alternative methods in a single laboratory.
- [17] Keykhosravy, K., Khanzadi, S., Hashemi, M., Azizzadeh, M. (2020). Chitosan-loaded nanoemulsion containing *Zataria Multiflora* Boiss and *Bunium persicum* Boiss essential oils as edible coatings: Its impact on microbial quality of turkey meat and fate of inoculated pathogens. *International journal of biological macromolecules*. 150:904-13.
- [18] Anonymous (2004). ISO 21528-2. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae – Part 2: Colony-count method. International Organization for Standardisation, Geneva, Switzerland.
- [19] Nyamakwere, F., Muchenje, V., Mushonga, B., Makepe, M., Mutero, G. (2016). Assessment of Salmonella, Escherichia Coli, Enterobacteriaceae and Aerobic Colony Counts Contamination Levels During the Beef Slaughter Process. *Journal of Food Safety*. 36(4):548-56.
- [20] ISO 14461-1: (2005). Milk and milk products – Quality control in microbiological laboratories – Part 1: Analyst performance assessment for colony counts
- [21] <https://committee.iso.org/sites/tc34sc9/home/general-standards/content-left-area/culture-media/iso-19036-estimation-of-measurem.html>
- [22] Anonymous, (2005). Statistical methods for use in proficiency testing by 116 interlaboratory comparison. International Sandardization Organization, vol.13528.



Estimation and comparison of interlaboratory standard deviation (SIR) measurement uncertainty in Quantitative microbiological tests in different food items based on EN ISO:19036-2019

Khezri, M.¹, Khanzadi, S.^{1*}, Hashemi, M.²

1. Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2. Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2023/ 01/ 13

Accepted 2023/ 03/ 07

Keywords:

Aerobic mesophilic microorganisms, Enterobacteriaceae, Implementation verification, Measurement uncertainty, Performance characteristics, reproducibility standard deviation and verification.

DOI: 10.22034/FSCT.20.134.201

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.15.9

*Corresponding Author E-Mail: khanzadi@um.ac.ir

ABSTRACT

The aim of study was estimated and compared intra-laboratory quantification deviation (SIR) or measurement uncertainty (MU) as a performance Characteristics in verification of the implementation step of quantitative test methods in food microbiology laboratories. The *aerobic mesophilic* colony counts of microorganisms (ACC) and *Enterobacteriaceae* colony count (ECC), as two important and common tests in the microbial evaluation of all type of food was selected and interlaboratory standard deviation estimation of selected food items: minced meat, hamburger, soy powder, pasteurized liquid eggs, pasteurized and UHT milk, ice cream, Fruit juice, flour, cake and spice (PEPER) were calculated based on ISO-19036 standard method (2019). In this comparison, technical, matrix, distribution, confirmation and combined Uncertainty were calculated and reported. Calculation of the technical uncertainty of the ECC test in (pasteurized and ultra-heated milk, ice cream, fruit juice and pasteurized liquid eggs) by created the artificial contamination on three levels with the target organism (*Shigella flexneri*) and in other food items it was natural contamination, in the ACC test was only natural contamination was calculated. The technical uncertainty results of the ECC test ranged from 0.487 to 0.07 and in the ACC test, from 0.390 to 0.105 log₁₀ cfu/g. The highest values of technical and matrix uncertainty were observed in meat, cake, hamburger and cheese samples, which showed the heterogeneous foods (solid and semi-solid) and the lowest values were observed in liquid (homogeneous) samples. Evaluation of variability and followed the uncertainty is proposed as a way to standardize the expression of variability associated with data obtained in microbiological methods to highlight the causes and extent of several influencing factors.