مجله ایمنی زیستی
دوره ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
ISSN 2716-9804 الکترونیکی، ISSN 2717-0632 چاپی

نقش حسگرهای زیستی در تشخیص بیماری‌های دامی و پیشگیری از آن‌ها

مریم غیبی‌پور[1*] و نیکروز باقری[2]
۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران
۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
gheibipour.mariya94@birjand.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۱۳، تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲۲
صفحه ۶۲-۴۵

چکیده

تجزیه‌وتحلیل بر پایه کاربرد حسگرها در صنایع مختلف نظیر کشاورزی، غذایی، داروسازی و محیط زیست و بهداشت کاربرد فراوانی دارد. در بخش دامپروری، حسگر وسیله‌ای الکترونیکی است که می‌تواند پاسخ‌های فیزیولوژیکی، ایمنی و رفتاری دام‌های اهلی و گونه‌های مختلف حیوانات را اندازه‌گیری کند. حسگرها، امکان ساخت سامانه‌های پایش تخصصی، دقیق و سریع را برای سنجش پارامترهای تکی و چندگانه و همچنین نظارت بر فیزیولوژی و محیط زیست حیوانات فراهم می‌کنند. همه موجودات زنده دارای حسگرهای زیستی (بیولوژیکی) برای سنجش نور، حرکت، دما، رطوبت، ارتعاش، فشار و مواد مغذی هستند. حسگرهای زیستی نوعی حسگر مصنوعی هستند که با توجه به حسگرهای زیستی و با استفاده از یک مؤلفه حساس زیستی ساخته شده‌اند و دربرگیرنده ابزارهایی هستند که پتانسیل اندازه‌گیری پاسخ‌های رفتاری فیزیولوژیکی و ایمنی دام‌های اهلی و گونه‌های مختلف حیوانات را دارند. حسگرهای زیستی نوین در مدیریت دامداری‌ها، تشخیص بیماری و جداسازی دام‌ها، نظارت بر سلامت و تشخیص چرخه تولید مثل و همچنین نظارت بر سلامت فیزیولوژیکی از طریق تجزیه‌وتحلیل محیط زیست حیوان می‌توانند فواید عمده‌ای داشته باشند. با توسعه سامانه‌های یکپارچه و ابزارهای شبکه، می‌توان سامانه‌های نظارتِ مداوم و مقرون‌به‌صرفه تولید کرد. با توجه به داده‌های موجود، حسگرها با کاهش اثرات منفی صنعت دامپروری بر محیط زیست موجب بهبود کشاورزی پایدار خواهند شد. هدف از این مقاله، مرور فناوری‌های پیشرفته نوظهور در پایش سلامت دام‌ها برای دستیابی به دامپروری دقیق است. حسگرهای زیستی با بکارگیری فناوری‌های نوین مقرون‌به‌صرفه، تشخیص زودهنگام و کاهش اثرات فاجعه‌بار شیوع بیماری‌ها در دامداری‌ها، باعث انقلابی در بخش دامپروری خواهند شد.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌های دامی، پایش، دامپروری دقیق، حسگر زیستی، هوشمندسازی.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

مقدمه

بر اساس پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۵۰، تقاضای غذا ۷۰ درصد و تولید گوشت ۵۰ درصد افزایش پیدا می‌کند که این امر موجب رشد صنایع کلیدی کشاورزی و دامپروری در آینده خواهد شد. طی دهه‌های اخیر تمرکز بخش دامپروری از تولید شیر و کاهش هزینه‌ها به سمت افزایش سطح بهداشت و سلامت حیوان تغییر یافته است و همزمان توجه مصرف‌کنندگان به بهداشت و سلامت دام و استقبال از محصولات فاقد آنتی‌بیوتیک افزایش پیدا کرده است. از طرفی، اصلاح ژنتیک و تجارب مدیریتی باعث افزایش تولید شیر شده است، اما شیوع بیماری‌ها همچنان مشکل بزرگ این صنعت به شمار می‌آید. گسترش بیماری‌ها به‌ویژه در اوایل شیردهی باعث کاهش کیفیت و میزان تولید شیر و افزایش هزینه‌های درمانی دامپزشکی شده که در نهایت افت بازده و سوددهی حیوان را به دنبال دارد. بسیاری از بیماری‌ها نیز پیچیدگی خاصی دارند و اغلب زمانی رخ می‌دهد که دام بیمار در معرض ابتلا به بیماری دیگری نیز قرار گرفته است (۱).

بنابراین خطرات بهداشتی در بخش دامپروری می‌تواند در زنجیره تولید غذا اختلال ایجاد کند که اثرات بالقوه طولانی مدت بر سلامت انسان و اقتصاد خواهد داشت. با استفاده از فناوری‌های کنونی، تشخیص بیماری‌های دامی در مراحل اولیه وقت‌گیر و هزینه‌بر است و هر ساله بیماری‌های جدیدی بروز می‌کند که سلامت حیوان را به خطر می‌اندازد (۲). در اینجا فقدان آزمایش‌های تشخیصی معتبر و مقرون‌به‌صرفه برای شناسایی زودهنگام بیماری‌های دامی کمبودی بزرگ به نظر می‌رسد. از سوی دیگر فناوری‌های پایش زیستی (بیولوژیکی) با توسعه ابزارهای تشخیصی خلاقانه و جدید می‌تواند در شناسایی سریع و به موقع خطراتی که سلامت دام را تهدید می‌کند بسیار مؤثر باشد. از جملهٔ این فناوری‌ها می‌توان به حسگرهای زیستی اشاره کرد. هدف این مقاله مروری نیز معرفی حسگرهای زیستی و کاربرد آن‌ها در مدیریت واحدهای دامپروری به‌منظور پیشگیری و کنترل بیماری‌ها است.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

۱- حسگر

حسگر وسیله‌ای است که هنگام دریافت پیام یا محرک به آن پاسخ می‌دهد و محرک خاصیّت یا کمیّتی است که باید به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل شود. همچنین با تغییر کمیّت اندازه‌گیری‌شده، خروجی آن تغییر می‌کند. یک حسگر خوب باید تنها در برابر خاصیت فیزیکی اندازه‌گیری‌شده حساس باشد و آن را تحت تأثیر خود قرار ندهد. سایر ویژگی‌های یک حسگر ایده‌آل نیز عبارتند از: حساسیت، سرعت بالای پاسخ و بازیافت، محدوده عمل مناسب، قابلیت تشخیص بالا، برگشت‌پذیری، پایداری زیاد، هزینه تولید پایین، تجهیزات اندک، اندازه کوچک، توان مصرفی پایین، محدوده دمایی مناسب. بدن تمام موجودات زنده دارای حسگرهای بیولوژیکی است که عملکردی شبیه به ابزارهای مکانیکی دارد و بیشتر سلول‌های تخصصی بدن نسبت به آن‌ها حساس هستند از جمله: نور، حرکت، دما، رطوبت، ارتعاش، فشار، حوزه‌های مغناطیسی و الکتریکی، صدا، حرکات و رفتار موجود زنده، مولکول‌های محیطی مانند مواد مغذی، سموم و فرمون‌ها، کنش و واکنش ملکول‌های زیستی و برخی پارامترهای جنبشی، سطح گلوکز، سطح اکسیژن، هورمون‌ها، سایتوتوکسین و غیره. برای مثال می‌توان به حسگرهای موجود در زبان و بینی اشاره کرد. دماسنج نیز می‌تواند اولین حسگر ساخته دست انسان معرفی شود (۳).

۲- حسگر زیستی

طبق تعریف اتحادیه بین‌المللی شیمی کاربردی و اتحادیه بین‌المللی شیمی محض، حسگر زیستی عبارت است از مجموعه ابزارهایی که با استفاده از واکنش‌های بیوشیمیایی خاصی، به واسطه آنزیم‌های ایزوله، بافت‌ها، سلول‌ها یا هر عنصر شیمیایی ماده مورد نظر را، به‌طور معمول به‌صورت الکتریکی، نوری، یا گرمایی آشکارسازی کند. حسگرهای زیستی (Biosensor) گروهی از حسگرها هستند که فقط با یک مادهء خاص واکنش می‌دهند و پاسخ این واکنش به‌صورت پیام‌هایی در می‌آید که توسط یک ریزپردازنده تجزیه‌وتحلیل می‌شود. این حسگرها علی‌رغم تنوع، دارای ساز و کار مشترک

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

هستند و به‌تازگی در عرصه‌های گوناگون پیشرفت‌های زیادی داشته‌اند (۴). حسگرهای زیستی به‌طور معمول برای سنجش غلظت محلول (گلوکز خون) و بررسی دی.ان.اِ به‌منظور کشف هرگونه نقص ژنتیکی یا ابتلا به سرطان‌های بدو تولد به‌کار می‌روند. حواس بویایی، چشایی و سیستم ایمنی بدن که میلیون‌ها مولکول مختلف را شناسایی می‌کند، نمونه‌هایی از حسگرهای زیستی طبیعی هستند. مفهوم حسگرهای زیستی برای نخستین بار در سال ۱۹۶۰ توسط دکتر لیلاند سی. کلارک معرفی شد و نوعی الکترود آنزیم (Enzyme Electrode) بود که با استفاده از آنزیم گلوکزاکسیداز غلظت گلوکز را در خون بیماران دیابتی اندازه‌گیری می‌کرد (۵).

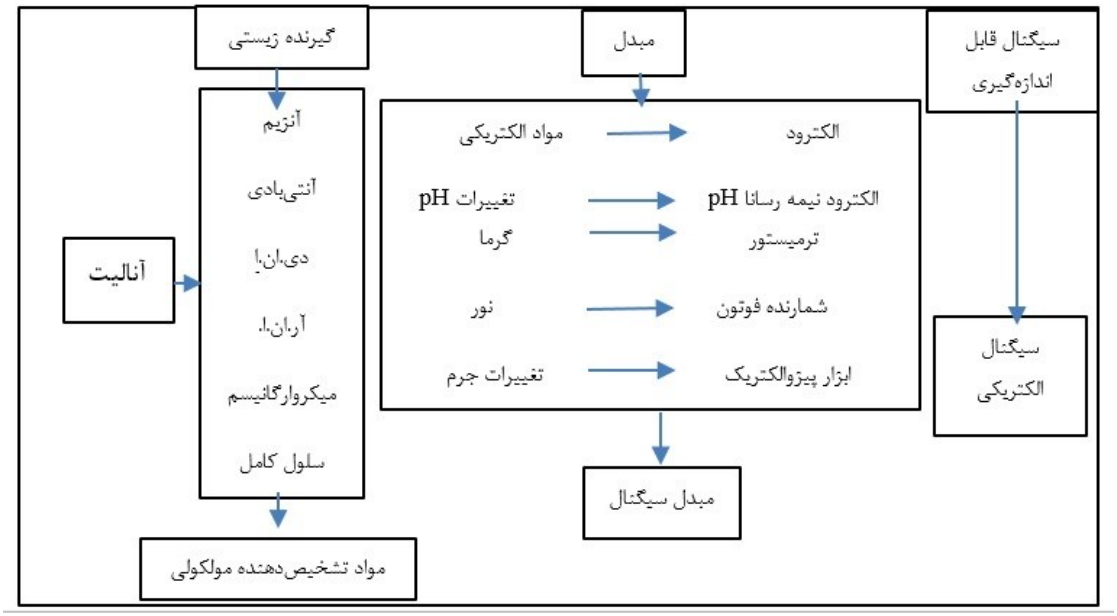
۳- ساختار حسگرهای زیستی

حسگرهای زیستی ساختار به‌طورنسبی پیچیده‌ای دارند، اما همگی دارای سه بخش کلی هستند. پذیرنده‌ی زیستی یا عنصر زیستی حساس؛ این بخش نخستین بخش یک حسگر و نوعی ماده‌ی زیستی است که می‌تواند شامل پادتن، اسید نوکلئیک، آنزیم، سلول و دیگر مواد زیستی باشد و به‌صورت انتخابی با ماده‌ی خاصی واکنش نشان دهد. پس از واکنش، آشکارساز و مبدّل با پذیرنده‌های زیستی وارد عمل شده و نوع و مقدار واکنش را با روش‌های مختلف فیزیکی- شیمیایی اندازه‌گیری می‌کند (به‌طورمثال با بررسی تغییرهای الکتروشیمیایی، نوری، جرمی یا حرارتی قبل و بعد از واکنش) که توسط پیام‌های مناسب به پردازنده ارسال می‌شوند؛ و بخش پردازنده مسئولیت نمایش نتیجه فعالیت حسگر را بر عهده دارد (۵).

به‌طور کلی حسگرهای زیستی گروهی از دستگاه‌های اندازه‌گیری هستند که بر مبنای شناسایی انتخابی آنالیت‌ها بر اساس اجزاء زیستی و آشکارسازهای فیزیکوشیمیایی طراحی شده‌اند. عملکرد یک حسگر زیستی بر اساس سامانهٔ زیستی تثبیت و تعبیه‌شده درون آن است و بر روی سایر بافت‌ها اثرات جانبی ندارد، همچنین کنترل پیوسته و بسیار سریع فعالیت‌های متابولیکی توسط حسگرها امکان‌پذیر است (۶). ساختار عملکرد یک حسگر زیستی در شکل ۱ نشان داده شده است (۷).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]



شکل ۱- ساختار عملکرد یک حسگر زیستی (۷).

۴- انواع حسگرهای زیستی

حسگرهای زیستی به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. در نوع مستقیم، هدف بدون هیچ واسطه‌ای با لیگاند پیوند برقرار کرده و شناسایی می‌شود. اما در حسگر غیرمستقیم، این کار توسط یک عنصر واسطه انجام می‌شود. بیشتر حسگرهای زیستی از مبدل‌های الکتروشیمیایی ساخته شده‌اند؛ و دارای انواع: مبدل‌های نوری، الکتروشیمیایی، پیزوالکتریک و گرمایی هستند. حسگر زیستی بر پایهٔ شناسایی مستقیم پادگن (آنتی‌ژن): واکنش پذیرنده با آنالیت به‌طورمستقیم توسط حسگر شناسایی می شود. عناصر زیستی مورد استفاده در این گروه، گیرنده‌های سلولی و آنتی‌بادی‌ها هستند. حسگر زیستی بر پایهٔ شناسایی غیرمستقیم پادگن: در این حسگرها، واکنش پذیرنده با آنالیت به‌طور غیرمستقیم توسط حسگر شناسایی می‌شود. عناصر زیستی مورداستفاده در این گروه ترکیبات نشان‌داری مثل آنتی‌بادی‌های نشان‌دار یا ترکیبات کاتالیتیکی مانند آنزیم‌ها هستند (۳).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

۵- نانوحسگر زیستی

نانوحسگر وسیله‌ای است که حداقل یکی از ساختارهای نانو برای آشکارسازی گازها، مواد شیمیایی، عوامل زیستی، زمینه‌های الکتریکی، نور، گرما و غیره در ساخت آن به‌کار رفته باشد. نانوحسگرها، حسگرهایی در ابعاد نانومتری هستند که به خاطر کوچکی و نانومتری بودن ابعادشان از دقت و واکنش‌پذیری بسیار بالایی برخوردارند؛ به‌طوری‌که حتی نسبت به حضور چند اتم از یک گاز هم واکنش نشان می‌دهند. استفاده از نانومواد، حساسیت سیستم را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. در زیست‌حسگرها اجزای زیستی نظیر پادتن‌ها، آنزیم‌ها، گیرنده‌ها یا کل سلول می‌توانند به‌عنوان عنصر حسگر مورد استفاده قرار گیرند. نانوزیست حسگرها در زمینه‌های مختلف و از همه مهم‌تر در تشخیص دقیق و زودهنگام بیماری، قابلیت‌های بسیار زیادی از خود نشان داده‌اند که این امر توجه پژوهشگران و حتی صنعتگران را به این زمینه جلب کرده است. نانوحسگر زیستی دستگاه آنالیزکننده‌ای است که با کمک فناوری نانو ساخته شده و توسط شناساگر زیستی نوع و غلظت آنالیت را تشخیص داده و به‌وسیله مبدل آن را به پیام قابل اندازه‌گیری تبدیل می‌کند. رویکرد فناوری نانو در توسعه ابزارهای حسگر زیستی مزایای مستقیمی را از طریق آزمایش‌های ساده‌تر، اندازه کوچکتر، دقت بیشتر، نتایج و پاسخ‌های سریع‌تر به تهدیدات کلیدی سلامت در بخش دام‌های اهلی فراهم می‌کند. این سامانه‌ها در تشخیص‌های بالینی بسیار اهمیت داشته و دربرگیرنده تمام اجزاء لازم برای ارائه نمونه، حسگری و داده‌پردازی هستند. نانوحسگرهای زیستی یکی از جالب‌ترین و کاربردی‌ترین زمینه‌های فناوری نانو هستند که با توجه به مزایای خاص خود نسبت به سایر ابزارهای آنالیزی، با سرعت بالایی جایگزین سایر روش‌های آزمایشگاهی می‌شوند (۶).

۶- حسگرهای زیستی و تشخیص بیماری‌ها

حسگرهای زیستی به‌دلیل عدم نیاز حسگرها به ابزارهای پیشرفته، زمان و هزینهٔ زیاد برای تشخیص آنالیت‌ها، در مراکز کوچک یا با امکانات کم و حتی در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

منزل نیز کاربرد دارند. این دستگاه‌ها می‌توانند در شناخت ساز و کار برخی بیماری‌ها و اختلالات، در امر تشخیص و درمان بیماری‌ها و عوارض آن‌ها و شناسایی علل و زمینه‌های به‌وجودآورنده آن‌ها و نیز در سایر علوم مرتبط نظیر داروسازی، سامانه‌های پیشرفته دارورسانی، شناسایی داروهای جدید و ارزیابی فعالیت زیستی آن‌ها به‌کار روند. حسگرهای زیستی کاربردهای مختلفی در پزشکی بالینی دارند از جمله: تشخیص و درمان سرطان، دیابت، تشخیص عوامل بیماری‌زا، اندازه‌گیری داروها و متابولیت‌های آن‌ها، کشف داروهای جدید و ارزیابی فعالیت آن‌ها، ارزیابی و اندازه‌گیری آنالیت‌های موجود در نمونه زیستی و تشخیص سریع بیماری‌ها با استفاده از آزمایش‌های سریع. به‌تازگی با ورود ابزارهای تشخیصی جدید، تشخیص به موقع بیماری‌های واگیردار و نوظهور دام‌های اهلی و تصمیم‌گیری سریع درباره آن‌ها مورد انتظار است. در حال حاضر نیز دنیا به‌دلیل افزایش فناوری‌های نوین با "انقلاب چهارم" در بخش کشاورزی روبرو شده است مانند: پیشرفت‌های شبکه و اینترنت، اینترنت اشیاء (Internet of Things)، کشاورزی دقیق و نرم‌افزارهای کاربردی تلفن همراه هوشمند (اپلیکیشن) برای پایش بیماری‌ها.

امروزه به‌دلیل فقدان آزمایش‌های مطمئن و اقتصادی برای تشخیص زودهنگام بیماری‌ها، فناوری حسگرهای زیستی ابزار تشخیصی بدیعی برای شناسایی سریع تهدیدات کلیدی سلامت در بخش دامپروری محسوب می‌شوند (۳).

یکی از ویژگی‌های برجستهٔ فناوری نانو برای کاربردهای زیستی، کشاورزی و زیست‌محیطی این است که دستگاه‌ها و سیستم‌های نانومقیاس همان مولکول‌های زیستی هستند. درحالی که حسگرهای متداول در پایش دام‌ها ابزارهایی برای کمک به نظارت بهداشتی و تشخیص بیماری‌ها به شمار می‌آیند. حسگرهای نانو توانایی تجزیه‌وتحلیل سنجش‌های زیستی چندگانه را در محل (in-situ) دارند، در نتیجه انتقال نمونه‌های زیستی به آزمایشگاه های مرکزی برای تجزیه‌وتحلیل آن‌ها لازم نیست. ادغام این حسگرها برای انتقال بی سیم (wire-less) اطلاعات از طریق یک

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

سرور یا سیستم‌های مبتنی‌بر رایانش ابری (cloud)، دسترسی هر دستگاه اینترنتی به داده‌های تجزیه‌وتحلیل شده را امکان‌پذیر می‌سازد. برنامه‌های کاربردی نانوحسگرهای زیستی هزینه‌های احتمالی برای واکنش دهنده‌ها، انتقال، تکرار تجزیه‌وتحلیل و همچنین جابه‌جایی نمونه را کاهش می‌دهد.

علاوه‌بر این می‌تواند بر تطبیق و ترویج شیوه‌های کشاورزی پایدار و رفاه دام‌های اهلی و همچنین روش‌های غیرتهاجمی برای تأمین رفاه حیوانات متمرکز شود. این فناوری‌ها بر روش‌های غیرتهاجمی برای تعیین نشانگرهای زیستی تنش و بیماری‌های متابولیکی، ارزیابی رفاه حیوان بر اساس فعالیت آن (نظارت بر فحلی و تشخیص لنگش با هدف تولید بیشینه دام) و حسگرهای سنجش دما و pH (برای تشخیص علائم زایش و عملکرد شکمبه) تأکید دارد. علاوه‌بر این، فناوری‌های مختلف مشاهده غیرتهاجمی برای تشخیص اولیه بیماری به حفظ حیات حیوانات و کاهش هزینه‌های دامدار کمک خواهد کرد (۸،۹).

۷- کاربردهای حسگرهای زیستی

در این بخش برخی از حسگرهای زیستی کاربردی در صنعت دامپروری مرور می‌شود.

۷-۱ حسگرهای زیستی مخصوص تجزیه‌وتحلیل تنفس دام

تشخیص بیماری‌ها از طریق شناسایی ترکیبات آلی فرّار (VOCs) که نوعی روش‌شناسی غیرتهاجمی است از مدت‌ها پیش مورد علاقه پژوهشگران بوده است. ترکیبات آلی فرّار می‌تواند در تنفس، خون، مدفوع، پوست، ادرار و مایعات واژنی حیوانات یافت شود (۱۱،۱۰). متابولیت‌های موجود در دم و بازدم شامل گازهایی مانند هیدروژن و متان، و ترکیبات آلی فرّاری مانند اسیدهای چرب هستند که می‌توانند نشانگرهایی زیستی برای فرآیندهای متابولیکی و پاتولوژیک باشند. سطح گلوکز خون به‌طور معمول با ترکیبات آلی فرّار مانند کتون‌بادی‌ها، اتانول، متانول و ترکیبات برون‌زاد ارتباط دارد (۱۲).

در گاو، تجزیه‌وتحلیل ترکیبات آلی فرّار برای تشخیص بیماری‌های تنفسی به‌کار می‌رود (۱۰) از جمله سل ریوی (۱۳،۱۲)،

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

بیماری یون (۱۴)، کتو اسیدوز (۱۵) و فیزیولوژی شکمبه غیرطبیعی. شناسایی سریع و غیرتهاجمی بیماری تب برفکی با استفاده از جمع‌آوری هوا توسط یک دستگاه اولیه دستی مجهز به جاذب ذره الکترواستاتیک، در یک اتاقک ریزتراشه‌ای ۱۰ تا ۱۵ میکرولیتر انجام می‌شود (۱۶).

۷-۲ حسگرهای زیستی برای تجزیه‌وتحلیل متابولیت‌های عرق دام

در اغلب موارد هدف از توسعه حسگرهای زیستی مختص تجزیه‌وتحلیل متابولیت‌های عرق، نظارت بر بهبود سلامت حیوان است. کاربرد چنین حسگرهایی برای تجزیه‌وتحلیل غلظت سدیم (۱۷) و سطوح لاکتات موجود در عرق است و به‌طور معمول به‌صورت ابزارهایی قابل حمل (مانند کمربند) استفاده می‌شوند. برای مثال، حسگر الکتروشیمیایی برای سنجش سطوح لاکتات شامل یک تاتو چاپی انعطاف‌پذیر است که می‌تواند میزان لاکتات را تا سطح ۲۰ میلی‌مول تشخیص دهد. این حسگرها در برابر تغییر شکل مکانیکی مقاوم هستند و می‌توانند برای پایش عرق به‌ویژه هنگام تنش فیزیکی در حیوانات نیز استفاده شوند (۱۸). علاوه‌بر این، نوعی حسگر شناسایی رادیویی (Radio Frequency Identification) ارائه شده که می‌تواند پایش حلّال‌ها و دمای سطح را انجام دهد و توسط اپلیکیشن تلفن همراه عمل کند (۱۹).

۷-۳ پایش مداوم گلوکز توسط تجزیه‌وتحلیل اشک

متابولیت‌های موجود در اشک می‌تواند اطلاعاتی درباره غلظت این متابولیت‌ها در خون فراهم کند و یک روش نظارت مستمر غیرتهاجمی را ارائه دهد. در یک مطالعه نوعی حسگر آمپرومتریک گلوکز انعطاف‌پذیر گزارش شد که با استفاده از غلظت متغیر گلوکز اکسیداز بر روی یک الکترود اکسیژن انعطاف‌پذیر (الکترود Pt و الکترود مرجع و شمارشگر Ag/AgCl) گلوکز را اندازه‌گیری می‌کند (۲۰).

حسگر دیگری نیز با استفاده از روش‌های Soft-MEMS بر روی پلیمری کاربردی ساخته شد (۲۰). دیگر پژوهشگران نیز حسگری زیستی برای خودپایشگر گلوکز اشک توسعه دادند که در مرحله آزمایشی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

بود (۲۱). یک حسگر اولیه گلوکز اشک (TG) نیز برای ارزیابی التهاب چشم خرگوش سفید نیوزلندی از طریق سنجش گلوکز خون (BG) و زمان تأخیر TG طراحی و ساخته شد (۸).

۷-۴ حسگر پروژسترون برای تشخیص آبستنی و سقط جنین دام‌ها

اصلاح نژاد یک رکن مهم در صنعت دامپروری است و تشخیص دوره تخمک‌گذاری برای تعیین بازه زمانی تلقیح مصنوعی بسیار اهمیت دارد. پمبرتون و همکاران (۲۲) با استفاده از حسگر آمپرسنج پروژسترون (حاوی آنتی‌بادی مونوکلونال ضدپروژسترون (mAb) تثبیت‌شده بر روی الکترود کربن چاپ‌شده روی صفحه (screen-printed carbon electrode)) وقوع تخمک‌گذاری را تشخیص دادند. سیستم هدایت گله (The Herd Navigation® system) نیز در سال ۲۰۰۸ برای استفاده تجاری توسعه یافت و ترکیبی از پنج دستگاه پایش از جمله تشخیص پروژسترون موجود در شیر بود. حسگر هدایت گله (۲۳) سطح پروژسترون شیر را اندازه‌گیری می‌کند و نرم‌افزار زمان تلقیح، فهرست نهایی حیوانات آبستن، سقط جنین اولیه و گاوهای در معرض خطر کیست و آنستروس (عدم فحلی) طولانی‌مدت را ارائه می‌دهد. با استفاده از این سیستم، نرخ تشخیص فحلی در مزارع دانمارک ۹۵-۹۷ درصد گزارش شد و نرخ آبستنی به طور معنی‌داری (۴۲-۵۰ درصد) نسبت به روش‌های متداول بیشتر بود (۲۴). به‌کارگیری این دستگاه سالانه باعث صرفه‌جویی ۳۵۰-۲۵۰ یورویی شد و کشاورزان مجبور به پرداخت هزینه‌های بالا برای انجام آزمون‌های آبستنی دام نشدند (۲۵).

۷-۵ حسگر تشخیص بیماری تنفسی گاوی

در ایالات متحده، ویروس تبخال گاوی (BHV-1) عامل مهم ابتلا گله به بیماری‌های تنفسی است (Bovine Respiratory Disease) و سالانه خسارات عمده اقتصادی (بیش از دو میلیارد دلار) به صنایع دامپروری و لبنی وارد می‌کند. تاراسو و همکاران (۲۶) یک ایمنوحسگر پوشیده شده با ایمنوگلوبین IgE برای تشخیص مستقیم پروتئین ویروسی BHV-1

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

گزارش کردند که سریع‌تر از روش متداول الیزا (ELISA) بود. شافر و همکاران نیز یک ترموگراف مادون قرمز خودکار برگرفته از RFID را برای تعیین BRD در گاوها استفاده کردند. پایش BRD در حیوانات با استفاده از نمرات بالینی بیومتریک، درجه حرارت بدن، هماتولوژی، کورتیزول سرم و مقادیر حرارتی مادون قرمز صورت گرفت. داده‌های موجود نشان داد که بین حیوانات BRD مثبت با محدوده حرارتی بالاتر اشعه مادون قرمز ۰/۳۵ ± ۳۵/۷ درجه سانتی‌گراد وجود دارد، در مقایسه با حیوانات BRD منفی واقعی که در محدوده حرارتی ۰/۲۲ ± ۳۴/۲ درجه سانتی‌گراد قرار داشتند. این مطالعه نشان می‌دهد که داده‌های ترموگرافی می‌توانند به‌صورت غیرتهاجمی و خودکار از طریق ایجاد سیستمی توسعه‌یافته در محل آبشخور حیوانات جمع‌آوری شود (۲۷).

۷-۶ ایمنوحسگر نانو برای ویروس عامل اسهال ویروسی گاوی (BVDV)

در حالی‌که روش‌های مبتنی‌بر الیزا و واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) مدت زیادی است که برای شناسایی BVDV استفاده شده‌اند (۲۸) اما تشخیص سریع BVDV مستلزم پایش مداوم برای تسریع تشخیص و به‌حداقل رساندن گسترش بیماری در گله است. برای این‌منظور، یک نانو ایمنوحسگر سیمی به‌طورکامل یکپارچه برای تشخیص BVDV از راه سرم خون ابداع شد. حسگر زیستی دارای ویروس BVD به‌عنوان مولکول جاذب بود که به‌صورت کوالانسی به یک پلیمر گالوانیزه در یک نانوسیم منتقل می‌شد. برای اولین بار تشخیص ایمنی‌شناسی بدون برچسب آنتی‌بادی‌ها (۱۰ میکروگرم در میلی‌لیتر، ۲۰ دقیقه) با استفاده از آلبومین سرم گاو به‌عنوان یک سیستم مدل آنتی‌ژن- آنتی‌بادی انجام شد. سپس ایمنوحسگر برای تشخیص آنتی‌بادی‌های اسهال ویروسی گاو (۱۰ میکروگرم در میلی‌لیتر، ۲۰ دقیقه) در بافر و سرم استفاده شد. حسگر به وضوح سرم گاوی آلوده مثبت و منفی را تشخیص داد (۲۹).

یک حسگر الکترواسپن بر اساس تفکیک مویرگی و سنجش ایمنی رسانایی سنجی ارائه شد. به‌علاوه، الکترود نقره با استفاده

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

از روش رسوب اسپری ساخته شد که برای نانو فیبرهای الکترواسپن غیرتهاجمی محسوب می‌شد. زمان تشخیص حسگر ۸ دقیقه و برای نمونه‌های ویروسی BVDV، حد تشخیص CCID/mL ۱۰۳ بود (۳۰).

۷-۷ تشخیص بیماری دهان و پا با استفاده از حسگر

تشخیص اولیه و سریع ویروس تب برفکی امری ضروری است. به‌تازگی چندین حسگر زیستی قابل حمل برای FMDV ارائه شده است (۳۱).

سیستم‌های توسعه‌یافته شامل ایمونوکروماتوگرافی جریان جانبی (lateral flow immunochromatographic) برای تشخیص آنتی‌بادی‌ها علیه پروتیین‌های FMDV و برای تشخیص سروتایپ‌های O، A، Asia 1، SAT 2 بیماری FMDV و انواع خاص FMDV غیر سروتایپ است (۳۲). آزمایش‌های متعدد خاص FDMV RT-PCR (rRT-PCR) برای تشخیص فوری FDMV در دامپروری‌ها در قالب پلتفرم‌های قابل حمل ساخته شده است (۳۳).

۷-۸ حسگر زیستی برای تشخیص خودکار ورم پستان

استافیلوکوکوس اورئوس عامل ورم پستان یا التهاب غده پستان در گاوها است. تشخیص ورم پستان در شیر بر اساس دو جنبهٔ کیفی شیر انجام می‌شود: تعداد سلول های سوماتیک و مشاهده شیر غیرطبیعی (ورم پستان بالینی). در یک مطالعه حسگر برخط (on-line) غیرمستقیم بر پایه آزمایش CMT (California Mastitis Test) در شیر ارائه شد (۳۴). نوعی حسگر مبتنی‌بر اتصال با نانو ذرات نیز گزارش شده است که با استفاده از یک سیتومتر مقاومتی موجود بر تراشه مغناطیسی میکرو مایع نمونه را آنالیز می‌کند (۳۵).

۷-۹ نانوحسگر زیستی برای تشخیص کتوز تحت بالینی

نانوحسگر زیستی می‌تواند به‌طور قابل توجهی به تشخیص زمان واقعی بتاهیدروکسی بوتیرات خون یا شیر برای ارزیابی تعادل انرژی در حیوانات کمک کند. کتوز تحت بالینی یکی از بیماری‌های

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

متابولیکی مرتبط با تعادل منفی انرژی در طول دوره‌گذار محسوب می‌شود و به‌دلیل کاهش تولید شیر، اختلال در عملکرد تولیدمثل و خطر بالاتر کتوز بالینی، زیان‌های اقتصادی بسیاری به بار می‌آورد (۳۶). به‌تازگی تراشه تشخیص βHBA (beta-hydroxy butyrate acid) با استفاده از حسگر نوری مینیاتوری مقرون‌به‌صرفه گزارش شده است که ظرف یک دقیقه تجزیه‌وتحلیل می‌کند و دارای حد تشخیص ۰/۰۵ mM βHBA است (۳۷). در مطالعه دیگری، حسگری زیستی با استفاده از نقاط کوانتومی با کوفاکتور نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید (NAD^+) اصلاح شده بود که برای پایش غلظت βHBA در نمونه شیر و خون گاو استفاده شد. تشخیص توسط یک پلتفرم ریز مایع با یک حسگر کم هزینه نوری مینیاتوری انجام می‌شد و پلتفرم پایش (حسگر) دارای حد تشخیص ۳۵ میکرومتر بود (۸،۱).

۸- اهمیت بالینی تشخیص متابولیت‌های بزاقی دام

نمونه‌برداری بزاق و دیگر نشانگرهای بیوشیمیایی سلامت فیزیولوژیکی، جایگزین جذابی برای نمونه‌گیری خون است (۳۸). این روش برای نظارت بر حیوانات و تشخیص بیماری مفید است؛ زیرا خون‌گیری از حیوانات باعث ایجاد تنش شده و می‌تواند بر پارامترهای تشخیصی بیوشیمیایی اثرگذار باشد. نشانگرهای زیستی بزاق می‌تواند در بسیاری موارد مفید باشند؛ به‌عنوان مثال در شناسایی و تشخیص زودهنگام بیماری‌ها، پشتیبانی از فرآیندهای تصمیم‌ساز برای مدیریت دام‌ها و پایش پیشرفت بیماری‌ها (۳۳).

۸-۱ حسگرهای تشخیص اسید اوریک بزاق دام

غلظت غیرطبیعی اسید اوریک، نشانگری زیستی برای چندین بیماری مانند نشانگان متابولیکی، کلیوی و اختلالات متابولیسم پورین محسوب می‌شود (۳۴). اسید اوریک در پاسخ به تنش فیزیکی نیز تولید می‌شود (۳۵).

کیم و همکاران یک حسگر اسید اوریک دهان‌بند را توسعه دادند که شامل یک پتانسیواستات (potentiostat)، میکروکنترلر و یک دستگاه گیرنده فرستنده بلوتوث با مصرف کم انرژی (BLE) بود. این پلتفرم

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

انتقال بی‌سیم اطلاعات را به‌صورت زمان واقعی به تلفن‌های هوشمند و دیگر دستگاه‌های ذخیره‌کننده بر عهده داشت (۳۹).

۸-۲ حسگری زیستی برای تشخیص کورتیزول بزاق هنگام تنش درحیوانات

اندازه‌گیری هورمون‌های کورتیکواستروئید به‌طور معمول به‌عنوان نشانگر زیستی حیوانات در پاسخ به تنش استفاده می‌شود. جزییات صحت و اعتبار آزمون کورتیزول در بررسی کوک (۴۰) آمده است. به‌تازگی، یاماگوچی و همکاران توسعه یک ایمنوحسگر کورتیزول برای تجزیه‌وتحلیل کمّی و غیرتهاجمی کورتیزول بزاق را نشان دادند. ایمنوحسگر، جریان حاصل از یک واکنش رقابتی بین کورتیزول نمونه و یک کورتیزول مزدوج با برچسب گلوکز اکسیداز (GOD) را تشخیص می‌داد و سطوح کورتیزول را بر اساس منحنی کالیبراسیون اندازه‌گیری می‌کرد. در این روش تجزیه‌وتحلیل سطح کورتیزول بزاق ۳۵ دقیقه طول می‌کشد و دستگاه می‌تواند در محل استفاده شود و روش آن شباهت زیادی به روش الیزا دارد (۴۱).

۹- چشم‌انداز آینده

هدف از کاربرد دستگاه‌های پایش در بخش دامپروری، مدیریت مستمر و کنترل شرایط در تمام زمینه‌ها از جمله سلامت، تولیدمثل، رفاه دام و اثرات زیست‌محیطی آن است. زیرا اعتقاد بر این است که پایش مستقیم حیوانات با کنترل بیشتر بر سلامت، باعث بهبود کیفیت محصولات دامی و کاهش خسارات خواهد شد. حسگرهای زیستی ابزاری قدرتمند برای تشخیص زودهنگام بیماری‌ها هستند (۴۲، ۴۳).

فناوری حسگرها باید اطلاعات دقیق و مقرون به‌صرفه را فراهم کند، در حالی که الگوریتم‌های هوشمند همراه با مزارع تحت شبکه، تصمیم‌سازی بیشتر و فرآیندهای مدیریت دامداری‌ها را انجام می‌دهند. هدف اصلی استفاده از حسگرهای زیستی تولید داده‌های قابل اعتماد و راه‌اندازی سیستم‌های نرم‌افزاری هوشمند است که برای کشاورز و محیط زیست ارزشمند باشد و به بهبود سلامت و رفاه حیوانات، افزایش بهره‌وری و عملکرد و کاهش هزینه و خسارات بیماری‌ها با حداقل تأثیر بر روی محیط زیست کمک کند. درحالی‌که

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

در حال حاضر فناوری حسگرها برای تشخیص یک پارامتر در دام‌ها موجود است، اما انتظار می‌رود در آینده پیشرفت‌های شگرفی در زمینه تولید سیستم‌های نظارت قوی برای پایش و تشخیص همزمان چند پارامتر انجام شود. علاوه‌بر این، استقبال کم دامداری‌ها حتی انواع صنعتی و بزرگ یکی از چالش‌های این فناوری‌ها است. بدون تردید با پیشرفت‌های آتی در توسعه نانوحسگرهای زیستی ترکیبی از فناوری نانو، روش‌های تحلیلی بیومولکول‌های متابولیکی و سیستم‌های پایش بهداشت و سلامت حیوانات کاربرد گسترده‌ای در مدیریت مزارع و جلوگیری از شیوع بیماری‌ها خواهند داشت.

فهرست منابع

References

1. Weng X., Chen L., Neethirajan S. and Duffield T. (2015a). Development of quantum dots-based biosensor towards on-farm detection of subclinical ketosis. Biosensors and Bioelectronics. 72: 140-147.
2. Alexandratos N. and Bruinsma J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper Rome, FAO.
3. Pemberton R.M., Hart J.P. and Mottram T.T. (2001). An electrochemical immunosensor for milk progesterone using a continuous flow system1. Biosensors and Bioelectronics. 16: 715-723.
4. Chakraborty M. and Hashmi M.S.J. (2017). An overview of biosensors and devices. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. doi:10.1016/b978-0-12-803581-8.10316-9.
5. Yi-Hsin T. and Wei P.K. (2010). Sensitive liquid refractive index sensors using tapered optical fiber tips. Optics Letters.
6. Mehrotra P. (2016). Biosensors and their applications – A review. Journal Oral Biol Craniofac Res. 6: 153–159.
7. Hosseinynejad M. and Samadi S. (2012). Application of nanobiosensors in food security. Journal of Biosafety. 5 (1): 109-124.
8. Neethirajan S., Tuteja S.K., Huang S.T. and Kelton D. (2017). Recent advancement in biosensors technology for animal and livestock health management. Biosensors and Bioelectronics. 98: 398–407.
9. Diouani M.F., Helali S., Hafaid I., Hassen W.M., Snoussi M.A., Ghram A., Jaffrezic- Renault N. and Abdelghani A. (2008). Miniaturized biosensor for avian influenza virus detection. Materials Science and Engineering: C 28(5–6): 580-583.
10. Burciaga-Robles L.O., Holland B.P., Step D.L., Krehbiel C.R., McMillen G.L., Richards C.J., Sims L.E., Jeffers J.D., Namjou K. and McCann P.J. (2009). Evaluation of breath biomarkers and serum haptoglobin concentration for diagnosis of bovine respiratory disease in heifers newly arrived at a feedlot. American journal of veterinary research. 70: 1291-1298.
11. Garner, C.E., Smith S., Bardhan P.K., Ratcliffe N.M. and Probert C.S. (2009). A pilot study offaecal volatile organic compounds in faeces from cholera patients in Bangladesh to determine their utility in disease diagnosis. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. 103(11): 1171-1173.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

12. Leopold J.H., van Hooijdonk R.T., Sterk P.J., Abu-Hanna A., Schultz M.J. and Bos L.D. (2014). Glucose prediction by analysis of exhaled metabolites - a systematic review. BMC Anesthesiology. 14: 46.
13. Fend R., Geddes R., Lesellier S., Vordermeier H.M., Corner L.A.L., Gormley E., Costello E., Hewinson R.G., Marlin D.J., Woodman A.C. and Chambers M.A. (2005). Use of an electronic nose to diagnose *Mycobacterium bovis* infection in badgers and cattle. Journal of Clinical Microbiology. 43(4): 1745-1751.
14. Kumanan V., Nugen S.R., Baeumner A.J. and Chang Y.F. (2009). A biosensor assay for the detection of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis in fecal samples. J Vet Sci. 10: 35- 42.
15. Mottram T., Dobbelaar P., Schukken Y., Hobbs P. and Bartlett P. (1999). An experiment to determine the feasibility of automatically detecting hyperketonaemia in dairy cows. Livestock Production Science. 61: 7-11.
16. Kristensen T. (2013). Estimation of grass intake on pasture for dairy cows using tightly and loosely mounted di- and tri-axial accelerometers combined with bite count. Comput. Electron. Agric. 99: 227-235.
17. Schazmann B., Morris D., Slater C., Beirne S., Fay C., Reuveny R., Moyna N. and Diamond D. (2010). A wearable electrochemical sensor for the real-time measurement of sweat sodium concentration. Analytical Methods. 2(4): 342-348.
18. Jia W., Bandodkar A.J., Valdés-Ramírez G., Windmiller J.R., Yang Z., Ramírez J., Chan G. and Wang J. (2013). Electrochemical tattoo biosensors for real-time noninvasive lactate monitoring in human perspiration. Analytical chemistry. 85(14): 6553-6560.
19. Rose D.P., Ratterman M.E., Griffin D.K., Hou L., Kelley-Loughnane N., Naik R.R., Hagen J.A., Papautsky I. and Heikenfeld J.C. (2015). Adhesive RFID sensor patch for monitoring of sweat electrolytes. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 62(6): 1457-1465.
20. Iguchi S., Kudo H., Saito T., Ogawa M., Saito H., Otsuka K., Funakubo A. and Mitsubayashi K. (2007). A flexible and wearable biosensor for tear glucose measurement. Biomedical Microdevices. 9: 603-609.
21. La Belle J.T., Engelschall E., Lan K., Shah P., Saez N., Maxwell S., Adamson T., Abou-Eid M., McAferty K., Patel D.R. and Cook C.B. (2014). A disposable tear glucose biosensor-part 4: preliminary animal model study assessing efficacy, safety, and feasibility. J Diabetes Sci Technol. 8: 109-116.
22. Pemberton R.M., Hart J.P. and Mottram T.T. (2001). An electrochemical immunosensor for milk progesterone using a continuous flow system1. Biosensors and Bioelectronics. 16(9-12): 715-723.
23. Durkin J. and DeLaval B.W. (2010). Heat detection: Trends and opportunities. Proc. Second North Am. Conf. Precision Dairy Management, Toronto, Canada. pp. 1-10.
24. Blom J. and Ridder C. (2010). Reproductive management and performance can be improved by use of DeLaval Herd Navigator®. The First North American Conference on Precision Dairy Management.
25. Leonardi S., Marchesi G., Tangorra F.M. and Lazzari M. (2013). Use of a proactive herd management system in a dairy farm of northern italy: technical and economic results. Journal of Agricultural Engineering. 44(2s).
26. Tarasov A., Gray D.W., Tsai M.Y., Shields N., Montrose A., Creedon N., Lovera P., O'Riordan A., Mooney M.H. and Vogel E.M. (2016). A potentiometric biosensor for rapid on-site disease diagnostics. Biosensors and bioelectronics. 79: 669-678.
27. Schaefer A.L., Cook N.J., Bench C., Chabot J.B., Colyn J., Liu T., Okine E.K., Stewart M. and, Webster J.R. (2012). The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. Research in Veterinary Science. 93: 928-935.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

28. Pritchard G., Kirkwood G. and Sayers A. (2002). Detecting antibodies to infectious bovine rhinotracheitis and BVD virus infections using milk samples from individual cows. Veterinary record. 150(6): 182-183.
29. Montrose A., Creedon N., Sayers R., Barry S. and O'riordan A. (2015). Novel single gold nanowire-based electrochemical immunosensor for rapid detection of bovine viral diarrhoea antibodies in serum. Journal of Biosensors and Bioelectronics. 6: 1-7.
30. Luo Y., Nartker S., Miller H., Hochhalter D., Wiederoder M., Wiederoder S., Setterington E., Drzal L.T. and Alocilja E.C. (2010). Surface functionalization of electrospun nanofibers for detecting *E. coli* O157:H7 and BVDV cells in a direct-charge transfer biosensor. Biosensors and Bioelectronics. 26(4): 1612-1617.
31. Niedbalski W. (2016). Recent progress in the diagnosis of foot-and-mouth disease: rapid fieldbased assays. Medycyna Weterynaryjna. 72: 339-344.
32. Yang M., Caterer N.R., Xu W. and Goolia M. (2015). Development of a multiplex lateral flow strip test for foot-and-mouth disease virus detection using monoclonal antibodies. Journal of virological methods. 221: 119-126.
33. Waters R.A., Fowler V.L., Armson B., Nelson N., Gloster J., Paton D.J. and King D.P. (2014). Preliminary validation of direct detection of foot-and-mouth disease virus within clinical samples using reverse transcription loop-mediated isothermal amplification coupled with a simple lateral flow device for detection. PloS one. 9(8): e105630.
34. Neitzel A.C., Stamer E., Junge W. and Thaller G. (2014). Calibration of an automated *California mastitis* test with focus on the device-dependent variation. Springer Plus. 3:760.
35. Duarte C., Costa T., Carneiro C., Soares R., Jitariu A., Cardoso S., Piedade M., Bexiga R. and Freitas P. (2016). Semi-quantitative method for streptococci magnetic detection in raw milk. Biosensors. 6(2): 19.
36. Ospina P., Nydam D., Stokol T. and Overton T. (2010). Associations of elevated non-esterified fatty acids and β-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. Journal of dairy science. 93(4): 1596-1603.
37. Weng X., Zhao W., Neethirajan S. and Duffield T. (2015b). Microfluidic biosensor for β-Hydroxybutyrate (βHBA) determination of subclinical ketosis diagnosis. Journal of Nanobiotechnology. 13(1): 13.
38. Bandodkar A.J. and Wang J. (2014). Non-invasive wearable electrochemical sensors: a review. Trends in Biotechnology. 32: 363-371.
39. Malon R.S.P., Sadir S., Balakrishnan M. and rcoles E.P. (2014). Saliva-based biosensors: noninvasive monitoring tool for clinical diagnostics. BioMed Research International. 20.
40. Cook N.J. (2012). Review: Minimally invasive sampling media and the measurement of corticosteroids as biomarkers of stress in animals. Canadian Journal of Animal Science. 92: 227-259.
41. Yamaguchi M., Matsuda Y., Sasaki S., Sasaki M., Kadoma, Y., Imai Y., Niwa D. and Shetty V. (2013). Immunosensor with fluid control mechanism for salivary cortisol analysis. Biosensors and bioelectronics. 41: 186-191.
42. Idris M., Uddin J., Sullivan M., McNeill D.M. and Phillips C.J. (2021). Non-invasive physiological indicators of heat stress in cattle. Animals. 11(1): 71.
43. Suhito I.R., Koo K.M. and Kim T.H. (2021). Recent advances in electrochemical sensors for the detection of biomolecules and whole cells. Biomedicines. 9(1): 15.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]

The role of biosensors in the identification of livestock diseases and their prevention

Maryam Gheibipour and Nikrouz Bagheri

1- PHD student, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran.
2- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

gheibipour.mariya94@birjand.ac.ir

Abstract

The sensor based analysis has various applications in different areas such as agriculture, food industry, pharmaceuticals, environmental matters and health care. In livestock sector, a sensor is an electronic device which can measure the physiological, immune and behavioral responses of domestic animals and different animal species. Sensors allow the construction of precise and accurate monitoring systems to measure single and multiple parameters as well as monitoring the physiology and environment of animals. All living organisms have biological sensors for measuring light, motion, temperature, humidity, vibration, pressure, nutrients, and so forth. Biological sensors are type of artificial sensor that are made by using biological susceptible sensors based on biological sensors and include tools that measure the potential of physiological and behavioral responses of domestic animals and animal species. New biological sensors can have major benefits in livestock manure management, diagnosis of disease and livestock isolation, health monitoring and diagnosis of the reproductive cycle, as well as monitoring physiological health through animal ecosystem analysis. Continuous and affordable monitoring systems can be developed by developing of integrated systems and network tools. Given the available data, sensors will improve sustainable agriculture by reducing the negative effects of the livestock industry on the environment. The purpose of this article is to review the advanced emerging technologies in animal health monitoring in order to achieve accurate animal husbandry. Biological sensors will revolutionize the livestock sector by introducing cost-effective new technologies, early detection and reducing the catastrophic effects of disease outbreaks in livestock farms.

Keywords: Animal Diseases, Biosensor, Intelligence, Monitoring, Precision livestock.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1399.13.1.1.1]