



گروه علوم و صنایع غذایی (گرایش کنترل کیفی و بهداشتی)
سمینار دوره کارشناسی علوم و صنایع غذایی

روش‌های نوین تشخیص سریع فساد گوشت

استاد راهنما: دکتر پرنیان پزشکی 

ارائه دهنده : ریحانه شکیبا 

زمان : تیر-۱۴۰۴ 



Department of food science and technology
B.Sc.Seminar in food science and technology

Modern methods for detecting meat spoilage



Supervisor: Dr. Parnian Pezeshki



Presented by: Reihane Shakiba



Date : June-2025

فهرست مطالب



۲	مقدمه
۱۲	هدف
۱۳	مرور متون
۵۲	بحث
۶۰	نتیجه گیری
۶۱	منابع

فهرست اشکال

شماره شکل	شماره اسلاید
عکس شماره ۱	۸
عکس شماره ۲	۱۶
عکس شماره ۳	۱۷
عکس شماره ۴	۱۸

فهرست اشکال

شماره شکل	شماره اسلاید
عکس شماره ۵	۱۹
عکس شماره ۶	۲۰
عکس شماره ۷	۲۳
عکس شماره ۸	۲۴

فهرست اشکال

شماره شکل	شماره اسلاید
عکس شماره ۹	۲۵
عکس شماره ۱۰	۲۹
عکس شماره ۱۱	۳۰
عکس شماره ۱۲	۳۱
عکس شماره ۱۳	۳۳

فهرست اشکال

شماره شکل	شماره اسلاید
عکس شماره ۱۴	۴۱
عکس شماره ۱۵	۴۲
عکس شماره ۱۶	۴۳
عکس شماره ۱۷	۴۹

فهرست اشکال

شماره شکل	شماره اسلاید
عکس شماره ۱۸	۵۰
عکس شماره ۱۹	۵۱
عکس شماره ۲۰	۵۴
عکس شماره ۲۱	۵۶
عکس شماره ۲۲	۵۸

فهرست جداول

شماره جدول	شماره اسلاید
جدول ۱	۳۲
جدول ۲	۴۰

فهرست اختصارات

علامت اختصاری	معادل انگلیسی	معادل فارسی
BCP	Bromocresol Purple	بروموکروزول پرپل
BTB	Bromothymol Blue	بروموتیمول بلو
LOP	Lab-On-Paper	حسگر کاغذی
TVBN	Total Volatile Basic Nitrogen	نیتروژن بازی فرار کل
RT	Room Temperature	دمای اتاق
CFU	Colony Forming Unit	واحد تشکیل کلونی
Trp	Tryptophan	تریپتوفان

فهرست اختصارات

علامت اختصاری	معادل انگلیسی	معادل فارسی
Tyr	Tyrosine	تیروزین
PCA	Principal Component Analysis	تحلیل مولفه‌های اصلی
TBARS	Thiobarbituric Acid Reactive Substance	مواد واکنش دهنده با اسید تیوباریبوتوریک
TVC	Total Viable Count	تعداد کل میکروارگانیسم‌های زنده
Ade	Adenine	آدنین
qPCR	Quantitative Polymerase Chain Reaction	واکنش زنجیره ای پلیمرز کمی

فهرست اختصارات

علامت اختصاری	معادل انگلیسی	معادل فارسی
VC	Volatile Compounds	ترکیبات فرار
WHO	World Health Organization	سازمان بهداشت جهانی
APC	Aerobic Plate Count	تعداد کلنی هوازی
MDA	Malondialdehyde	مالوندی آلدئید
SPSS	Statistical Package for Social Science	بسته آماری برای علوم اجتماعی
LPG	Liquefied Petroleum Gas	گاز مایع پترولیوم
PC	Principal Components	مولفه‌های اصلی

مقدمه



ایمنی مواد غذایی

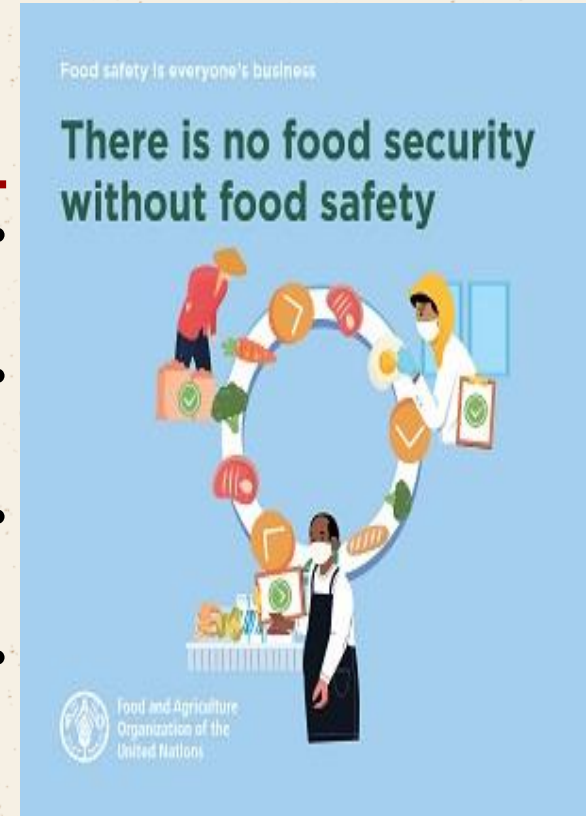
راهبردها و اقداماتی با هدف محافظت از غذاها در برابر خطرات در تمام طول زنجیره مواد غذایی است.

سازمان ملل ایمنی مواد غذایی (food safety) را دسترسی همگانی به غذای سالم تعریف می کند.



اهمیت ایمنی مواد غذایی

- کاهش بار اقتصادی
- حفاظت از جمعیت های آسیب پذیر
- حفظ اعتماد مصرف کننده
- جلوگیری از بروز بیماری های غذازاد



آمار بروز بیماری‌های غذازاد



عوامل ایجاد کننده بیماری های غذازاد

مقدمه (ادامه)



CLASSES OF FOOD BASED ON PERISHABILITY

PERISHABLE



ماندگاری : چند ساعت تا یک هفته

SEMI PERISHABLE



ماندگاری : یک هفته تا چند ماه

NON-PERISHABLE



ماندگاری : چندین ماه تا چند سال

گوشت و اهمیت مصرف آن



❖ ساختار گوشت:

تشکیل شده از عضلات اسکلتی، بافت چربی و پیوندی

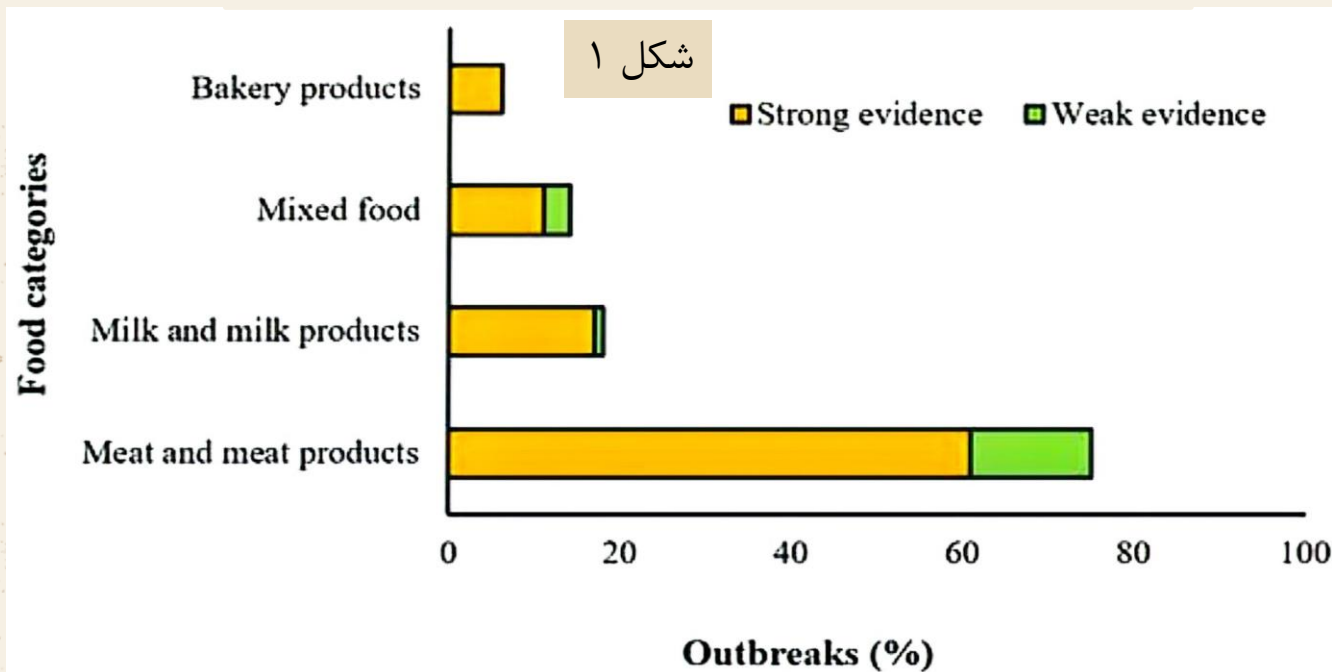
❖ ویژگی های گوشت:

منبع غنی از پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری و ریزمغذی ها

❖ توصیه مصرف:

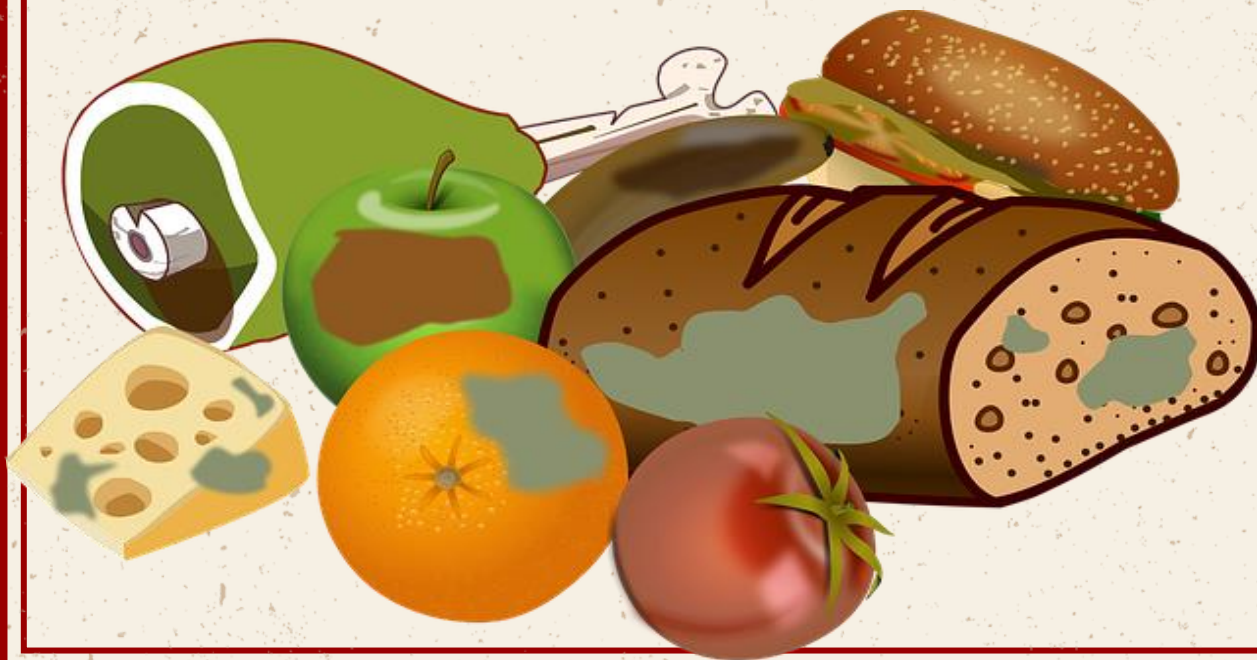
روزانه ۴۵ گرم

درصد شیوع بیماری های غذازاد مرتبط با گوشت



با توجه به آمار بروز بیماری های غذازاد مرتبط با گوشت، تشخیص فساد در این محصول از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

انواع روش های شناسایی فساد در گوشت



انواع روش‌های شناسایی فساد در گوشت

روش‌های نوین

بیوسنسورهای الکتروشیمیایی

تکنیک‌های میکرواستخراج و کروماتوگرافی

طیف سنجی مولکولی

طیف سنجی نوری

روش‌های مرسوم

روش‌های مبتنی بر شناسایی اسیدنوکلئیک

تست‌های شیمیایی و بیوشیمیایی

تغییر در ظاهر، بو و طعم

روش‌های مبتنی بر ایمنونولوژی

روش‌های مبتنی بر کشت

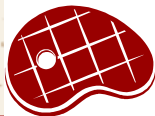
مقایسه روش های کلاسیک و نوین در شناسایی فساد گوشت

روش های نوین		روش کلاسیک	
مزایا	معایب	مزایا	معایب
حساسیت بالا	هزینه اولیه بالا	ارزان	حساسیت محدود
اختصاصیت بالا	پیچیدگی	دسترسی بهتر	زمان بر
سرعت بالا	کاربرد محدود	روش اجرای ساده	فقدان اختصاصیت

هدف سمینار

با توجه به اهمیت گوشت به عنوان یک محصول غذایی با فسادپذیری بالا و لزوم شناسایی دقیق و به موقع عوامل فساد در آن، و همچنین با توجه به محدودیت‌های روش‌های کلاسیک، هدف این سمینار بررسی و معرفی روش‌های نوین شناسایی فساد گوشت است.

مرور متون



مطالعه اول

هدف: نظارت بر کیفیت گوشت و شناسایی زمان فساد
با ترکیب حسگرهای الکترونیکی و تحلیل میکروبی

Monitoring of meat quality and change-point
detection by a sensor array and profiling of
bacterial communities



Analytica Chimica Acta

نویسندگان: Zaytsev V. et al

زمان و مکان: ۲۰۲۴-روسیه

روش کار مطالعه اول (آنالیز نمونه)

خریداری نمونه گوشت خوک بدون استخوان با وزن ۱kg از بازار محلی

قرار دادن قطعات کوچک (۳۵gr) از گوشت در پتری دیش استریل

انتقال پتری دیش به داخل محفظه مجهز به سنسورهای ترکیبات فرار در دمای 1 ± 24 به مدت ۲۴ ساعت

نمونه برداری به منظور آنالیز میکروبی هر ۶ ساعت به روش PCR

ثبت ترکیبات فرار تولید شده در فرآیند فساد گوشت توسط سنسورهای گازی هر ۶ ساعت و پردازش آن با نرم افزار Labview

بررسی ارتباط و میزان همبستگی بار میکروبی و تولید ترکیبات فرار به روش مربع پیرسون و تکنیک dimensional resolution

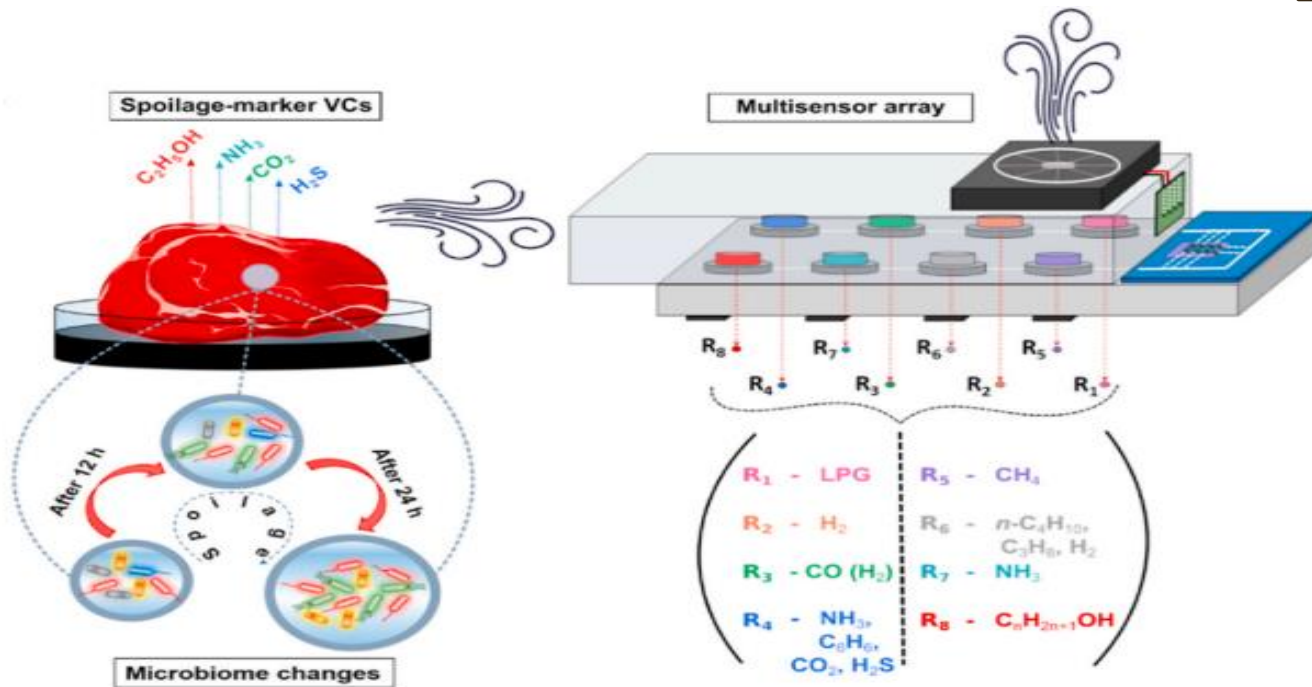


Fig. 1. Principal concept of the application of multisensor system (e-nose) for detection of meat spoilage: (A) description model of the e-nose implementation;

پاسخ حسگرهای شیمیایی به ترکیبات فرار در طول زمان نگهداری گوشت

شکل ۳

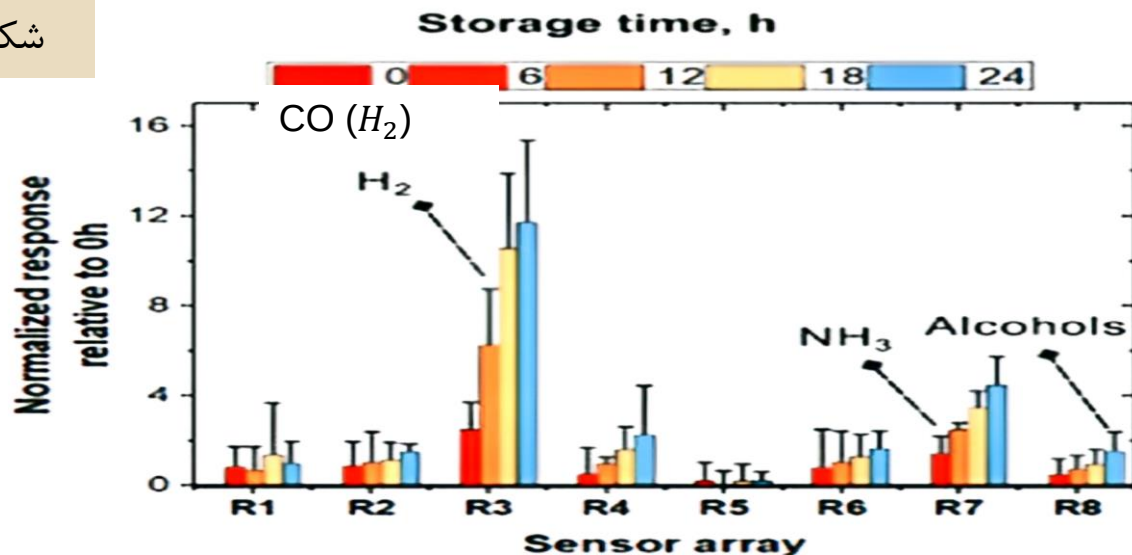


Fig. 3. (A) chemiresistive responses of the multisensor array relative to the 0 h time point

به طور معناداری افزایش پیدا کردند. NH_3 , H_2 , Alcohols

Zaytsev V *et al.*, *Anal.Chim.Acta*, 2024

تغییرات تنوع میکروبی، بار میکروبی و وضعیت گوشت در طی نگهداری

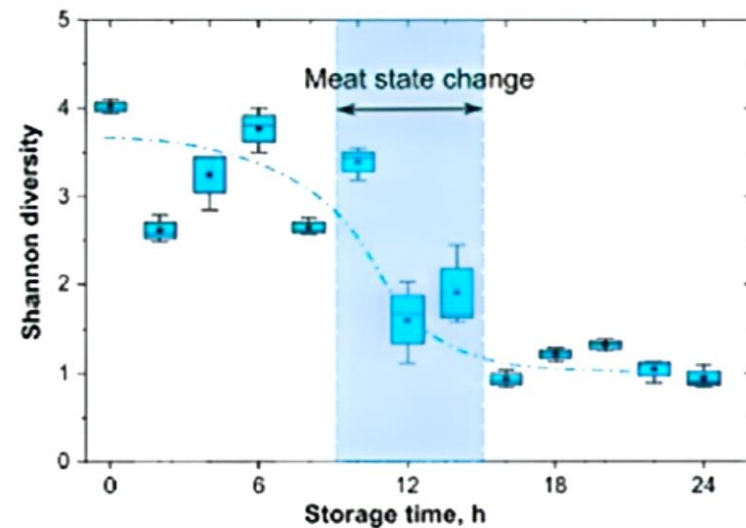
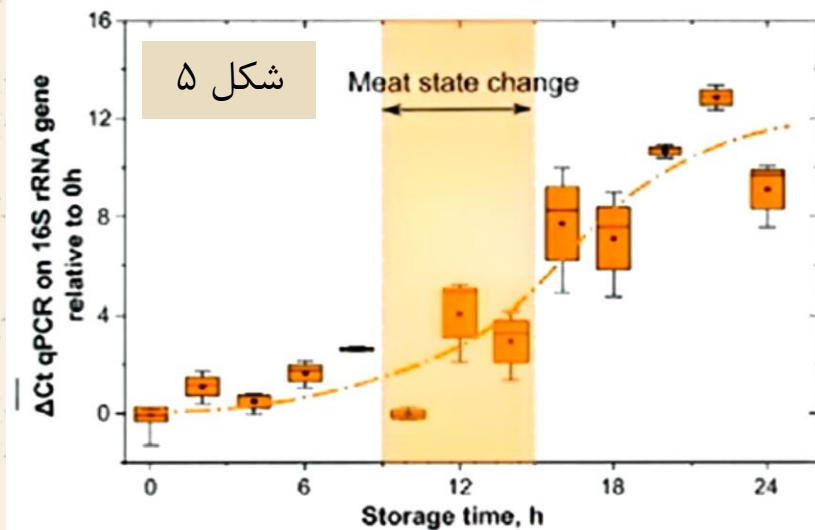


Fig. 3. relative bacterial abundance estimated by qPCR using specific primers for *Brochothrix*, *Psychrobacter*, *Mycoplasma* (left), and the Shannon diversity estimated by sequencing the V4 variable 16S rRNA gene region (right)

پیش‌بینی زمان نگهداری گوشت با استفاده از مدل های رگرسیونی

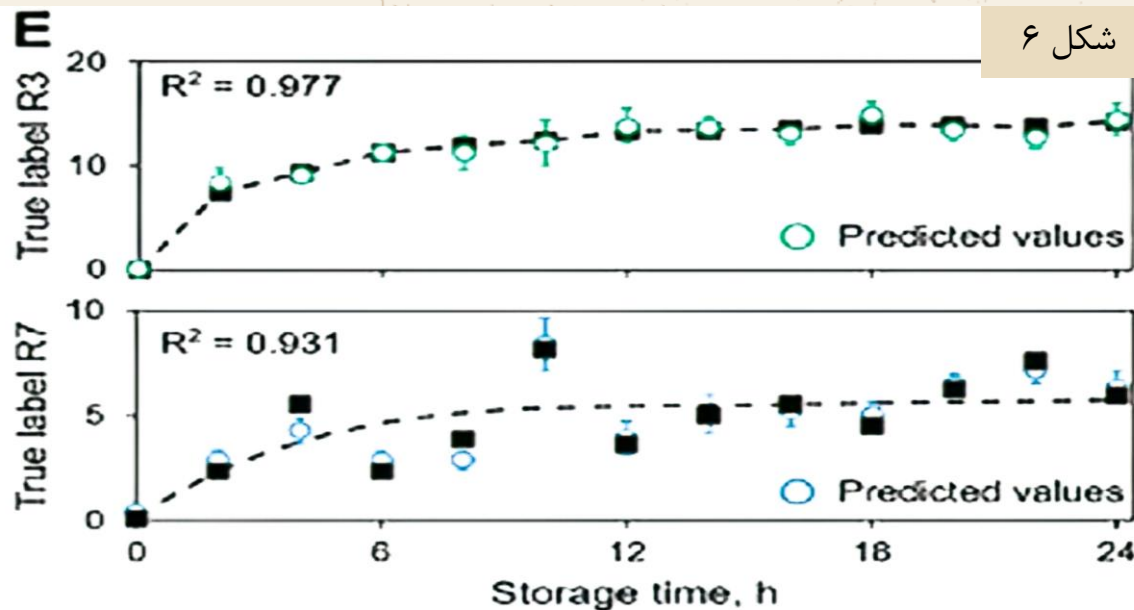


Fig. 4. multilinear regression prediction plots for the sensors CO (H2) (R3) and NH3 (R7)

نتیجه گیری

در این مطالعه، نشان داده شد که حسگرهای گازی (e-nose) می‌تواند به طور مؤثر و سریع، فساد گوشت را از طریق پایش ترکیبات فرار شناسایی کند.

نتایج نشان داد که پاسخ‌های سنسورهای گازی با تغییرات جمعیت میکروبی به ویژه رشد جنس‌های غالب مانند *Pseudomonas* و *Brochothrix* همبستگی بالایی ($R^2 > 0.9$) دارد. تحلیل‌های آماری و مدل‌سازی انجام‌شده نیز نشان داد که می‌توان با دقت بالا، نقطه تغییر فساد گوشت را شناسایی کرد.



مطالعه دوم

هدف: ارزیابی مبتنی بر موبایل توسط یک حسگر نوری کاغذی با قابلیت استفاده آسان برای شناسایی سریع فساد باکتریایی در فرآورده‌های گوشتی بسته بندی شده

User-friendly lab-on-paper optical sensor for the rapid detection of bacterial spoilage in packaged meat products

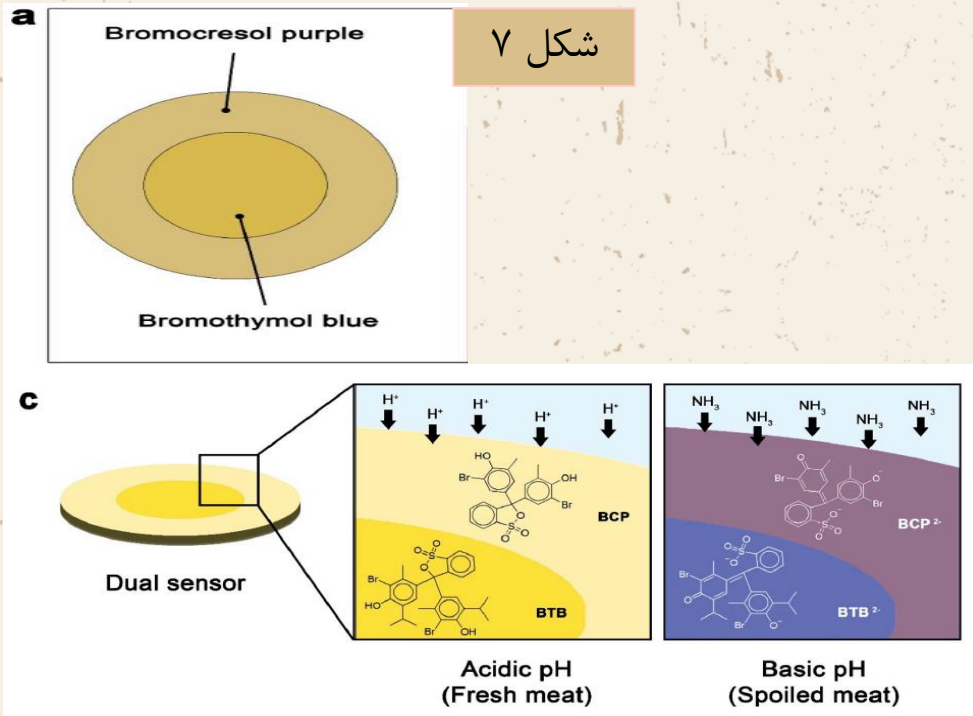


Royal Society Of Chemistry

نویسندگان: Abo Dena A.S. et al

زمان و مکان: ۲۰۲۱- مصر

روش کار مطالعه دوم (تهیه حسگر دوگانه LOP)



قطعات دایره ای کاغذ صافی با قطر ۱۵ و ۳۵ میلی متر بریده شد.



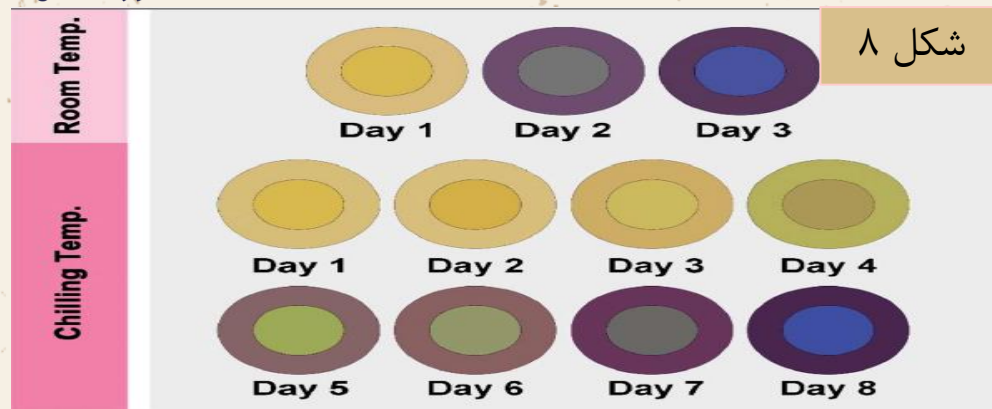
این قطعات به مدت یک شب در ۲۰ میلی لیتر محلول رنگ ها (BTB و BCP) خیسانده شد.



قطعات در دمای ۴۰°C به مدت ۲۰ دقیقه خشک شد و حسگر کوچک (BTB) بر روی حسگر بزرگ (BCP) چسبانده شد.

روش کار مطالعه دوم (آماده سازی نمونه)

مرور متون (ادامه)

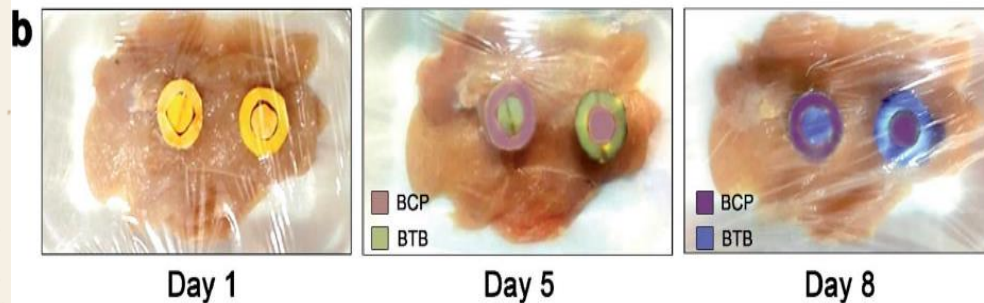


فیله مرغ بدون استخوان، از بازار محلی تهیه شد. هر فیله به ۶ قطعه ۲۵۰ گرمی تقسیم و در دو گروه در سینی های پروپیلن قرار داده شد.



حسگر دوگانه به سطح داخلی بسته بندی گوشت چسبانده شد.

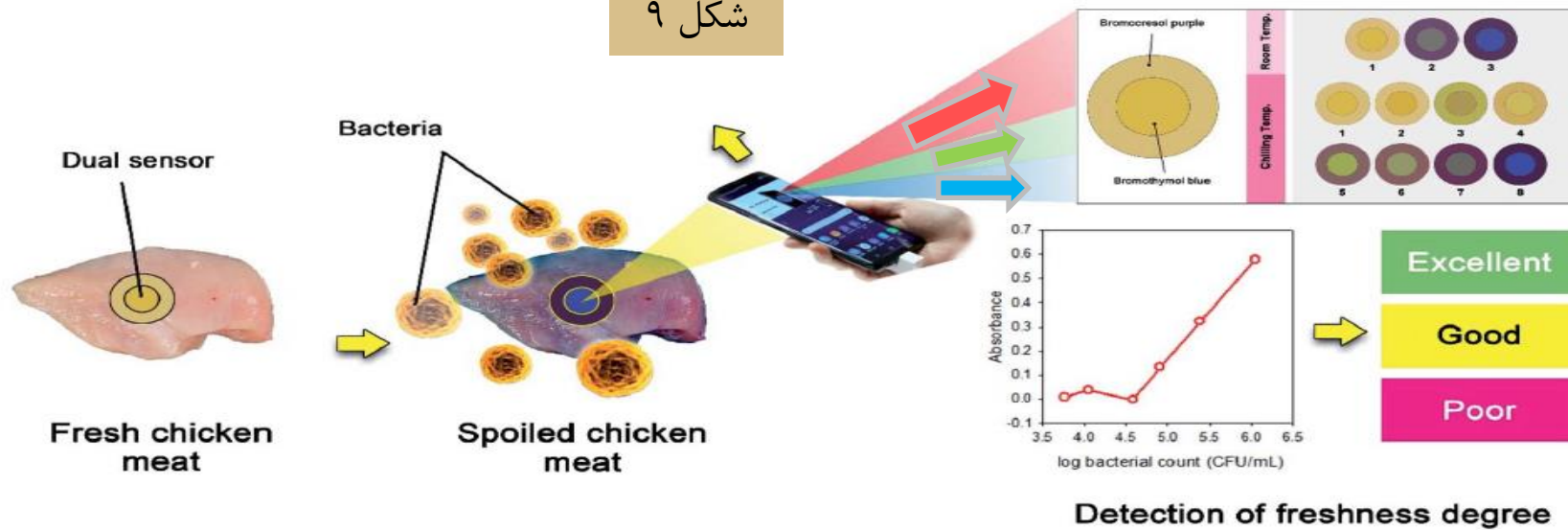
گروه ۱: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ به مدت ۳ روز
گروه ۲: $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ به مدت ۸ روز



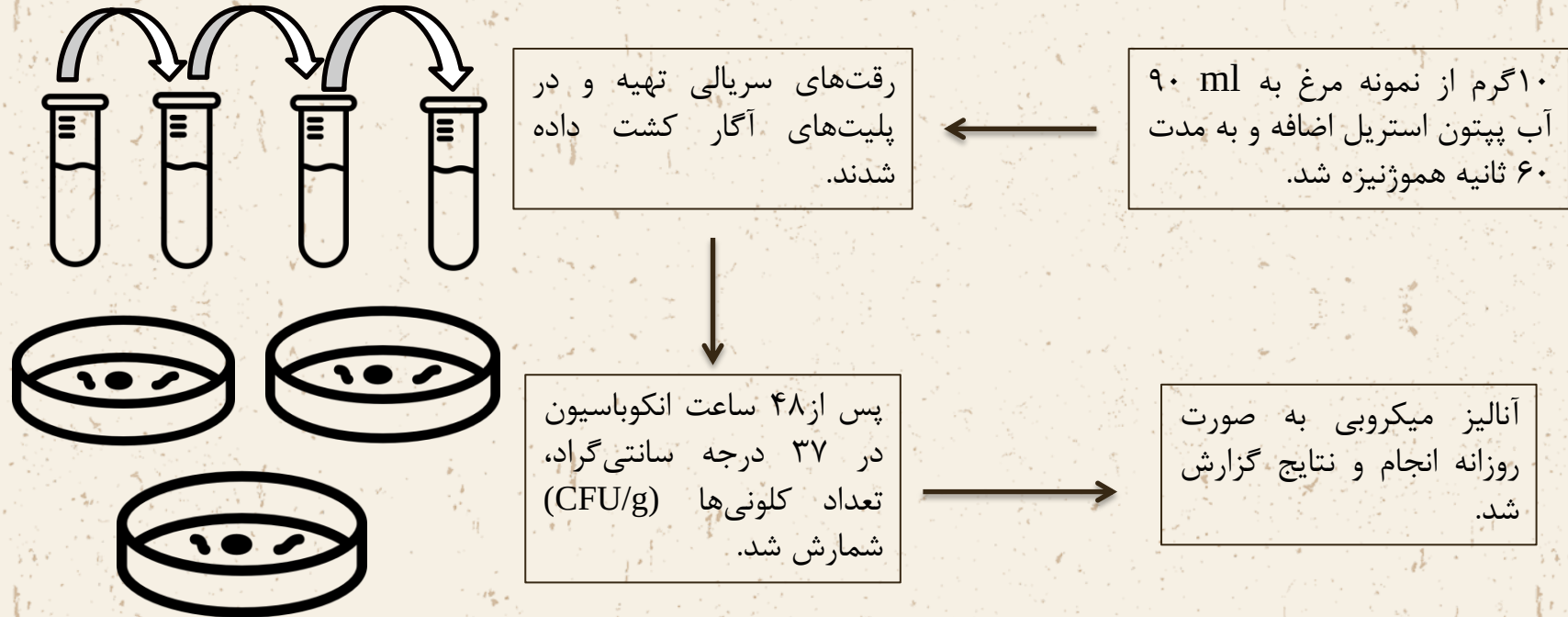
روش کار مطالعه اول (تصویر برداری از نمونه)

تغییرات رنگ حسگرها به صورت روزانه توسط دوربین موبایل هوشمند Infinix Note4 عکس برداری و سپس با نرم افزار مبتنی بر اندروید پردازش شد.

شکل ۹



روش کار مطالعه اول (آنالیز میکروبی)



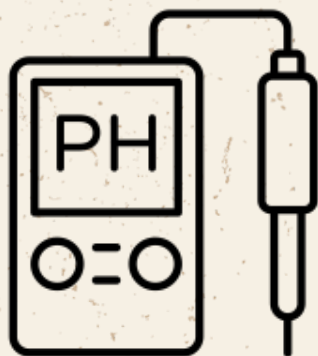
روش کار مطالعه اول (اندازه گیری pH و TVBN)

اندازه گیری TVBN

با روش کدال اندازه گیری شد. نتایج به صورت میلی گرم TVBN در ۱۰۰ گرم گوشت، به صورت روزانه، گزارش شد.

اندازه گیری pH

۱۰ گرم گوشت با ۱۰۰ ml آب مقطر هموژنیزه، و pH آن با pH متر اندازه گیری و به صورت روزانه، گزارش شد.



روش کار مطالعه اول (ارزیابی حسی)

مرور متون (ادامه)

در ارزیابی حسی به روش هدونیک، ۹ ارزیاب کننده آموزش دیده برای هر دو گروه نمونه نگهداری شده در دمای اتاق و یخچال، ارزیابی حسی انجام دادند.

امتیاز

- ❖ تازه = ۳
- ❖ قابل قبول = ۲
- ❖ حد فاصل پذیرش یا رد نمونه = ۱
- ❖ فاسد = ۰

پارامترهای مورد بررسی

- ❖ رنگ
- ❖ بو
- ❖ بافت

شمارش باکتری‌های هوازی در فیله مرغ طی نگهداری در دماهای مختلف

شکل ۱۰

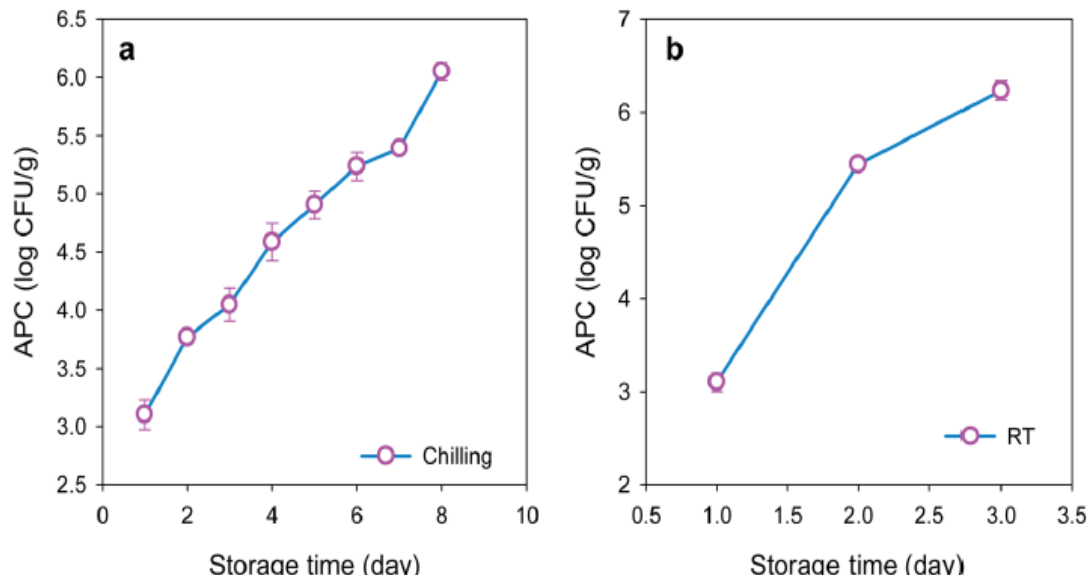
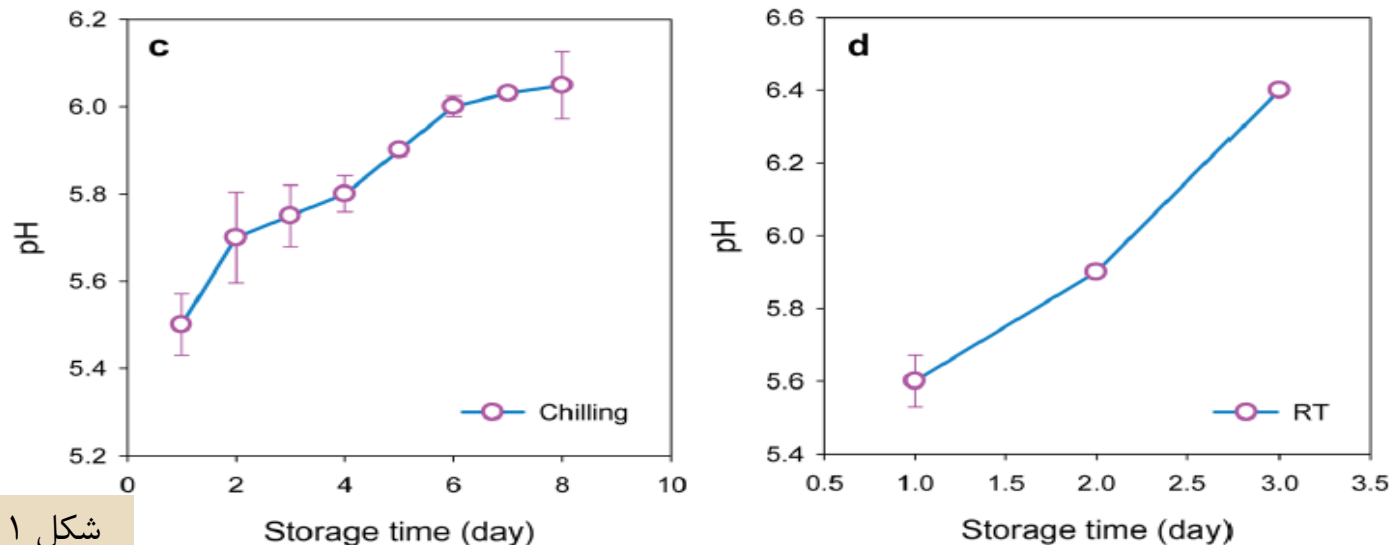


Fig. 3 Changes in aerobic bacterial count of the investigated chicken fillet samples stored at chiller and room temperatures. RT: room temperature

تعداد باکتری‌ها در دمای اتاق پس از ۳ روز و در یخچال پس از ۸ روز از حد مجاز 10^6 CFU/g فراتر می‌رود.

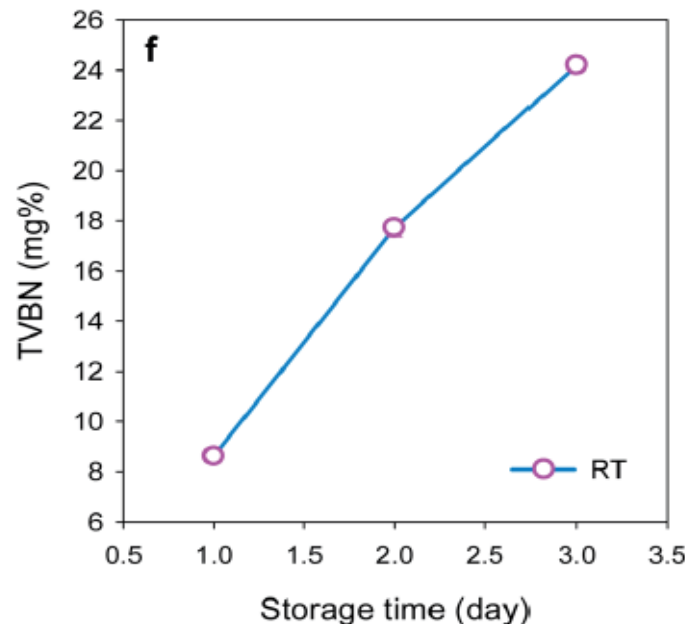
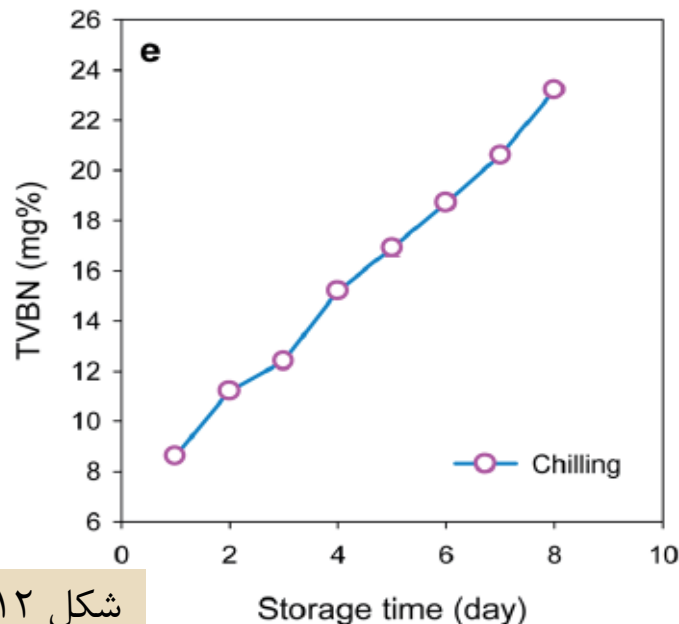
تغییرات pH فیله مرغ طی نگهداری در دمای اتاق و یخچال



شکل ۱۱

Fig. 3 Changes in sample pH of the investigated chicken fillet samples stored at chiller and room temperatures. RT: room temperature

pH گوشت از ۵/۵ در روز اول به ۶/۴ (دمای اتاق) و ۶/۵ (یخچال) در طول نگهداری میرسد و به طور معناداری افزایش می‌یابد.



شکل ۱۲

Fig. 3 Changes in TVBN levels of the investigated chicken fillet samples stored at chiller and room temperatures. RT: room temperature

سطح TVBN از $8/6 \text{ mg\%}$ در گوشت تازه به $24/2 \text{ mg\%}$ (دمای اتاق) و $23/2 \text{ mg\%}$ (یخچال) در طول نگهداری می‌رسد و به طور معناداری افزایش می‌یابد.

Table 1 Changes in sensory evaluation parameters of chicken meat samples and the response of dual LOP sensor colours at chiller and room temperatures. Standard deviations are added after the ($\pm$) signs

Storage time (day)	Texture	Odour	Colour	Sensor colour	
Chiller temperature					
0	3.0 ± 0.021	3.0 ± 0.230	3.0 ± 0.034	excellent	
1	3.0 ± 0.020	3.0 ± 0.230	3.0 ± 0.023		
2	2.8 ± 0.013	2.6 ± 0.130	2.8 ± 0.012		
3	2.7 ± 0.012	2.6 ± 0.043	2.6 ± 0.002	good	
4	2.2 ± 0.030	2.4 ± 0.023	2.0 ± 0.340		
5	1.9 ± 0.014	1.8 ± 0.420	1.9 ± 0.123		
6	1.4 ± 0.123	1.3 ± 0.230	1.3 ± 0.320		
7	0.7 ± 0.543	0.4 ± 0.230	0.5 ± 0.322	poor	
8	0.0 ± 0.000	0.0 ± 0.000	0.0 ± 0.000		
Room temperature					
0	3.0 ± 0.020	3.0 ± 0.230	3.0 ± 0.023	excellent	
1	2.0 ± 0.133	2.4 ± 0.032	2.3 ± 0.321	good	
2	1.0 ± 0.124	1.3 ± 0.032	0.9 ± 0.022		
3	0.0 ± 0.000	0.0 ± 0.000	0.0 ± 0.000	poor	

بررسی همبستگی بین جذب نور سنسورها و شمارش میکروبی

شکل ۱۳

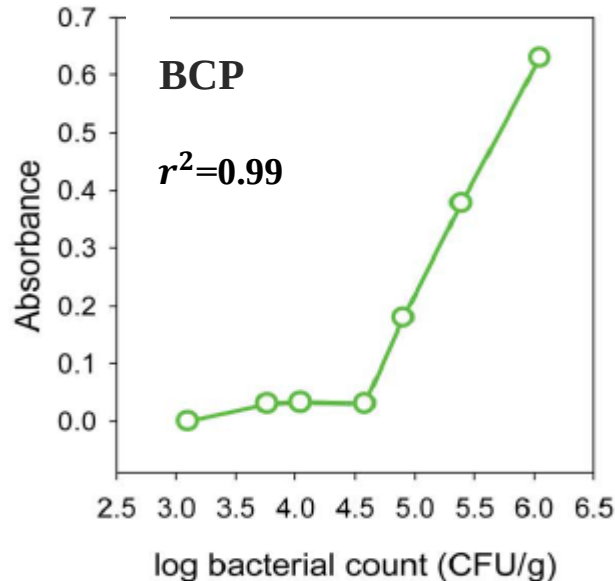
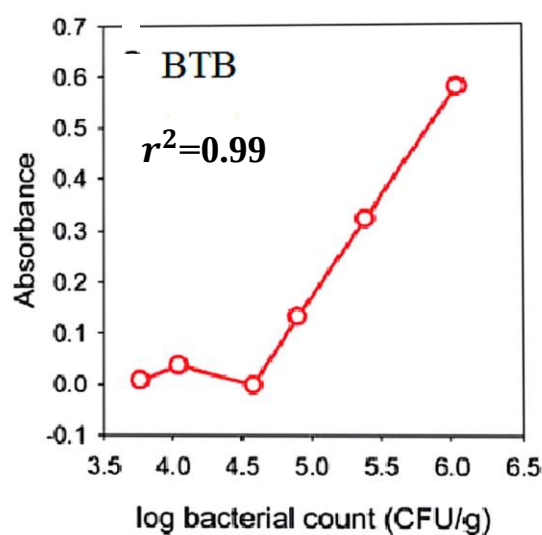


Fig. 4 Calibration plots obtained using the calculated absorbance values acquired from the LOP dual sensors images when applied to chicken meat samples

میزان جذب نور پردازش شده توسط نرم افزار موبایل از رنگ سنسورها با میزان بار میکروبی همبستگی مثبت و $r^2 > 0.9$ دارد.

نتیجه گیری

حسگر تهیه شده با موفقیت برای ارزیابی تازگی گوشت مرغ در بازه های زمانی ۸ روز (نمونه های نگهداری در یخچال) و ۳ روز (نمونه های نگهداری شده در دمای محیط) به کار رفت. یک اپلیکیشن اندرویدی نیز طراحی شد تا به کاربران امکان تشخیص سریع درجه فساد گوشت را در عرض چند ثانیه بدهد.

مزایای کلیدی این حسگر عبارتند از:

✓ سهولت استفاده از طریق اپلیکیشن اندرویدی

✓ تهیه آسان و کم هزینه

✓ تضاد رنگی بالا در شرایط مختلف که تشخیص بصری را تسهیل می کند.



مطالعه سوم

هدف: تعیین غیرمخرب شاخص های شیمیایی و میکروبی فساد گوشت گاو برای ارزیابی تازگی با استفاده از طیف سنجی فلورسانس

Non-destructive determination of chemical and microbial spoilage indicators of beef for freshness evaluation using front-face synchronous fluorescence spectroscopy



Food Chemistry

نویسندگان: Liu H. et al

زمان و مکان: ۲۰۲۰ - چین

روش کار مطالعه سوم (آماده سازی نمونه)



۹۰ نمونه گوشت ران گاو با وزن های ۶۰۰-۵۰۰ گرم، تهیه شد.



هر نمونه در بسته بندی اتمسفر اصلاح شده (۶۰٪ اکسیژن و ۴۰٪ دی اکسید کربن) قرار گرفت و در یخچال در دمای 4°C نگهداری شد.



طیف سنجی فلورسانس و اندازه گیری شاخص های تازگی در طول ۲۵ روز نگهداری به صورت دو روز یکبار انجام شد.

روش کار مطالعه سوم (اندازه گیری استاندارد شاخص های تازگی)



TVBN

به روش کلدال اندازه گیری شد.

TVC

به روش شمارش کلی میکروارگانیسم ها انجام شد.

TBARS

از طریق واکنش رنگی بین مالون دی آلدهید و تیوباربیتوریک اسید، تعیین شد.

روش کار مطالعه سوم (آنالیز نمونه)

اندازه گیری پارامترهای تشخیص فساد

ترکیبات فلورسنت (کلاژن، ویتامین ها و پروتئین ها) و بازهای شیف

دستگاه و روش

دستگاه: فلورسانس سنج HITACHI F-7000
روش: اسکن غیر مخرب سطح گوشت با طیف سنجی

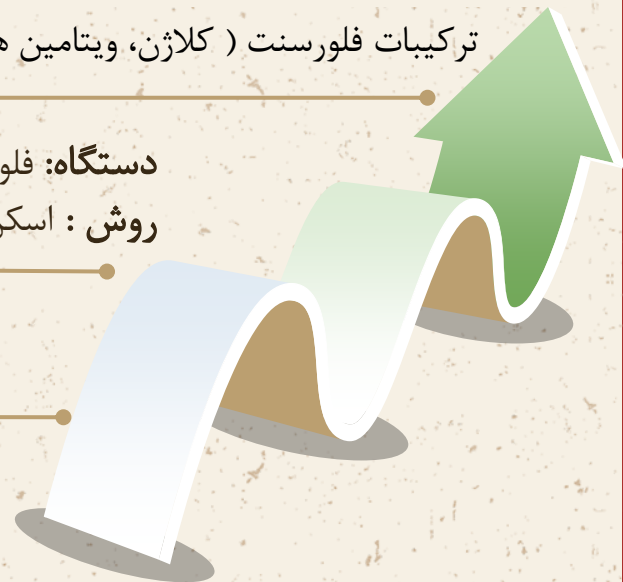
تنظیمات طیف سنجی

محدوده طول موج تحریک: ۲۱۰-۴۵۰ nm

آماده سازی نمونه

برش نمونه: قطعات کوچک از نمونه $2 \times 2 \times 0.5$ سانتی متر (برش داده شد).

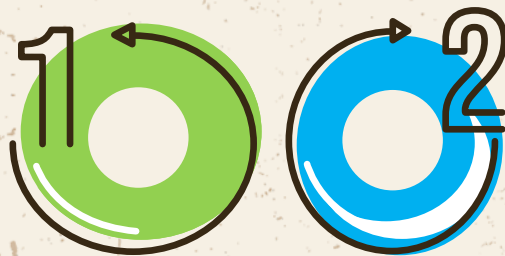
Mars



روش کار مطالعه سوم (تحلیل آماری و مدل سازی شاخص های تازگی)

تحلیل آماری داده ها

تحلیل آماری داده ها توسط نرم افزار SPSS19، انجام شد و نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شد.



ارتباط بین داده ها

از روش رگرسیون خطی برای ارتباط بین داده های کیفی و شاخص های تازگی استفاده شد.

بررسی شاخص‌های استاندارد تازگی گوشت و شمارش میکروبی

Table 1

Statistics on three standard freshness indicators of beef samples.

جدول ۲

Index	Sample number	Range	Average value	Standard deviation
TVB-N (mg/100 g)	90	4.55-17.25	9.75	2.84
TBARS (mg MDA/kg)	90	0.13-0.79	0.32	0.15
TVC (lg CFU/g)	78	3.44-7.25	5.02	1.22

تغییرات طیف فلورسانس و شاخص های تازگی گوشت طی نگهداری سرد

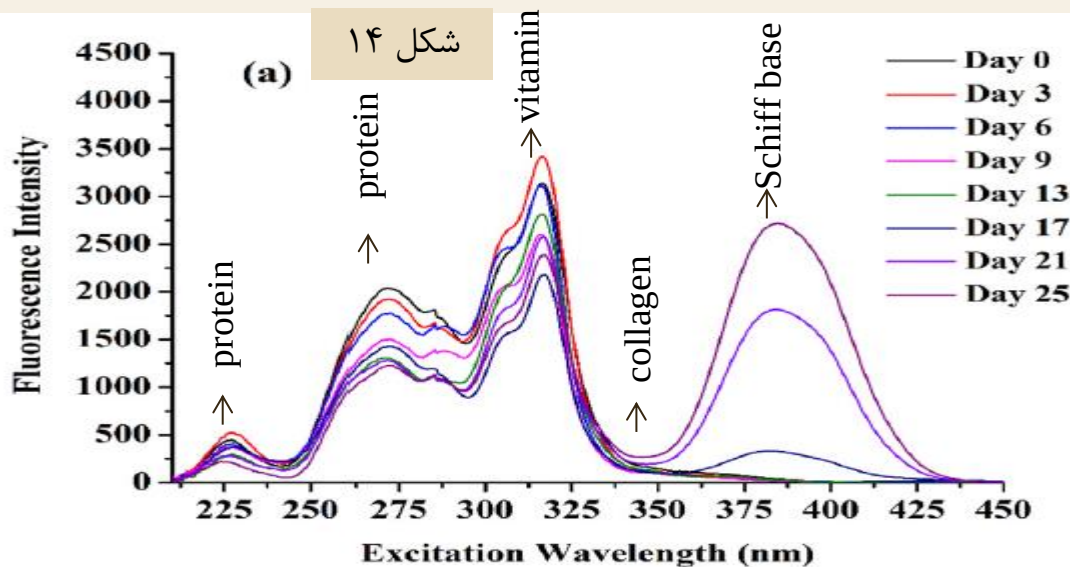


Fig. 1. The average front-face synchronous fluorescence spectra of beef samples during chilled storage (a) longissimus dorsi

با گذشت زمان محتوای پروتئینی، میزان ویتامین ها و کلاژن کاهش پیدا کرده و میزان بازهای شیف حاصل از اکسایش لیپید و پروتئین افزایش پیدا کرده است.

شکل ۱۵

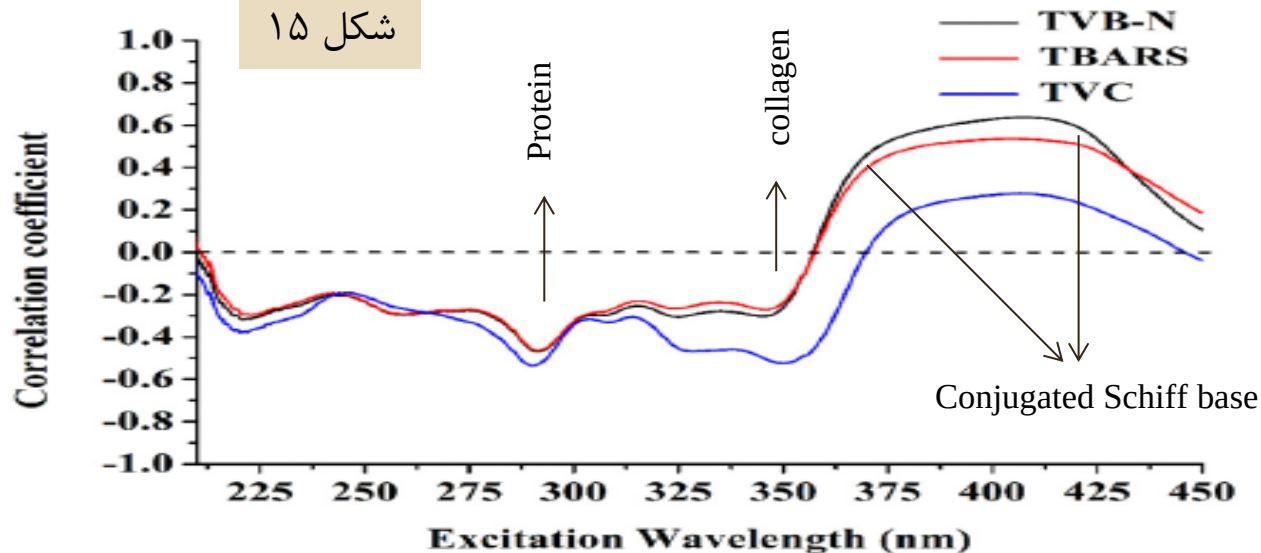


Fig. 2. Correlation coefficients between front-face synchronous fluorescence spectra and beef freshness indicators (total volatile basic nitrogen: TVB-N; thiobarbituric acid reactive substances: TBARS; total viable counts: TVC).

TVC با میزان پروتئین و کلاژن همبستگی منفی، و TVBN و TBARS با بازهای شیف کانوزوگه همبستگی مثبت دارد.

بررسی میزان همبستگی مدل سازی انجام شده با میزان واقعی اندازه گیری شده در آزمایشگاه

شکل ۱۶

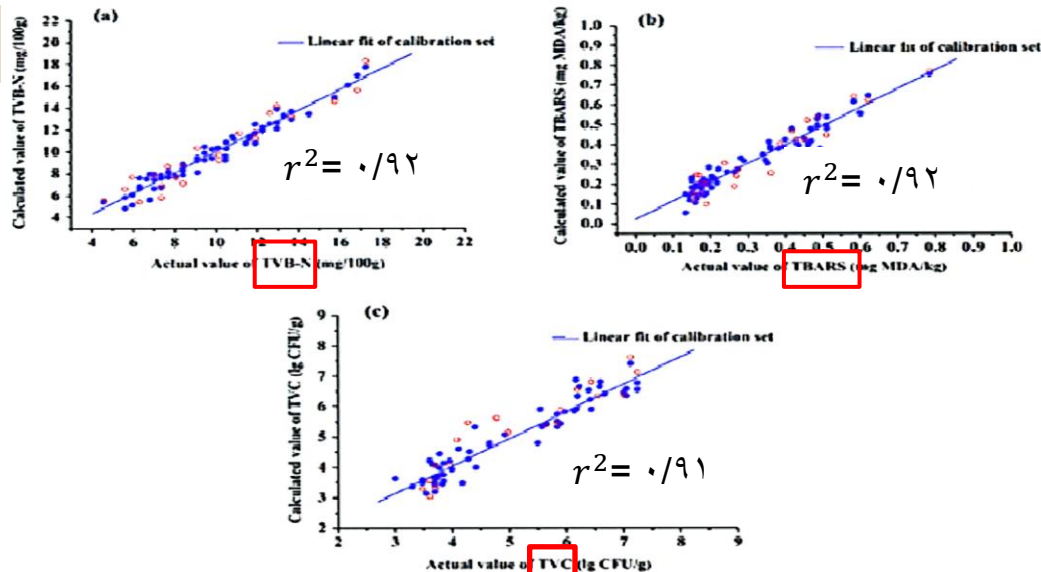


Fig. 3. The results of PLS modeling of the freshness indicators determined for beef samples during chilled storage: (a) total volatile basic nitrogen (TVB-N); (b) thiobarbituric acid reactive substances (TBARS); (c) total viable counts (TVC).

براساس شکل بالا میزان TVC, TBARS و TVB-N اندازه گیری شده با میزان پیش بینی شده بیش از ۹۰٪ همبستگی دارد.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که:

پیک های فلور سانس با مقادیر TVBN، TVC و TBARS همبستگی بیش از ۹۰٪ دارد.

مدل های کمی طراحی شده برای پیش بینی همزمان سه شاخص تازگی، نتایج رضایت بخشی ارائه کردند.

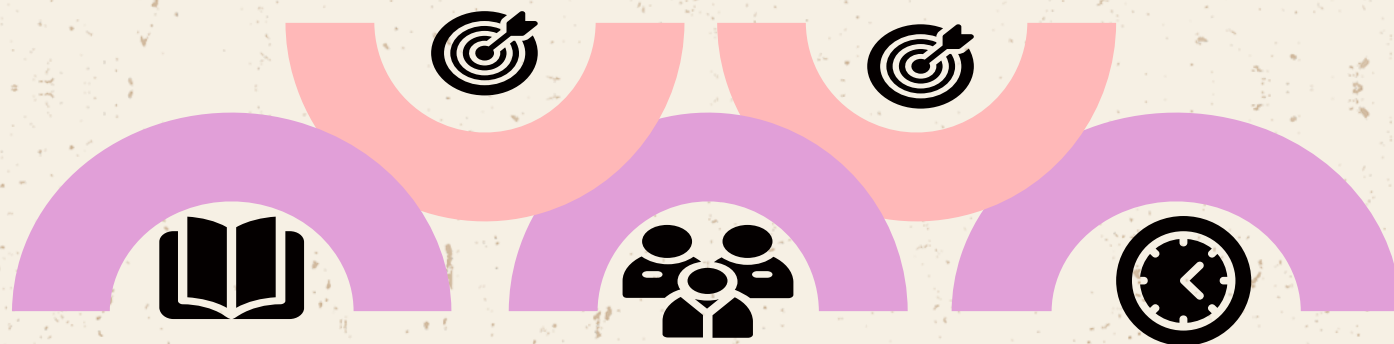
این مطالعه پتانسیل بالای این فناوری را در حوزه کنترل کیفیت مواد غذایی نشان میدهد.



مطالعه چهارم

هدف: ارزیابی سریع فساد در گوشت طیور با استفاده از طیف سنج رامان پرتابل

Rapid Poultry Spoilage Evaluation
Using Portable Fiber-Optic Raman
Spectrometer



Food Analytical Method

نویسندگان: Jaafreh S. *et al* زمان و مکان: ۲۰۱۸ - آلمان

روش کار مطالعه چهارم (آماده سازی نمونه)

۴۲ بسته، هریک با وزن ۶۰۰ گرم و حاوی ۲ فیله مرغ تهیه شد. فیله ها در بسته بندی اصلاح شده (حاوی ۶۸٪ اکسیژن، ۲۶٪ دی اکسید کربن و ۶٪ نیتروژن) قرار گرفتند.



بسته ها در یخچال با دمای 4°C به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند.



روش کار مطالعه دوم (آنالیز نمونه)

اندازه گیری پارامترهای فساد گوشت توسط دستگاه رامان

تنظیمات دستگاه رامان

- ❖ محتوای پروتئین
- ❖ اسید آمینه آزاد
- ❖ محصولات ناشی از اکسیداسیون سیستمین و متیونین

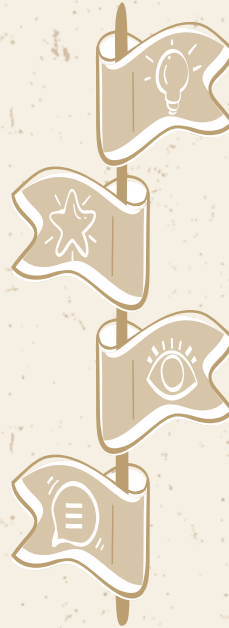
- ❖ محدوده طول موج: ۷۸۴-۱۱۳۵ nm

- ❖ توان لیزر: ۲۵۰ mW

- ❖ فاصله پروب و نمونه: ۷/۵ mm

- ❖ دمای دتکتور: ۱۰ °C -

- ❖ اندازه گیری طیف ها در ۳ تکرار به صورت روزانه با استفاده از نرم افزار Ocean View



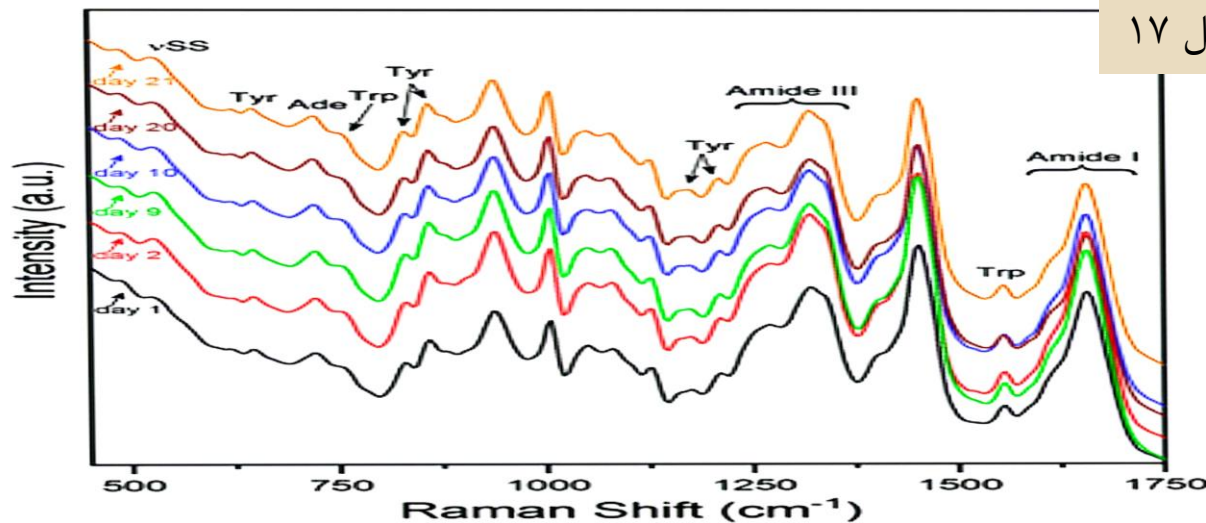
QE Pro_Raman

روش کار مطالعه دوم (استخراج داده و ترسیم نمودار)



استخراج داده ها و و ترسیم نمودار به روش PCA
با استفاده از نرم افزار Origin Pro 2018 انجام شد.

طیف های رامان در طی نگهداری گوشت طیور



شکل ۱۷

Fig. 1 Selected Raman spectra of poultry fillets at different times of storage at 4 °C in a modified atmosphere package. The spectra are offset for clarity

طیف سنج رامان کاهش محتوای پروتئینی (Amid I و Amid III)، افزایش اسیدآمیننه های آزاد (Tyr, Trp و Ade) و محصولات ناشی از اکسایش (باند دی سولفیدی) را در طول زمان نشان داد.

بررسی برآیند مجموع پیک ها در روز صفر در قالب PC Score

مرور متون (ادامه)

شکل ۱۸

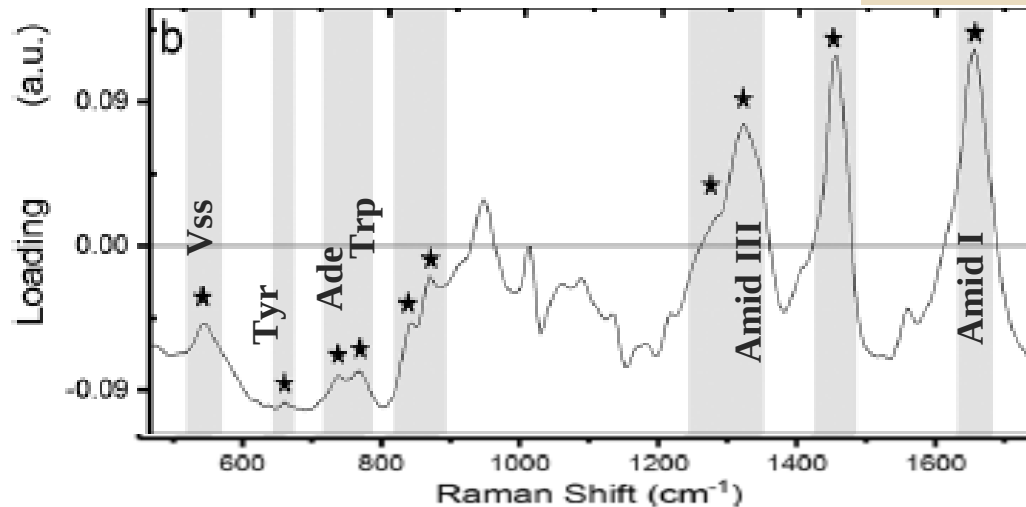


Fig. 3 Loadings of the PCA of the Raman For clarity and comparison; bands with significant contributions are marked by asterisks and compared with the Raman spectrum for the first day of measurements (c) by gray bars

برآیند مجموع پیک ها در قالب PC Score نمایش داده شد. Amid I و Amid III ارتباط مثبت و Tyr, Trp و Ade ارتباط منفی دارد.

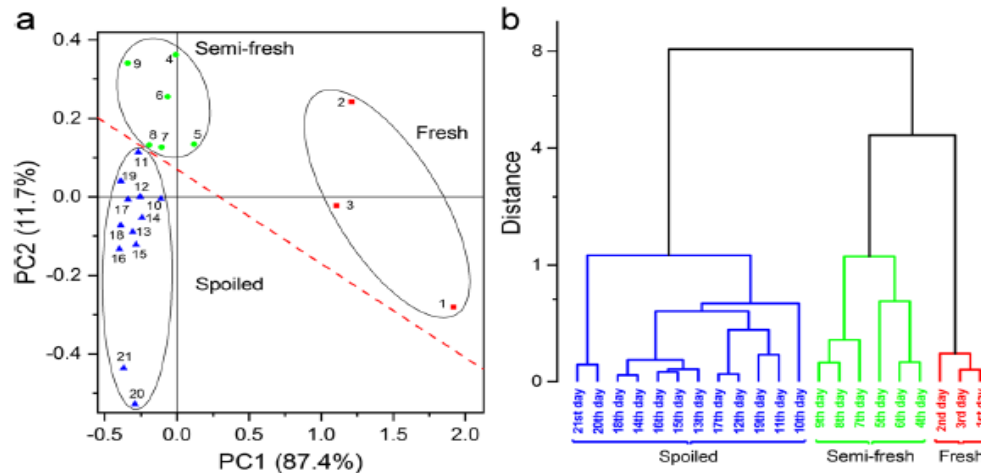


Fig. 2 Classification of Raman spectra of poultry fillets samples using chemometric methods: (a) PCA, scores of PCA of the Raman data plotted for PC1 and PC2. The poultry samples can be grouped into three quality classes: fresh (1st day until the 3rd day), semi-fresh (4th day until the 9th day), and spoiled (10th day until the 21st day). The dashed line indicates the distinction of spectra, separating spoiled from unspoiled poultry fillet samples with respect to the storage life (9 days). Ellipses and dashed line

are only drawn as guides to the eye. (b) AHCA of the first five principal components. The poultry samples were grouped to three quality classes: group 1 (fresh; 1st day until the 3rd day), group 2 (semi-fresh; 4th day until the 9th day), and group 3 (spoiled; 10th day until the 21st day). The dendrogram is based on the Ward's amalgamation method; distance measure: cosine similarity

مدل سازی PC Score نمایش داده شد و براساس آن تعیین نواحی طبقه بندی گوشت انجام می شود.

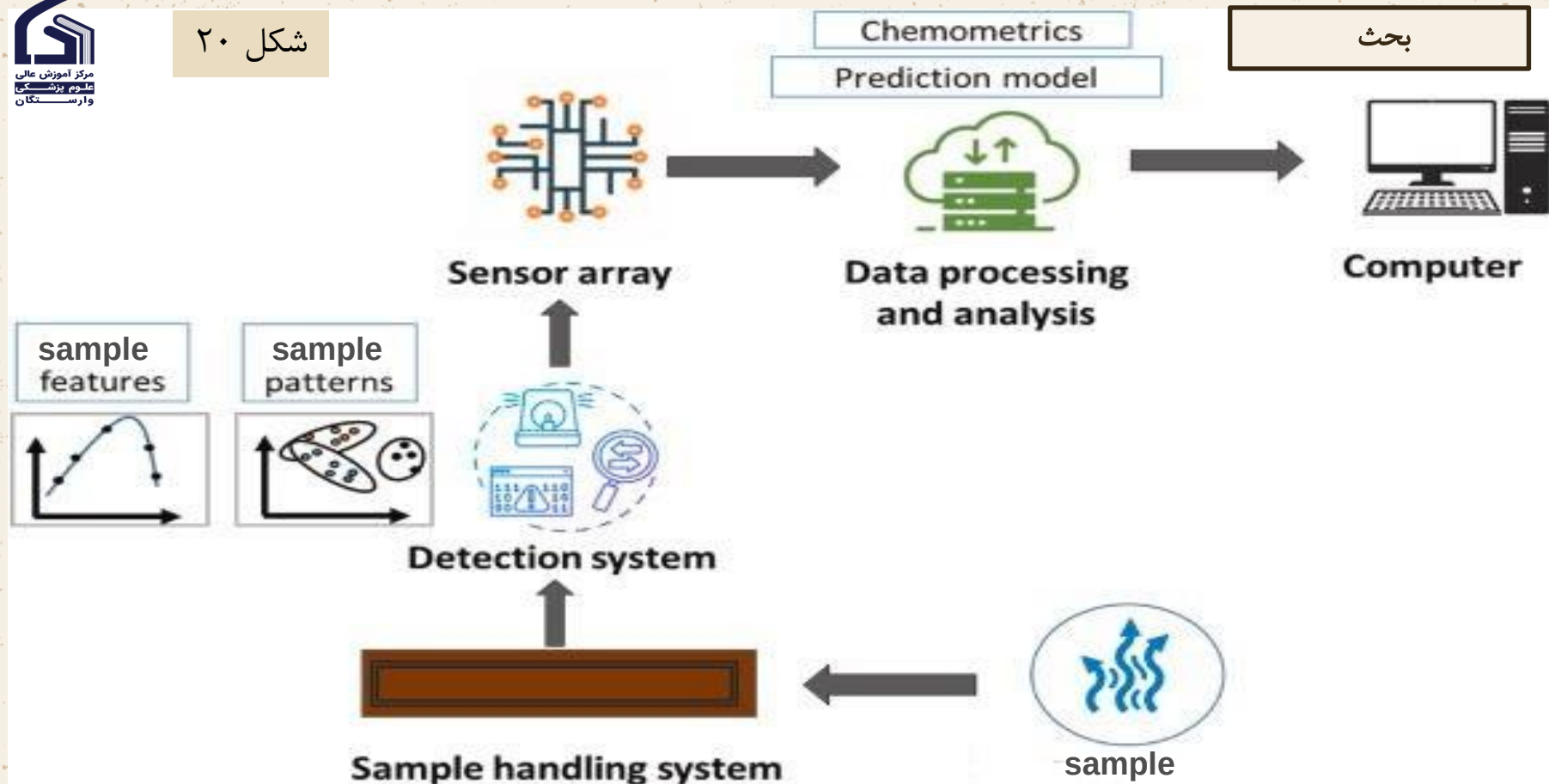


نتیجه گیری

طیف‌های رامان جمع‌آوری شده توسط طیف‌سنج نوری قابل حمل، در کنار تحلیل‌های کمومتریک، توانایی پایش فرآیند فساد فیله‌های مرغ در روزهای مختلف انبارداری را از طریق ارزیابی کیفیت تازگی دارند. این روش به عنوان یک روش ساده و سریع برای پیش‌بینی بار میکروبی در مرغ پیشنهاد می‌شود.

بحث





❑ گوشت، بخارات و ترکیبات گازی فرار را در هوا آزاد می‌کند.



❑ بخارات به سمت سیستم جمع‌آوری نمونه هدایت میشوند.



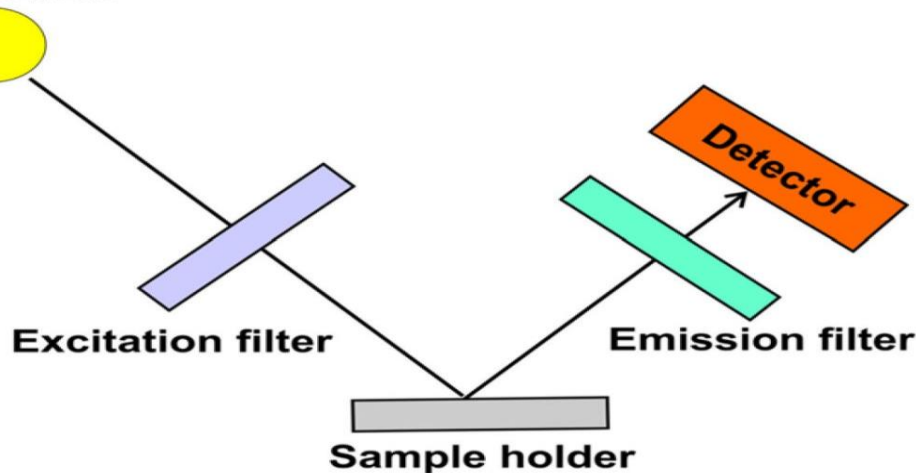
❑ ترکیبات فرار با سنسورها تماس پیدا می‌کنند، هر سنسور یک پاسخ الکتریکی منحصر به فرد تولید می‌کند.



❑ کامپیوتر بر اساس الگوهای تحلیل شده، نتیجه نهایی را اعلام می‌کند.

Fluorescence spectroscopy

Light source



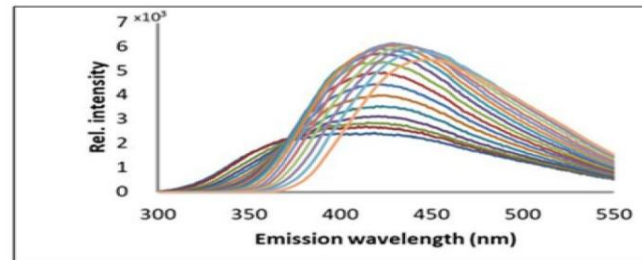
Excitation filter

Emission filter

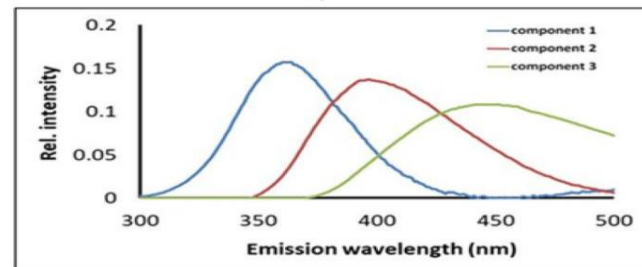
Sample holder

Solid sample

Liquid sample



Data processing



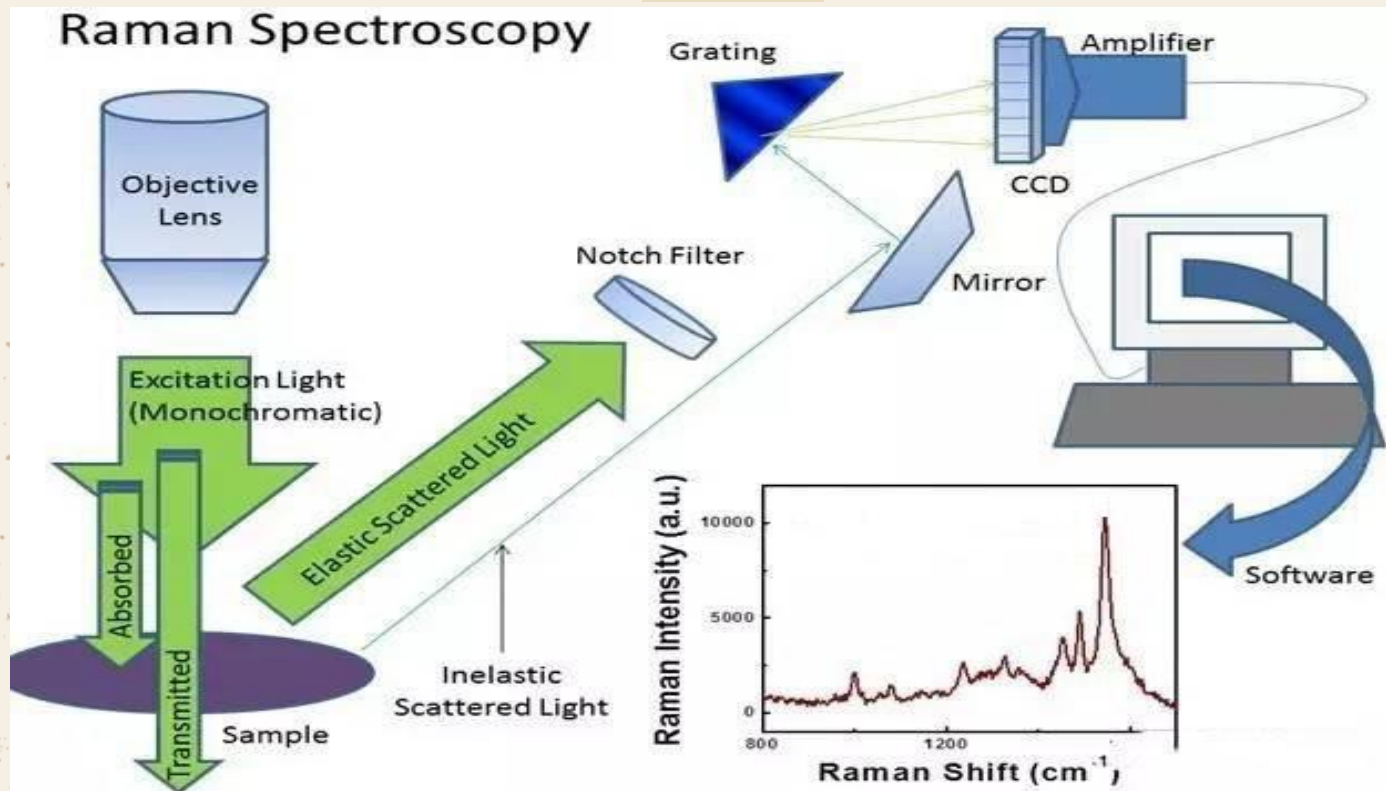
❑ نور به مولکول های فلورسنت در گوشت تابیده می شود.



❑ الکترون های این مولکول ها با جذب انرژی فوتون های نور به حالت برانگیخته منتقل می شوند.



❑ پس از از دست دادن بخشی از انرژی، الکترون ها به حالت پایه بازمی گردند و انرژی باقیمانده را به صورت فوتون های نور فلورسنت ساطع میکند.



□ پرتو لیزر (تک رنگ) به سطح نمونه گوشت تابانده می شود.



□ بخش بسیار کوچکی از نور با مولکول های گوشت برهم کنش کرده و با انرژی متفاوت پراکنده می شود.



□ با فعالیت باکتری ها پروتئین ها تجزیه می شوند و پیک های مشخص و جدیدی در طیف رامان ایجاد می کنند.



□ با بررسی پیک ها می توان فساد را حتی در مراحل اولیه تشخیص داد.

فساد شیمیایی
 گوشت

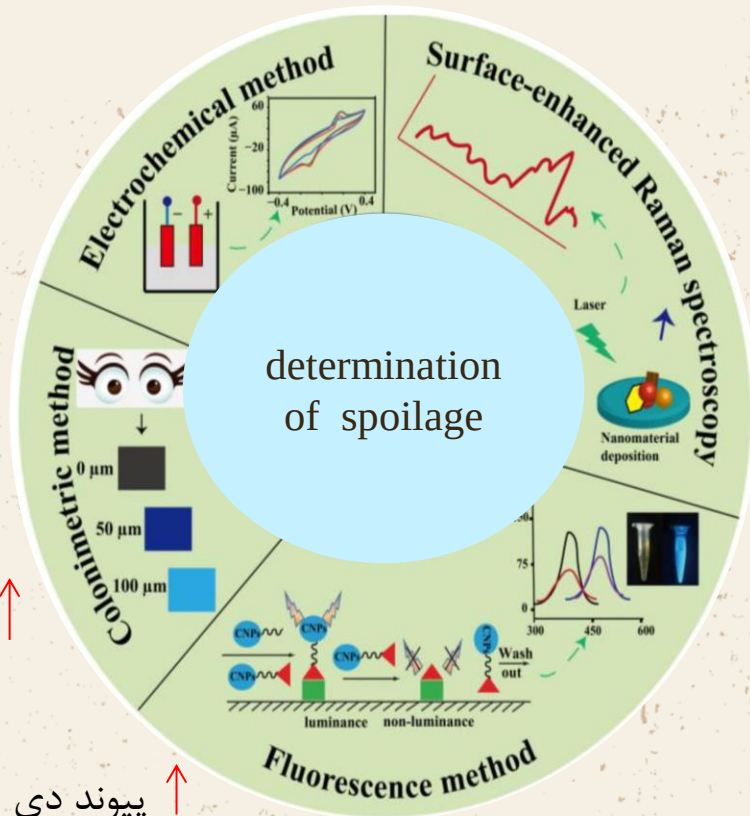
فساد باکتریایی

اتانول → گلیکوزن

پروتئین → آمونیاک → TVBN ↑
 اسید آمینه آزاد → pH ↑

پراکسیداسیون لیپیدی → MDA ↑
 TBARS ↑

اکسیداسیون سیستئین و متیونین → پیوند دی سولفید ↑



نتیجه نهایی

در دنیای امروز که مصرف‌کنندگان بیش از هر زمان دیگری به کیفیت و ایمنی غذا اهمیت می‌دهند، و صنعت غذا برای بقا و رقابت به کارایی و کاهش ضایعات نیاز دارد، عبور از روش‌های کلاسیک به سمت تکنیک‌های تشخیصی سریع، دقیق، غیرمخرب و نوین دیگر یک انتخاب نیست، بلکه یک ضرورت است.

این رویکرد نوین، نه تنها به افزایش ایمنی مواد غذایی کمک می‌کند، بلکه با بهینه‌سازی فرآیندها، کاهش ضایعات و تضمین کیفیت پایدار، پایداری و سودآوری صنعت غذا را نیز بهبود می‌بخشد. بنابراین، سرمایه‌گذاری و پذیرش این فناوری‌های پیشرفته، گامی حیاتی در جهت تضمین آینده‌ای امن‌تر و سالم‌تر برای صنعت غذا و مصرف‌کنندگان آن است.



منابع



1. Liu, H., Jia, Z., Liu, X., Shi, C., & Yang, X. (2020) 'Non-destructive determination of chemical and microbial spoilage indicators of beef for freshness evaluation using front-face synchronous fluorescence spectroscopy', *Food Chemistry*, 321, 126628
2. Abo Dena, A.S., Khalid, S.A., Ghanem, A.F., Shehata, A.I. & El-Sherbiny, I.M. (2021) 'Rapid detection of bacterial spoilage in packaged meat products: A lab-on-paper colorimetric sensor', *RSC Advances*, 11, pp. 35165–35173
3. Abu Al-Rub, F., Shihab, P., Abu Al-Rub, S., Pittia, P. & Paparella, A. (2020) Food Safety Hazards. Lisle, IL: *GAVIN eBooks*
4. Malik, A., Erginkaya, Z. & Erten, H. (eds.) (2019) *Health and Safety Aspects of Food Processing Technologies*
5. Kaya, N., Kahraman, T., & Erdoğan, F. (2019) 'Failure mode and effect analysis for dairy product manufacturing: Practical safety improvement action plan with cases from Turkey', *Food Control*, 98, pp. 348-357
6. Saini, R.V., Vaid, P., Saini, N.K., Siwal, S.S., Gupta, V.K., Thakur, V.K. & Saini, A.K. (2021) 'Recent Advancements in the Technologies Detecting Food Spoiling Agents', *Journal of Functional Biomaterials*, 12(4), p. 67
7. Kneipp, J., (2022). Raman spectroscopy. *Nature Reviews Methods Primers*, 2, Article number: 18
8. Zaytsev, V., Tutukina, M. N., Chetyrkina, M. R., Shelyakin, P. V., Ovchinnikov, G., Satybaldina, D., Kondrashov, V. A., Bandurist, M. S., Seilov, S., Gorin, D. A., Fedorov, F. S., Gelfand, M. S., & Nasibulin, A. G. (2024). Monitoring of meat quality and change-point detection by a sensor array and profiling of bacterial communities. *Analytica Chimica Acta*

9. Jaafreh, S., Breuch, R., Günther, K., Kreyenschmidt, J. & Kaul, P. (2018) 'Rapid Poultry Spoilage Evaluation Using Portable Fiber-Optic Raman Spectrometer', *Food Analytical Methods*
10. Shabbir, M.A., Hussain, A. & Ahmed, W. (2022) 'Rapid detection methods for meat-borne pathogens: *current trends and future perspectives*', 1(3), pp. 156-170
11. Valdes, A., Beltrán, M., Garrido, M.D. and Andrés, A.I. (2017) 'Fluorescence spectroscopy for quality and safety assessment of meat: A review', *Meat Science*, 134, pp. 24–35
12. Engel J, Gerretzen J, Szymańska E, Jansen JJ, Downey G, Blanchet L, BuydensLM (2013) Breaking with trends in pre-processing? *Trends Anal Chem* 50:96–106
13. World Health Organization (2015) *WHO estimates of the global burden of foodborne diseases*. Available at: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/who-estimates-of-the-global-burden-of-foodborne-diseases> (Accessed: 28 May 2025)
14. <https://asconsultants.com> (Accessed: 14 December 2024)
15. <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/15/4806> (Accessed: 20 June 2025)

Thanks !

