



# Le scienze merceologiche nell'era 4.0

a cura di  
Benedetta Esposito, Ornella Malandrino,  
Maria Rosaria Sessa, Daniela Sica

**XXIX CONGRESSO NAZIONALE DI  
SCIENZE MERCEOLOGICHE 2020**

Atti del Convegno  
Salerno  
13-14 Febbraio 2020

**FrancoAngeli**  
OPEN ACCESS





Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

**FrancoAngeli Open Access** è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

[http://www.francoangeli.it/come\\_publicare/publicare\\_19.asp](http://www.francoangeli.it/come_publicare/publicare_19.asp)

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

# Le scienze merceologiche nell'era 4.0

a cura di

Benedetta Esposito, Ornella Malandrino,  
Maria Rosaria Sessa, Daniela Sica

**XXIX CONGRESSO NAZIONALE DI  
SCIENZE MERCEOLOGICHE 2020**

Atti del Convegno  
Salerno  
13-14 Febbraio 2020

**FrancoAngeli**

OPEN  ACCESS

### **Comitato scientifico**

Riccardo Beltramo (Università di Torino)  
Fabrizio D'ascenzo (Università Roma 1)  
Benedetta Esposito (Università degli Studi di Salerno)  
Giovanni La Gioia (Università degli Studi di Bari Aldo Moro)  
Maria Claudia Lucchetti (Università Roma 3)  
Ornella Malandrino (Università degli Studi Salerno)  
Bruno Notarnicola (Università degli Studi di Bari Aldo Moro)  
Maria Proto (Università degli Studi di Salerno)  
Andrea Raggi (Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara)  
Annalisa Romani (Università degli Studi di Firenze)  
Alessandro Ruggieri (Università della Tuscia)  
Roberta Salomone (Università degli Studi di Messina)  
Maria Rosaria Sessa (Università degli Studi di Salerno)  
Daniela Sica (Università degli Studi di Salerno)  
Stefania Supino (Università Telematica San Raffaele Roma)

### **Comitato editoriale**

Benedetta Esposito  
Ornella Malandrino  
Maria Rosaria Sessa  
Daniela Sica

Copyright © 2020 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Pubblicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate*  
*4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito*

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Stampa: Geca Industrie Grafiche, Via Monferrato, 54 - 20098 San Giuliano Milanese (MI)

33. L'utilizzo di sensoristica per la gestione dei dati nelle industrie. Il contributo dello Scato18® al life cycle inventory in un caso concreto (parte seconda), di <i>Evola R. S., Ingrao C., Cantore P., Togliatti S., Vesce E., Beltramo R.</i>	pag.	307
34. The birth of a new sustainability label: "Filiera Solidale PEFC – VAIA 2018 – Insieme si può", di <i>Geatti P., Novelli V., Marangon F., Troiano S.</i>	»	317
35. Characterization of whole-wheat pasta by product or process markers approach: a brief review, di <i>Giannetti V., Boccacci Mariani M., Livi G.</i>	»	325
36. Valorisation of grappa Gi: new approaches for the protection of made in Italy, di <i>Giannetti V., Boccacci Mariani M., Torrelli P., Marini F.</i>	»	335
37. Correlazione tra inquinamento atmosferico da benzene e produzione di acciaio nella città di Taranto, di <i>Giungato P., Basurto V., Rana R. L., Tricase C.</i>	»	344
38. Quali-quantitative analyses of flavonoids and aroma compounds in different tissues of lotus ( <i>Nelumbo nucifera</i> ), di <i>Ieri F., Vignolini P., Giannini E., Romani A.</i>	»	352
39. Green bay project - an opportunity to improve the quality of life in Europe, di <i>Jalmuzna I., Romani A., Fiume P., Sekieta M., Pasini M.</i>	»	361
40. Presenza di alcani nell'olio essenziale di <i>Cannabis sativa</i> L. cv. Codimono, di <i>Lanuzza F., Mondello F., Saija G., Galati E.M.</i>	»	380
41. Accoppiamento on-line LC-GC nella determinazione degli steroli nell'olio di semi di <i>Cannabis sativa</i> L. cv. Codimono, di <i>Lanuzza F., Mondello F., Saija G., Primerano P., Galati E.M.</i>	»	388
42. Measuring circular economy at the micro level: is the social dimension included?, di <i>Lindgreen E. R., Salomone R., Reyes T.</i>	»	396
43. Qualità e sicurezza dei prodotti alimentari. Applicazione di nuove metodiche d'indagine: sensori multiparametrici, di <i>Maddaloni L., Ruggieri R., Santonico M., Vinci G.</i>	»	404
44. Analysis of the principal factors limiting the widespread adoption of smart farming technologies in Sardinia, di <i>Manca G., Galante A.</i>	»	413
45. La sostenibilità nel comparto turistico: il caso "Parco nazionale delle Cinque Terre", di <i>Martucci O., Arcese G., Acampora A., Montauti C.</i>	»	421
46. Inventari regionalizzati italiani per il grano duro, di <i>Masini S., Tassielli G., Notarnicola B., Renzulli P.A.</i>	»	429
47. Sostenibilità degli attuali strumenti di pagamento: aspetti tecnici e ambientali, di <i>Massari S., Pastore S., Ruberti M.</i>	»	436
48. L'approccio di ciclo di vita nei sistemi di gestione ambientale, di <i>Mazzi A., Scipioni A.</i>	»	446
49. Measuring circular economy at company level: the role of life cycle assessment, di <i>Mondello G., Salomone R., Lindgreen E. R.</i>	»	455

## 43. QUALITÀ E SICUREZZA DEI PRODOTTI ALIMENTARI. APPLICAZIONE DI NUOVE METODICHE D'INDAGINE: SENSORI MULTIPARAMETRICI

di Maddaloni L.<sup>1</sup>, Ruggieri R.<sup>2</sup>, Santonico M.<sup>3</sup>, Vinci G.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Management, Sapienza Università di Roma, Via del Castro Laurenziano 9, 00161, RM

lucia.maddaloni@uniroma1.it

<sup>2</sup> Dipartimento di Management, Sapienza Università di Roma, Via del Castro Laurenziano 9, 00161, RM

roberto.ruggieri@uniroma1.it

<sup>3</sup> Unità di Elettronica per sistemi, Facoltà di Ingegneria, Università Campus Bio-Medico di Roma, Via Alvaro del Portillo, 21, 00128 RM

m.santonico@unicampus.it

<sup>4</sup> Dipartimento di Management, Sapienza Università di Roma, Via del Castro Laurenziano 9, 00161, RM

giuliana.vinci@uniroma1.it

### Abstract

Consumer interest has mainly focused on food quality and safety, due to direct impact these two aspects have on health. European legislation identifies specific markers that allow monitoring the healthiness of the food. The indicator analyzes, which are specific to the product and/or process, are carried out using analytical methods, which are often expensive, employ specialized operators and a long time to obtain the results. Food analysis continuously requires the development of more robust, efficient, sensitive and economically analytical methods to ensure the safety, quality and traceability of food in compliance with legislation and consumer demands. The aim of research is the development of specific chemical sensors capable of investigating food quality and safety using product and/or process markers. The development of a system (sensor/data analysis) allows the rapid identification of more specific analytes of food, also providing a characteristic profile of the food product and the possibility to assess their quality and health quickly.

**Keywords:** *Sensor, food quality, food safety, sustainability*

## Introduzione

Il concetto di qualità dei prodotti alimentari è costituito da molteplici aspetti (fattori igienico/sanitari, chimico/nutrizionali, organolettici, legali e di origine), alla base, come prerequisito imprescindibile, vi è la sicurezza alimentare, che deve essere sempre soddisfatta. Si possono distinguere due tipi di qualità: la qualità oggettiva, richiesta dalle industrie e dalla grande distribuzione organizzata (GDO), riferita alle caratteristiche fisico-chimiche dell'alimento e la qualità soggettiva, richiesta dai consumatori, legata principalmente alle loro aspettative e gusti. In ambito internazionale, la WHO (World Health Organization) e la FAO (Food and Agriculture Organization) istituirono un codice alimentare (*Codex Alimentarius*) volto alla tutela dei consumatori e alla correttezza degli scambi internazionali. Le norme europee fondamentali, per quanto concerne la sicurezza alimentare sono contenute nel regolamento CE n. 178/2002. Mentre, la possibilità di valutare la qualità degli alimenti è un aspetto rilevante per contrastare eventuali frodi alimentari (adulterazioni, sofisticazioni, contraffazioni) migliorando così la tutela del consumatore (Grunert, 2005). Punto fondamentale per la valutazione della qualità e della sicurezza dei prodotti alimentari è l'indagine di specifici marker, mediante l'utilizzo di tecniche analitiche specifiche. La normativa (Reg. CE 2073/2004) stabilisce le metodiche analitiche ufficiali per l'individuazione dei contaminanti e indicatori di qualità che devono essere monitorati negli alimenti per garantirne la salubrità e la qualità. L'analisi degli alimenti richiede continuamente lo sviluppo di metodologie analitiche più robuste, efficienti, sensibili ed economicamente vantaggiose per poter garantire la sicurezza, la qualità e la tracciabilità nel rispetto della legislazione e delle richieste dei consumatori. A tal proposito, negli ultimi anni l'uso di nuove metodiche d'indagine, come i sensori, stanno introducendo grandi cambiamenti nel settore agroalimentare. I sensori contribuiscono in maniera notevole sia alla semplificazione dei processi di analisi in riferimento all'affidabilità e precisione del metodo. Caratteristica dei sensori è la capacità di effettuare le analisi in tempi ridotti, rispetto alle metodiche analitiche tradizionali. Infatti, i sensori sono strumenti che trovano impiego in molte applicazioni, presentano caratteristiche di sostenibilità ambientale ed economica. In ambito industriale e agro-alimentare, tale strumentazione trova larghissimo impiego nel controllo dei processi produttivi, nella certificazione e verifica della qualità del prodotto, nel controllo della sicurezza e qualità degli alimenti, semplificando notevolmente il lavoro dell'operatore (Li, 2010).

## 1. Caratteristiche generali dei Sensori

I sensori sono definiti come “dispositivi che, sottoposti ad una delle possibili sollecitazioni, reagiscono modificando una delle loro proprietà”. Si possono dividere in sensori fisici, chimici e biologici a seconda del tipo di grandezza che riescono a rilevare. I sensori sono strumenti che vengono posti direttamente a contatto con il campione e successivamente all’interazione tra misurando e sensore, esprimono in uscita una grandezza elettrica, proporzionale al segnale d’ingresso (Ortolani, 2014). In Figura 1 viene mostrato lo schema a blocchi generale di sistemi sensoristici.

Fig. 1 – Schema a blocchi generale di un sensore



Mentre, in Tabella 1 sono riportate i principali metodi di classificazione dei sensori.

Tab. 1 – Classificazione dei sensori

Classificazione dei sensori sulla base:	
<b>Grandezza in grado di rilevare</b>	- Fisici (es. temperatura, accelerazione, pressione, ecc.)
	- Chimici (es. quantità di sostanze chimiche, pH, ecc.)
	- Biologici (es. numero o tipo di cellule, respirazione cellulare, ecc.)
<b>Campo di applicazione</b>	Es. ambientale, alimentare, industriale, biomedico, ecc.
<b>Tipo di trasduttore</b>	- Primari o “fondamentali” (convertono direttamente la grandezza in ingresso in un segnale elettrico in uscita)
	- Secondari (dipendono dai primari, trasformano la grandezza in uscita di un trasduttore primario in una grandezza elettrica)
<b>Grandezza in uscita del trasduttore</b>	- Attivi (trasduttori che generano un segnale elettrico o tensione es. termocoppie)
	- Passivi (trasduttori che modificano in uscita un parametro elettrico es. resistenza, capacità, ecc.)
<b>Segnale in uscita prodotto</b>	- Analogici (la grandezza in uscita varia con continuità al variare della grandezza d’ingresso)
	- Digitali (fornisce in uscita il valore della variabile da misurare mediante codice binario es. sensori On-Off)



Inizialmente i sensori erano in grado di rilevare un parametro alla volta (sensori monoparametrici), successivamente l'innovazione in campo sensoristico ha portato allo sviluppo di nuove apparecchiature (es. e-nose, e-tongue, ecc.) in grado di rilevare molteplici parametri contemporaneamente nello stesso campione. Tale strumentazione può essere combinata insieme ad altri sensori consentendo di ampliare i composti che possono essere analizzati nelle matrici alimentari (Santonico et al, 2016). I dati ottenuti con i sensori multiparametrici vengono elaborati mediante analisi multivariate. Lo sviluppo di sensori multiparametrici ha permesso di applicare questi dispositivi per monitorare la qualità e la salubrità dei prodotti alimentari, mediante l'individuazione sia di parametri caratteristici come polifenoli, ammine biogene, etilene, glucosio, ecc. Tra le metodiche sensoristiche sviluppate, seppure non ancora largamente diffusa per le analisi alimentari, si trova il sistema multisensoriale di liquido. Inizialmente, questo dispositivo venne sviluppato per discriminare i cinque gusti di base (dolce, salato, amaro, aspro e umami) (Elaminea, 2019). Successivamente venne utilizzato per l'individuazione di specifici analiti all'interno di matrici alimentari complesse. Il sistema, basato su diversi principi di funzionamento (es. potenziometria, voltammetria, conduttimetria, ecc.), è costituito da tre elettrodi (Working, Counter e Reference), che vengono immersi nella soluzione da analizzare. Questa strumentazione, accoppiata con l'analisi dei dati, non solo consente di analizzare l'analita d'interesse, ma anche di fornire una descrizione del campione in esame mediante un'impronta caratteristica (finger-print).

### **3. Sistemi multisensoristici di liquido per l'analisi alimentare**

Il primo prototipo di sistema multisensoristico di liquido è stato proposto da Winquist nel 1997. Questo sensore è stato sviluppato per classificare varie bevande alla frutta e per caratterizzare il latte vaccino. Successivamente, le applicazioni di questi sistemi in campo alimentare crebbero notevolmente. Attualmente, il sistema multisensoriale di liquido trova molteplici applicazioni nelle industrie farmaceutiche, nel monitoraggio ambientale, nel monitoraggio delle acque potabili, ecc. La caratteristica di questi dispositivi è la possibilità di essere applicati in soluzioni organiche complesse, in quanto il sistema multisensoriale durante l'analisi genera segnali che non sono specifici per un singolo analita, ma consentono di ottenere informazioni globali sul campione (Santonico et al, 2016). Assicurare la qualità e la salubrità di un prodotto è di rilevante importanza sia per i consumatori sia per i

produttori. I sistemi multisensoriali di liquido sono stati applicati in diverse matrici alimentari (es. olio, vino, pesce, succhi di frutta, ecc.) per la valutazione della shelf-life del prodotto (Buratti, 2018), per l'individuazione di parametri caratteristici come polifenoli (Apetrei, 2013) e glucidi (Dias, 2014), per la classificazione degli alimenti (Elaminea, 2019), per l'individuazione di adulterazioni (Oroian, 2018) e per la valutazione sensoriale (Pascual, 2018). L'applicazione di questi dispositivi nella valutazione della qualità e sicurezza alimentare prevede l'individuazione di indicatori che consentono di monitorare specifiche caratteristiche dell'alimento. In tabella 2 sono riportati alcuni esempi di applicazioni di sistemi multisensoriali di liquido.

Tab. 2 – Esempi di applicazioni di sistemi multisensoriali di liquido (e-tongue)

<i>Campione</i>	<i>Principio di funzionamento e-tongue</i>	<i>Analisi</i>	<i>Ref.</i>
Succhi di frutta	Potenziometria	Cationi ed Anioni (Ca <sup>2+</sup> ; K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	(Haddi, 2016)
Soft Drink	Potenziometria	Saccarosio, fruttosio glucosio	(Dias, 2014)
Olio extravergine di oliva	Voltammetria	Polifenoli	(Apetrei, 2013)
	Potenziometria	Classificazione e shelf-life	(Buratti, 2018)
	Potenziometria	Shelf-life	(Rodrigues, 2017)
Succhi di agrumi	Potenziometria	Qualità (Vitamina C, pH, acidità totale)	(Qui, 2015)
Aceto	Voltammetria	Aroma	(Jo, 2016)
Miele	Conduttimetria	Classificazione in base origine botanica	(Elaminea, 2019)
	Voltammetria	Adulterazione	(Oroian, 2018)
Latti vegetali	Potenziometria	Discriminazione sensoriale	(Pascual, 2018)

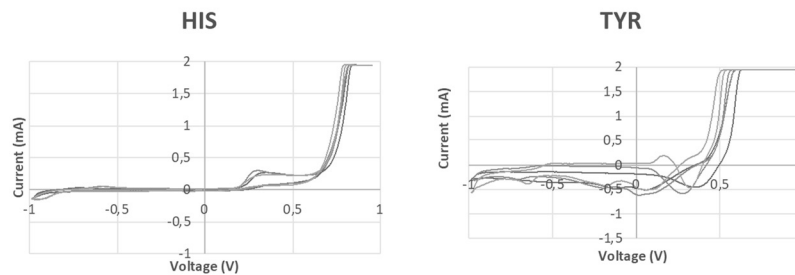
#### 4. Applicazioni di sistemi multiparametrici di liquido per la valutazione delle ammine biogene nel pesce

Nello studio è stata presa in considerazione la possibilità di mettere a punto un sistema multisensoriale di liquido che consenta di monitorare il profilo aminico, di campioni di pesce durante la shelf-life. Le ammine biogene sono basi azotate a basso peso molecolare. Si originano negli alimenti per

decarbossilazione microbica degli amminoacidi. Questi composti hanno attività biologica e possono determinare, se ingerite ad alte concentrazioni, intossicazioni alimentari (Sindrome Sgombroide). Il Regolamento CE n° 1019/2013 definisce il limite massimo consentito nei prodotti ittici per l'istamina, principale ammina coinvolta nell'intossicazioni, a 100-200 mg/Kg. Le ammine biogene non sono solo analizzate per la loro implicazione nelle intossicazioni alimentari, ma anche per valutare e monitorare la qualità del prodotto.

Inizialmente, il sensore è stato calibrato mediante soluzioni standard delle sette ammine biogene analizzate ( $\beta$ -fenilalanina, cadaverina, putrescina, istamina, tiramina, spermina e spermidina) a differenti concentrazioni (da 1, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 mg/Kg). In questo modo è stato possibile valutare la risposta del sensore per ciascuna ammina. Dalle misurazioni sono stati ottenuti dei profili caratteristici (finger-print) per ogni ammina biogena (Figura 2).

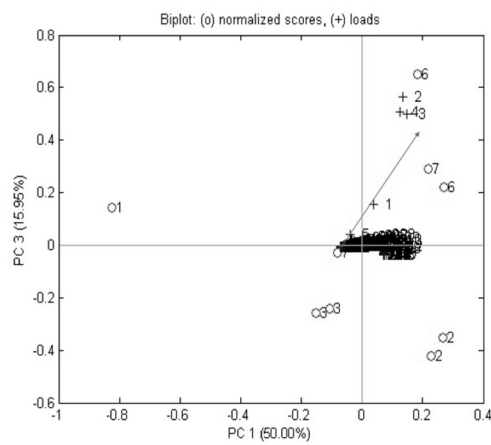
Fig. 2 – Voltammogramma dell'istamina e tiramina a differenti concentrazioni (2ppm (viola), 40 ppm (verde) and 80 ppm (giallo)).



L'analisi dei dati, ottenuta mediante un modello non supervisionato (PCA) delle sette ammine, ha evidenziato che l'istamina, l'unica ammina al momento normata (Reg. CE n° 1019/2013) e di significativa importanza per la qualità e salubrità dei prodotti ittici, viene separata in maniera significativa dalle altre ammine. Inoltre, il sensore riesce a classificare in modo corretto tutte e sette le ammine e a discriminarle anche a differenti concentrazioni. Lo step successivo è stato quello di valutare se il sensore fosse in grado di riconoscere gli analiti nel campione durante il periodo di conservazione del prodotto (sette giorni a +4°C). A tale proposito sono stati analizzati 10 campioni di pesce acquistati presso un mercato rionale di Roma. I dati ottenuti sono stati analizzati mediante la metodica del "Data fusion", confrontandoli con i dati acquisiti dalle analisi dei campioni, effettuate in parallelo, mediante cromatografia liquida ad alte prestazioni (HPLC). In Figura 3 è riportato il

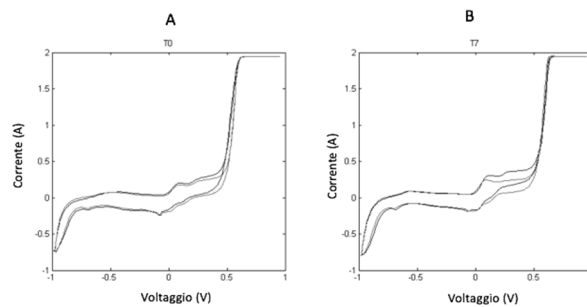
grafico ottenuto dal “Data fusion”. Da quest’analisi si può vedere come il sensore, dal punto 1 al punto 7, ossia i giorni di conservazione del campione, riesce a discriminare i vari campioni seguendo l’evoluzione dei giorni di conservazione (Figura 3). Inoltre, si può osservare come le ammine 2, 3, 4, rispettivamente la cadaverina, l’istamina e la tiramina, ammine principalmente coinvolte nelle intossicazioni alimentari, sono le ammine che incidono maggiormente al variare del tempo.

Fig. 3 – Data fusion dei campioni di alici



Nella figura 4 sono riportati i fingerprint relativi a due campioni in due giorni differenti di analisi. Da ciò si può notare come la risposta del sensore varia in correlazione sia al tempo di conservazione del campione e anche al variare della concentrazione delle ammine biogene.

Fig. 4 – Fingerprint caratteristici a tempo t0 (A) e a tempo t7 (B)



## Conclusioni

I temi di qualità e sicurezza alimentare negli ultimi anni stanno rivestendo un ruolo sempre più importante. Per agevolare le possibilità di monitorare la qualità e la sicurezza alimentare sono stati sviluppate nuove tecniche sensoristiche che, affiancando le più comuni tecniche analitiche, consentono di effettuare analisi preliminari sul campo. I sistemi multisensoristici di liquido, grazie alla loro versatilità, potranno essere applicati in campo industriale consentendo di monitorare il prodotto già dalle prime fasi di lavorazione. Un vantaggio evidente di questa strumentazione è la possibilità di effettuare analisi in breve tempo, di essere economici e di poter essere utilizzati direttamente in loco, senza la necessità di personale altamente specializzato. Sono auspicabili ulteriori studi che consentano di ampliare ulteriormente il loro campo di applicazione consentendo di agevolare le procedure di monitoraggio della qualità e salubrità alimentare.

## Bibliografia

- Apetrei I. M.; Apetrei C. (2013). Voltammetric e-tongue for the quantification of total polyphenol content in olive oils. *Food Research International* 54, 2075–2082
- Buratti S.; Malegori C.; Benedetti S.; Oliveri P.; Giovanelli G. (2018). E-nose, e-tongue and e-eye for edible olive oil characterization and shelf life assessment: A powerful data fusion approach. *Talanta* 182 131-141
- Dias L. G., Sequeira C., Veloso C.A., Sousa M., Peres A. M. (2014) Evaluation of healthy and sensory indexes of sweetened beverages using an electronic tongue. *Analytica Chimica Acta* 848, 32–42
- Elaminea Y.; Inácio P.M.C., Lyoussi B., Anjos O., Estevinhog L. M., Miguel M. G., Gomes H. L. (2019) Insight into the sensing mechanism of an impedance based electronic tongue for honey botanic origin discrimination. *Sensors & Actuators: B. Chemical* 285 (2019) 24–33
- Grunert K. G. (2005) Food quality and safety: consumer perception and demand. *European Review of Agricultural Economics*, 32, (3), 369-391
- Haddi Z., Mabrouk S., Bougrini M., Tahri K., Sghaier K., Barhoumi H., El Bari N., Maaref A., Jaffrezic-Renault. N., Bouchikhi B. (2014) E-Nose and e-Tongue combination for improved recognition of fruit juice samples. *Food Chemistry* 150, 246–253
- Jo Y., Chung N., Park S., Noh B. S., Jeong Y. J., Joong-Ho Kwon. (2016). Application of E-tongue, E-nose, and MS-E-nose for discriminating aged vinegars based on taste and aroma profiles. *Food Sci. Biotechnol.* 25(5): 1313-1318

- Kayihura J., Won-Jong F., Yoon L. J. (2017) Discrimination and geographical origin prediction of washed specialty Bourbon coffee from different coffee growing areas in Rwanda by using electronic nose and electronic tongue. *Food Science and Biotechnology*, 26, (5), 1245–1254
- Li S., A. Simonian, and B. A. Chin, *Sensors for Agriculture and the Food Industry*, Electrochemical Society Interface, (2010) 19, (4), 41-46
- Lvova L. (2016). *Electronic Tongue Principles and Applications in the Food Industry*. *Electronic Noses and Tongues in Food Science*. 151-160
- Oroian M., Paduret S. and Ropciuc S. (2018). Honey adulteration detection: voltammetric e-tongue versus official methods for physicochemical parameter determination. *J Sci Food Agric*; 98: 4304–4311
- Ortolani G., Venturi E., *Manuale di elettronica e automazione*. Hoepli, 2a edizione. 2017
- Pascual L., Gras M., Vidal-Brotóns D., Alcaniza M., Martínez-Máneza R., Ros-Lis J. V. (2018). A voltammetric e-tongue tool for the emulation of the sensorial analysis and the discrimination of vegetal milks. *Sensors and Actuators B* 270, 231–238
- Qiu S., Wang J. (2015). Application of Sensory Evaluation, HS-SPME GC-MS, E-Nose, and E-Tongue for Quality Detection in Citrus Fruits. 60(1):115–23
- Rodrigues N., Dias L.G., Veloso A.C.A., Pereira J.A., Peres A.M. (2017) Evaluation of extra-virgin olive oils shelf life using an electronic tongue-chemometric approach. *European Food Research and Technology*, 243, (4), 597–607
- Santonico M, Parente F.R., Grasso S., Zompanti A., Ferri G., D’Amico A, Pennazza G. (2016) Investigating a single sensor ability in the characterisation of drinkable water: a pilot study. *Water and Environmental Journal* 30, 253-260